# Informationen und Navigation zu urbanen Grünflächen in Städten

## Abschlussbericht und Handbuch zum mFUND-Projekt: meinGrün

meinGRÜN

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

HeiGIT
HEIDELBERG INSTITUTE FOR GEOINFORMATION TECHNOLOGY

ISB Software & Lösungen

urbanista

mundraub


***Autorenschaft***

Robert Hecht, Patrycia Brzoska, Dirk Burghardt, Sercan Cakir, Alexander Dunkel, Kai Gildhorn, Mathias Gröbe, Madalina Gugulica, Niklas Kreutzarek, Sven Lautenbach, Christina Ludwig, Dennis Lümkemann, Gotthard Meinel, Sören Rothert, Martin Schorcht, Andreas Sonnenbichler, Celina Stanley, Julia Tenikl, Michael Wurm, Alexander Zipf



***Gefördert durch***

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

mFUND Das Startkapital für die Mobilität 4.0

Förderkennzeichen: IÖR: 19F2073A | DLR: 19F2073B | IFK: 19F2073C | HeiGIT: 19F2073D | ISB AG: 19F2073E | urbanista: 19F2073F | TC: 19F2073G

## Informationen zu diesem Dokument

Dies ist der Abschlussbericht und Handbuch des vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen der Forschungsinitiative mFUND geförderten Projektes meinGrün. Zum Projektkonsortium gehören das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. in Dresden (IÖR), das Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in Oberpfaffenhofen (DLR), das Institut für Kartographie der Technischen Universität Dresden (IFK), das Heidelberg Institute for Geoinformation Technology der Universität Heidelberg (HeiGIT), das ISB Institut für Software-Entwicklung und EDV-Beratung AG (ISB AG) sowie urbanista GmbH & Co. KG in Hamburg und Terra Concordia gUG (mundraub) in Berlin (TC).

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Robert Hecht (IÖR), Tel.: +49 (0)351 46 79 248, E-Mail: r.hecht@ioer.de

**Koordination**: Prof. Dr. Kerstin Krellenberg; Patrycia Brzoska (IÖR)

**Danksagung:**

Dank geht an die Stadtverwaltungen der Pilotstädte Dresden und Stadt Heidelberg sowie allen interessierten Personen, die uns während der App-Entwicklung und der Evaluation mit ihrem Feedback unterstützt haben. Das Projektteam bedankt sich des Weiteren namentlich bei den folgenden Personen für deren Unterstützung im Projekt: Martina Artmann, Lisa Eichler, Kristin Fiedler, Julia Höhnel, Michelle Moyzes, Paul Kuras, Theodor Rieche.

**Deckblatt:**

Gestaltung: Kerstin Ludewig

Bild: R. Hecht/IÖR-Media

**Bibliographische Angaben:**

Datum: November 2021
Erscheinungsort: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

**Empfohlene Zitierweise:**

Hecht, R.; Brzoska, P.; Burghardt, D.; Cakir, S.; Dunkel, A.; Gildhorn, K.; Gröbe, M.; Gugulica, M.; Kreutzarek, N.; Lautenbach, S.; Ludwig, C.; Lümkemann, D.; Meinel, G.; Rothert, S.; Schorcht, M.; Sonnenbichler, A.; Stanley, C.; Tenikl, J.; Wurm, M.; Zipf, A. (2021): Informationen und Navigation zu urbanen Grünflächen in Städten: Abschlussbericht und Handbuch zum mFUND-Projekt: meinGrün. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden.

# Inhalt


| | | |
|---|---|---|
| Abbildungen/Tabellen | | 5 |
| Abkürzungen | | 5 |
| Zusammenfassung | | 10 |
| 1 | Das meinGrün-Projekt | 11 |
| 1.1 | Hintergrund | 11 |
| 1.2 | Ziele | 14 |
| 1.3 | Mehrwerte | 15 |
| 1.4 | Ergebnisse | 16 |
| 1.5 | Konzeptioneller Rahmen und Projektablauf | 19 |
| 1.6 | Projekt-Rahmendaten | 24 |
| 2 | Entwicklung der meinGrün-Infrastruktur | 25 |
| 2.1 | Gesamtkonzept | 25 |
| 2.2 | meinGrün-Web-App | 26 |
| 2.2.1 | Anforderungen | 27 |
| 2.2.2 | Konzept | 29 |
| 2.2.3 | Front-End | 31 |
| 2.2.4 | Back-End-Komponenten | 35 |
| 2.3 | meinGrün-Dashboard (Feedbacksystem) | 38 |
| 2.3.1 | Anforderungen | 38 |
| 2.3.2 | Konzept | 38 |
| 2.3.3 | Front-End | 45 |
| 2.3.4 | Back-End | 46 |
| 2.4 | meinGrün-Webportal | 46 |
| 2.4.1 | Anforderungen | 46 |
| 2.4.2 | Konzept | 47 |
| 2.4.3 | Front-End | 48 |
| 2.4.4 | Back-End | 50 |
| 2.5 | Weitere losgelöste Tools/Dienste | 50 |
| 2.5.1 | BaumCloud und BaumCloudViewer | 50 |
| 2.5.2 | Social Media API | 53 |
| 2.5.3 | Vegetationsstruktur | 57 |
| 2.5.4 | OpenRouteService | 58 |

2.5.5 meinGrün-Kartendienst 59
3 Datenquellen/Datengewinnung 60
3.1 Zielpolygongenerierung 60
3.2 Indikatoren und Prozessierung 67
3.2.1 Fernerkundungsdaten 73
3.2.2 VGI und (offene) kommunale Daten 76
3.2.3 Standortbezogene Social-Media-Daten 76
3.2.4 Prozessierung der Aktivitäten-Scores 83
3.3 Vorprozessierung Routing 84
3.3.1 Grüne Routen 85
3.3.2 Schattige Routen 86
3.4 Generierung des Kartenhintergrunds 86
3.5 POI-Daten 88
4 Pilotierung von meinGrün 93
4.1 Partizipative Anforderungserhebungen 93
4.1.1 Bedarfsabfrage zur Web-App: Aktivitäten, Kriterien und Gewichte 94
4.1.2 Betatests der Web-App 95
4.1.3 Bedarfsabfrage zum Webportal 97
4.2 Launch und Bewerbung der meinGrün-Web-App und des meinGrün-Webportals 98
4.2.1 Launch und Bewerbung der Web-App 98
4.2.2 Launch und Bewerbung des Webportals 103
4.3 Evaluierungen 104
4.3.1 Nutzendenzahlen und Suchstatistiken zur Web-App 104
4.3.2 Implizites und explizites Feedback zur Web-App 106
4.3.3 Finale Userbefragung 109
4.3.4 Evaluierung von Indikatoren mittels Citizen Science 113
4.3.5 Feedback zum Webportal 115
5 Schlussfolgerungen 116
5.1 Potenziale für Weiterentwicklung von meinGrün 116
5.2 Learnings 117
Literatur 120

## Abbildungen/Tabellen

Abb. 1: Darstellung des konzeptionellen Rahmens des meinGrün-Projekts. 20

Abb. 2: Steckbriefe der beiden Pilotstädte Heidelberg und Dresden. 24

Abb. 3: Zusammenspiel der verschiedenen Dienste im Backend mit der meinGrün App, dem zugehörigen meinGrün Dashbord sowie dem Webportal. Die Dienste werden aus verschiedenen frei zugänglichen Datenquellen gespeist und kommunizieren über standardisierte Web-Schnittstellen. 26

Abb. 4: Zuordnung Indikatoren zu Aktivitäten. 27

Abb. 5: Konzept zur Bewertung der Grünflächen. 28

Abb. 6: Indikator-basierter Bewertungsansatz als Grundlage für die Entwicklung der meinGrün-App 29

Abb. 7: Unterschiedliche Darstellung der Karte mit Sucheinstieg auf Smartphone (links) vs. Desktop (rechts) 32

Abb. 8: Unterschiedliche Darstellung Kriteriensuche auf Smartphone (links) vs. Desktop (rechts) 32

Abb. 9: User Interface: Startbildschirm mit Auswahl der verfügbaren Städte (links), Kartenausschnitt für Dresden mit Sucheinstieg (rechts). 33

Abb. 10: User Interface: Optionale Anpassung der Suchkriterien (links), und Ergebnisdarstellung auf der Karte mittels Hervorhebung der geeigneten Grünflächen durch dunklen Grünton (Mitte) und als sortierbare Liste (rechts). 33

Abb. 11: User Interface: Nach Auswahl einer Grünfläche werden zusätzliche Informationen zu POIs in der Grünfläche oder deren unmittelbaren Umgebung in der Karte angezeigt (links). Durch Klicken auf einen POI wird dessen Beschreibung angezeigt (Mitte). Über das „Los“-Symbol im unteren Bereich besteht die Möglichkeit, eine Route anzufragen. Hierbei kann zwischen Routen für Fußgänger und Fahrradfahrer gewählt werden (rechts). 34

Abb. 12: User Interface: Anzeige der Routenoptionen. Es werden bis zu vier Routenoptionen angezeigt (schnellste, grüne, leise, schattige Route). Falls (wie hier) mehrere Routen übereinstimmen, werden diese zusammengefasst. Über die Icons kann zwischen den Routenoptionen gewechselt werden. Die ausgewählte Route wird jeweils mit Grüntönen dargestellt, welche die Grünheit entlang der Route symbolisieren 35

Abb. 13: Angezeigt werden verschiedene Routenoptionen für den Weg vom Ausgangspunkt zu einer zuvor anhand der Eignung ausgewählten Grünfläche in Heidelberg. Im Beispiel führt die grüne Route entlang des begrünten Neckarufers, während die schattige Route durch das Wohngebiet führt, wo die Gebäude mehr Schatten spenden. Die grüne Route nimmt dabei einen Umweg von 1 Minute in Kauf, die schattige Route 5 Minuten. Die ausgewählte Route zeigt anhand der Farbcodierung die Grünheit der einzelnen Wegsegmente an. 37

Abb. 14: Architektur des Feedbacksystems 39

Abb. 15: Beispiele zu den Umfrageformen (Skalen, offene Fragen, Ja-Nein-Fragen) 40

Abb. 16: Beispielhafter Mini-Fragebogen im Dashboard 43

Abb. 17: Beispielhafte Auswertungsmöglichkeiten des Mini-Fragebogens im Dashboard 43

Abb. 18: Webportal-Architektur und ihre technische Einbettung innerhalb der zugänglichen meinGrün-Internetkomponenten 48

Abb. 19: User Interface des Webportals. Unterschiedliche Startseite auf Smartphone (links) vs. Desktop (rechts). 48

Abb. 20: Toggle-Button zur Stadtauswahl 49

Abb. 21: Auswahlmenü für POIs: Auf der linken Seite geschlossen und auf der rechten Seite geöffnet. 49

Abb. 22: Auswahlmenü für Themen - angezeigt wird ein ausgewähltes Thema, die dazugehörige Legende und ein Export- sowie Kennblatt-Button 49

Abb. 23: Startseite der BaumCloud Webseite 51

Abb. 24: Weboberfläche des BaumCloudViewers. 53

Abb. 25: Abstraktion von IDs mittels HyperLogLog, am Beispiel einer User ID, zum Schätzen von User Count und User Days 55

Abb. 26: Experimentelle Visualisierung basierend auf interaktiv gefilterten Begriffen. Dargestellt ist eine gewichtete Heatmap für den Großen Garten und die Begriffe „grass, nature, park“ (gelb) im Verhältnis zu allen verfügbaren Social Media Posts im Gebiet (weiß). 56

Abb. 27: Interaktives Interface zur Visualisierung von quantitativen Statistiken für Grünflächen aus Social Media (Dominik Weckmüller), beispielsweise für eine Nutzung in der Stadtplanung. 57

Abb. 28: Deutschlandweite Landbedeckungsklassifikation Land Cover DE - Sentinel-2 – Germany (2015) im Kartendienst des EOC Geoservice 58

Abb. 29: Ausschnitt des meinGrün-Kartendienstes am Beispiel von Berlin für unterschiedliche Maßstäbe: Kleiner Maßstab (links) und großer Maßstab (rechts) 59

Abb. 30: Zielpolygongenerierung. Verkehrsnetz aus OSM (links), Baublöcke aus Verkehrsnetz generiert (mittig), und Unterblöcke, die sich aus Landnutzungsinformationen ergeben (rechts). 61

Abb. 31: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung der Stadt Dresden 63

Abb. 32: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung für einen Ausschnitt im Stadtzentrum von Dresden. 64

Abb. 33: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung der Stadt Heidelberg 65

Abb. 34: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung für einen Ausschnitt im Stadtzentrum von Heidelberg. 66

Abb. 35: Zielpolygone gegenüber den offiziellen Park- und Grünanlagen sowie Spielplätzen aus dem Themenstadtplan von Dresden am Beispiel eines Ausschnittes in Dresden. 67

Abb. 36: Bertolt-Brecht-Platz in Dresden mit hochauflösender Referenzkartierung des IÖR; Gitterzellen stellen Sentinel-2 Pixel (10 x 10m) dar. 74

Abb. 37: Ergebnis der Landbedeckungsklassifikation basierend auf Sentinel-2 und LUCAS (2015) mit administrativen Grenzen für Heidelberg (links) und Dresden (rechts). 75

Abb. 38: Beispielauswertung für die Beliebtheit/Frequentierung von Flächen in Dresden. Dunklere Grüntöne deuten auf eine höhere Frequentierung/Beliebtheit hin, wogegen hellere Töne eine geringere Beliebtheit/Frequentierung vermuten lassen. 79

Abb. 39: Beispielauswertung für die Beliebtheit/Frequentierung des OSM-Graphen in Heidelberg. Dunklere Rottöne deuten auf eine höhere Frequentierung/Beliebtheit hin, wogegen hellere Töne eine geringere Beliebtheit/Frequentierung vermuten lassen. 79

Abb. 40: Überblick über den in Python implementierten Textklassifikation-Algorithmus 81

Abb. 41: Beispielhafte Auswertung für den Ästhetik-Indikator der Grünflächen in Heidelberg Zentrum. Dunklere Grüntöne deuten auf eine höhere Dichte an Ästhetik-bezogenen Social-Media-Posts hin, wogegen hellere Farbtöne auf eine geringere Häufigkeit hindeuten. 81

Abb. 42: Beispielhafte Auswertung für den Wildtiere-Indikator der Grünflächen im Dresdner Zentrum. Dunklere Grüntöne kennzeichnen Gebiete, in denen in einer höheren Anzahl von Social-Media-Beiträgen über Wildtiere berichtet wurde, wogegen hellere Farbtöne Gebiete kennzeichnen, in denen die Häufigkeit von Wildtiere-bezogenen Social-Media-Posts geringer ist. 82

Abb. 43: Darstellung der Eignung von Grünflächen für die Aktivität „Essen und Trinken“ in Dresden. 84

Abb. 44: Datenquellen und Prozessierungsschritte für die Erstellung der Kartenkacheln 87

Abb. 45: Herstellung der Kacheln für die Reliefdarstellung mittels Schummerung. 88

Abb. 46: Darstellung der unterschiedlichen Veranstaltungen, Mitmachaktionen und Befragungen als Zeitstrahl. 94

Abb. 47: Plakat-Entwurf für die Bewerbung des Entdecker-Events in Heidelberg 99

Abb. 48: Auflistung und Kostenabschätzung der benötigten Utensilien für die Entdecker-Challenges. 100

Abb. 49: Screenshot des Werbe-Kurzfilms für die Bewerbung der meinGrün-App. 101

Abb. 50: Grafik für die Bewerbung der meinGrün-Schnitzeljagd. 102

Abb. 51: Identifizierte Grundbedürfnisse / Aktivitätsszenarien auf den Grünfläche. 102

Abb. 52: Screenshot des Werbe-Kurzfilms für die Bewerbung des meinGrün-Webportals. 104

Abb. 53: Darstellung der wöchentlichen Anzahl der Nutzer*innen insgesamt (blau), der wöchentlichen neuen Nutzer*innen (rot) und der wöchentlich wiederkehrenden Nutzer*innen (grün) zwischen dem 22.06.20 und dem 22.06.21. 105

Abb. 54: Darstellung der Häufigkeit der App-Besuche, die von den Nutzer*innen zwischen dem 22.06.2020 und dem 22.06.2021 durchgeführt wurden. 106

Abb. 55: Relative Häufigkeit der Suchanfragen nach Aktivitäten unterschieden nach den Pilotstädten Dresden (DD) und Heidelberg (HD) im Zeitraum 16.9.2020 und 14.6.2021 107

Abb. 56: Relative Häufigkeit der Suchanfragen nach Kriterien unterschieden nach den Pilotstädten Dresden (DD) und Heidelberg (HD) im Zeitraum 16.9.2020 und 14.6.2021 108

Abb. 57: Diagramm über die Zuordnung zu verschiedenen Gruppen von Nutzerinnen und Nutzern 110

Abb. 58: Absolute Häufigkeiten zur Begründung, warum die App erst bzw. nur einmal verwendet wurde 111

Abb. 59: Absolute Häufigkeiten zur Begründung warum die App verwendet wird 111

Abb. 60: Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten der App und des Projekts unterschieden nach Einmal- und Mehrmals-Nutzenden von 1 (= schlecht) bis 6 (= sehr gut) 112

Abb. 61: Absolute Häufigkeiten zur Nennung von fehlenden Funktionen 113

Abb. 62: Ausschnitt aus der meinGrün-Karte mit dem neuen POI-Icon (violett) 114

Abb. 63: Eindrücke des Citizen Science-Stadtspaziergangs im Rahmen einer Lehrveranstaltung des Masterstudienganges „Raumentwicklung und Naturressourcenmanagement“ der TU Dresden (Quelle: Kristin Fiedler) 114

## Tabellen

Tab. 1: Grünflächentypen und deren Anzahl und Fläche in Heidelberg nach Zielpolygongenerierung 62

Tab. 2: Grünflächentypen und deren Anzahl und Fläche in Dresden nach Zielpolygongenerierung 62

Tab. 3: Übersicht über die verwendeten Kriterien, dazugehörigen Indikatoren und verwendeten Datenquellen in den beiden Städten 69

Tab. 4: Übersicht der verwendeten Social-Media-Daten für Quantifizierung der meinGrün Indikatoren zur Nutzung und Wahrnehmung 78

Tab. 5: Verwendete Social Media Daten für die Quantifizierung der Ästhetik- und Tiere - Indikatoren 83

Tab. 6: Beispiel-Regeln zum Ausschluss von Grünflächen für bestimmte Aktivitäten 84

Tab. 7: Übersicht über die verwendeten POIs und deren weitere Details, verwendeten Datenquellen in den beiden Städten 89

Tab. 8: Übersicht über die aus den Befragungen definierten Aktivitäten in der meinGrün-App 95

Tab. 9: Die wöchentliche durchschnittliche Anzahl und die Gesamtzahl der Nutzenden zwischen dem 22.06.2020 und dem 22.06.2021 106

Tab. 10: Übersicht über die Geschlechterverteilung bei der Evaluation 109

Tab. 11: Übersicht über die Altersverteilung bei der Evaluation 109

## Abkürzungen

| | |
|---|---|
| ADV | Arbeitsgemeinschaft der *Vermessungsverwaltungen* der Länder |
| ALKIS | Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem |
| API | Application Programming Interface |
| ATKIS | Amtliches Topographisch-Kartographische Informationssystem |
| BMVI | Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur |
| CSV | Comma-separated values |
| DSGVO | Datenschutz-Grundverordnung |
| GDAL | Geospatial Data Abstraction Library |
| GeoJSON | Offenes Format zur Repräsentation geografischer Daten |
| GIS | Geographic Information System |
| HTML | Hypertext Markup Language |
| HTTPS | HyperText Transfer Protocol Secure |
| JSON | JavaScript Object Notation |
| LUCAS | Land Use and Coverage Area frame Survey |
| MCDM | Multi-Criteria Decision Making |
| mCLOUD | Datenportal des BMVI |
| NPM | Node Package Manager |
| ODbL | Open Database License |
| ORS | Open Route Service |
| ÖSL | Ökosystemleistungen |
| OSM | OpenStreetMap |
| POI | Point of Interest |
| PWA | Progressive Web App |
| QA-Band | Quality Assurance Band (Sentinel-2 Daten) |
| QR-Code | Quick Response-Code |
| REST | Representational State Transfer |
| SVG | Scalable Vector Graphics (Grafikformat) |
| UI | User Interface |
| URL | Uniform Resource Locator |
| UX | User Experience |
| VGI | Volunteered Geographic Information |
| W3C | World Wide Web Consortium |
| WFS | Web Feature Service |
| WMS | Web Mapping Service |

## Zusammenfassung

Grünflächen in der Stadt in Form von Parks, Wäldern, Kleingärten oder auch Brachflächen wirken sich nicht nur positiv auf das Stadtklima und die Biodiversität aus, sondern erfüllen auch wichtige Leistungen für den Menschen. Im Zuge einer nachhaltigen Stadtentwicklung müssen diese deshalb erhalten und vor allem gefördert werden, um eine gute Lebensqualität für die städtische Bevölkerung sicherzustellen. Die Bürger*innen sowie die Stadtverwaltungen sollten hierfür über umfassende und leicht zugängliche Informationen zu urbanen Grünflächen verfügen. Mit der Entwicklung und Umsetzung einer digitalen Infrastruktur im Rahmen des Projektes „meinGrün“ werden Informationen zu gesamtstädtischen Grünflächen generiert, prozessiert und anschließend leicht zugänglich gemacht. Diese Infrastruktur gliedert sich in insgesamt drei Komponenten: (1) einer mobilen Anwendung für Bürger*innen als Informations- und Entscheidungstool für das Aufsuchen geeigneter Grünflächen und passender Routenoptionen, der meinGrün-Web-App, (2) dem meinGrün-Dashboard, über welches Meinungsabfragen unter den App-Nutzer*innen sowie das allgemeine Nutzungsverhalten der Anwendung erfasst werden können, sowie (3) dem meinGrün-Webportal, welches als Schaukasten aller generierten Daten zu Grünflächen dient und damit gesamtstädtische Informationen als mögliche Planungsgrundlagen für die Stadtverwaltung sowie weitere Interessierte bereitstellt. Daneben sind im Rahmen der Projektarbeiten weitere losgelöste Dienste entwickelt worden. Die Entwicklung und Umsetzung dieser drei Komponenten erfolgte in den Pilotstädten Heidelberg und Dresden innerhalb eines partizipativen Ansatzes unter Einbeziehung von Bürger*innen sowie kommunalen Mitarbeitenden durch Befragungen, Austausche und Mitmachaktionen. Für die Generierung von Informationen zu den Ausstattungen, physischen Strukturen sowie Wahrnehmungen/Nutzungen der Grünflächen wurden vor allem frei verfügbare Daten, wie z. B. nutzergenerierte Daten aus OpenStreetMap (OSM), die freien Fernerkundungsdaten der Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 des Copernicus-Programms und Daten aus Social-Media-Netzwerken, wie Twitter, Instagram oder Flickr, verwendet. Auf diese Weise wird eine Übertragbarkeit des Vorhabens auf weitere Städte gewährleistet.

Das meinGrün-Projekt entwickelt und erprobt Methoden zur Generierung von Informationen zu Stadtgrün und stellt diese in Form von Diensten und Daten der Bevölkerung sowie den Stadtverwaltungen als unterstützende Planungsgrundlage zur Verfügung. Damit trägt das Projekt zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung bei.

Das vorliegende Handbuch dokumentiert das Vorgehen innerhalb des im Förderprogramm mFUND durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geförderten meinGrün-Projektes. Das Handbuch dient als Nachschlagewerk und gibt die Möglichkeit zur Nachnutzung der Methoden, Daten, Ergebnisse sowie den daraus abgeleiteten Erkenntnissen. Es ist gegliedert in fünf Kapitel. Zunächst werden die Hintergründe und das Projekt mit seinen Zielen und Mehrwerten erläutert. Darauf folgt die detaillierte Darstellung der Entwicklung und des Aufbaus der meinGrün-Infrastruktur und ihrer einzelnen Komponenten. In einem weiteren Kapitel wird beschrieben, welche Datenquellen verwendet und wie diese prozessiert wurden. Anschließend wird die Pilotierung des meinGrün-Projektes näher ausgeführt. Dieses Kapitel fokussiert insbesondere auf das Vorgehen im Rahmen eines partizipativen Ansatzes und damit der Einbindung von Bürger*innen und der Stadtverwaltungen in den Entwicklungsprozess der Einzelkomponenten sowie der Darstellung der Ergebnisse der Pilotierung, z. B. in Form von Aussagen bezüglich der Nutzung der Web-App. Hierbei werden auch Erfahrungen geschildert und geteilt. Abschließend werden mögliche Weiterentwicklungspotenziale aufgeführt sowie handlungsempfehlende Learnings dargelegt.

# 1 Das meinGrün-Projekt

## 1.1 Hintergrund

Parks, Gärten, Wälder, Friedhöfe, Kleingärten oder auch grüne Brachflächen bilden die vielseitige Bandbreite an Grünflächen in der Stadt ab. Sie erfüllen, als städtische Ökosysteme, wertvolle Leistungen für die Bevölkerung – sogenannte Ökosystemleistungen (Grunewald et al., 2016). So tragen sie beispielsweise zur Regulierung des Mikroklimas sowie der Luftqualität in der Stadt bei und dienen als wichtige Erholungsräume für die städtische Bevölkerung. Auch für den Erhalt der städtischen Artenvielfalt kommt Grünflächen eine wichtige Rolle zu, denn sie stellen Lebensräume für verschiedene Pflanzen- und Tierarten im urbanen Raum bereit und ermöglichen zudem Naturerfahrung im Wohnumfeld der Bevölkerung. Im Hinblick auf eine stetig wachsende Stadtbevölkerung (Statista, 2020; UN 2019) spielen diese vielseitigen Leistungen nachweislich eine bedeutende Rolle für den Erhalt der Lebensqualität in Städten (BMUB, 2017; UN, 2019).

Durch die zunehmende Bauaktivität und damit Versiegelung städtischer Räume, geht eine Vielzahl wichtiger Leistungen von Grünflächen verloren (BBSR, 2018). Es ist daher umso wichtiger, Grünflächen und ihre Leistungen für die Lebensqualität der wachsenden Bevölkerung in Städten zu erhalten und zu fördern. Unter dem Motto „Bringing nature back to our lives“ zielt die kürzlich veröffentlichte europäische Biodiversitätsstrategie für 2030 darauf ab, dieser Entwicklung entgegenzuwirken und das Verschwinden des städtischen Grüns zu verhindern (European Commission, 2020). Europäische Städte werden u. a. dazu aufgefordert, „ambitious Urban Greening Plans“ zu erstellen, die u. a. Maßnahmen für zugängliche Grünflächen bis Ende 2021 vorschlagen. Die Bundesregierung verfolgt mit dem „Weißbuch Stadtgrün“ ähnliche Bestrebungen und hat die Stärkung des Stadtgrüns für eine integrierte und nachhaltige Stadtentwicklung als wichtiges politisches Ziel definiert. So sollen u. a. Grünflächen widerstandsfähiger und multifunktional gestaltet werden, sodass sie den wachsenden und vielfältigen Nutzungsansprüchen der Stadtbevölkerung gerecht werden können. Außerdem sollen verschiedene Orientierungs- und Kennwerte zur Grünraumversorgung, -erreichbarkeit und -qualität die Planung bedarfsgerechter sowie vernetzter Grünräume in städtischen Räumen unterstützen (BMUB, 2017).

Besonders in innerstädtischen Gebieten mangelt es häufig an genügend und gut erreichbaren Grünflächen (Bertram & Rehdanz, 2015). So werden die wenigen Grünflächen folglich von mehr Personen aufgesucht, wodurch die Grünflächenversorgung effektiv sinkt (BBSR, 2018). In einer Umfrage im Auftrag der Gartenamtsleiterkonferenz (kurz: GALK) im Jahr 2013 gab etwa ein Drittel der Befragten an, Grün- und Parkanlagen täglich aufzusuchen. Etwa 50 % der Befragungsteilnehmenden würden diese Flächen ein- bis dreimal pro Woche besuchen (BMUB, 2015). Die vergangenen Ausgangsbeschränkungen im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie im Frühjahr 2020 haben die Nachfrage nach Grünflächen in der Stadtbevölkerung noch verstärkt (Kleinschroth & Kowarik, 2020). So ergaben Auswertungen von Smartphone-basierten Bewegungsdaten in Oslo einen Anstieg von Aktivitäten im Freien um etwa 291 % gegenüber dem 3-Jahres-Mittel für die gleichen Tage (Venter et al., 2020). Die Zunahme der Arbeit im Homeoffice sowie die voranschreitende Digitalisierung können auch in Zukunft für eine steigende Nachfrage nach städtischen Grünflächen in der Bevölkerung sorgen – dabei vor allem nach Grünflächen in Wohnortnähe, um dort beispielsweise die Arbeitspausen verbringen zu können. Denn die Wahrscheinlichkeit, Grünflächen zu besuchen und dadurch von deren positiven Auswirkungen zu profitieren, steigt, je besser diese erreichbar sind (Maat & de Vries, 2006). In der Regel werden nahe Grünflächen bevorzugt (Campbell et al., 2016 ; Schipperijn et al., 2010), weshalb eine gute Grünerreichbarkeit besonders für sensible Bevölkerungsgruppen, wie Senior*innen und Familien mit Kindern wichtig ist (BBSR, 2018). Studien zeigen aber auch, dass nicht immer die nächstgelegene

Grünfläche besucht wird, sondern neben der Distanz weitere Faktoren wie Flächengröße, Mobilitätseinschränkung und individuelle Ansprüche an die Qualität und Funktion der Grünflächen wichtig sind (BMUB, 2015; Schipperijn et al., 2010; Tyrväinen et al., 2007). Beispielsweise suchen Kinder auch weiter entfernte Grünflächen auf, wenn die nahen Grünflächen zu schlecht ausgestattet sind (Veitch et al., 2007). Die Ansprüche an eine bedarfsgerechte, „gut ausgestattete" Grünfläche sind allerdings äußerst heterogen (Massoni et al., 2018) und variieren mit sozio-demographischen Merkmalen. Kindern sind Strukturen, die zum Spielen und Sporttreiben verwendet werden können, besonders wichtig, wohingegen Erwachsene einen besonderen Wert auf das Vorhandensein einer Wegestruktur legen und für Hundebesitzer das Vorhandensein von Mülleimern und Kottütenspendern relevant ist. (McCormack et al., 2010).

Um die Bevölkerung zum Aufsuchen von Grünflächen zu motivieren, ist es förderlich, ihnen zu vermitteln, wo sie Grünflächen in der Stadt finden, wie diese ausgestattet sind und wie sie diese bestenfalls auf nachhaltigem und gesundem Wege zu Fuß oder per Rad erreichen können. Dies setzt grundlegend voraus, dass entsprechende Informationen zu den städtischen Grünflächen sowie zu ihrer Erreichbarkeit öffentlich und leicht zugänglich zur Verfügung stehen. Auf diese Weise können Menschen entsprechend ihrer individuellen Ansprüche Grünflächen suchen und diese über geeignete Wege erreichen. Jedoch liegen derartige Informationen selten oder nicht explizit vor. Interessierte können zwar mittels gängiger Suchmaschinen oder Kartendiensten beispielsweise nach „Parks" oder „Wald" in ihrer Stadt suchen – eine intelligente Suche nach Grünflächen mit bestimmten Ausstattungsmerkmalen, wie dem Vorhandensein von Bäumen, Schatten, eines Spielplatzes oder einer öffentlichen Toilette oder nach der Eignung für eine bestimmte Aktivität ist bisher nicht möglich. In kommunalen Informationssystemen können solche Informationen zu Teilen bereits abgefragt werden; die Ergebnisse beschränken sich jedoch häufig nur auf Flächen in kommunaler Hand. Zu halböffentlichen Flächen (informelle Grünflächen), beispielsweise genossenschaftlichen Grünflächen an Wohnanlagen, geben diese Informationssysteme häufig keine Auskunft, obwohl die Flächen in der Regel allgemein zugänglich und nutzbar sind (Sikorska et al., 2020).

Verschiedene offene Geodatenangebote, wie nutzergenerierte Daten von OpenStreetMap, standortbezogene Social-Media-Daten oder auch kostenfrei verfügbare Satellitenbilddaten des Copericus-Programmes bieten großes Potenzial, um Informationen zur physischen Struktur, der Ausstattung oder der Nutzung städtischer Grünflächen abzuleiten. Eine weitere Möglichkeit der Informationsgewinnung bieten Apps, welche die Information gleichzeitig wieder an die Nutzenden zurückspielen. Diese fußen auf dem Prinzip des (öffentlichen) partizipativen Geoinformationssystems, auch Public Participation Geographic Information System (PPGIS), welches es ermöglicht, räumliche Daten zu Aktivitäten auf und Ansprüche an Grünflächen einzuholen (Brown & Kyttä, 2014). Gute Beispiele dafür sind die CityOases-App oder das Public Open Space Tool (POST). Mit der CityOases-App kann die Bevölkerung der Stadt Wien auf einer Karte markieren, welche Grünflächen sich für welche Aktivitäten eignen und wie sie die Flächen in Bezug auf Lärm oder Sauberkeit wahrnehmen. Als Nutzer*in der App kann man auch umgekehrt nach einer Aktivität suchen und bekommt die Grünflächen angezeigt, welche von anderen Nutzer*innen als geeignet befunden wurden (Banko et al., 2020). Das POST hat einen ähnlichen Anspruch: App-Nutzende zeichnen Grünflächen auf einer Karte ein und geben Informationen zu 30 Kriterien in Bezug auf mögliche Aktivitäten, Umgebungsqualität, Ausstattungsmerkmale und Sicherheit an (Hoffimann et al., 2018).

Das von den oben beschriebenen Apps generierte Wissen ist jedoch auf einzelne, von den Nutzenden bekannte Grünflächen beschränkt. Um die Stadtplanung zu unterstützen, müssten Bewertungen für alle städtischen Grünflächen vorliegen. Denn nur wenn das gesamtstädtische Grünflächenangebot bekannt ist – wo zu Fuß oder per Rad gut erreichbare Grünflächen liegen und

welche Qualitäten diese Grünflächen in Bezug zu den eigenen Ansprüchen aufweisen –, kann die gesamte Bevölkerung gleichermaßen mit Informationen versorgt werden. Auch für eine nachhaltige Stadtplanung mit dem Anspruch einer gerechten Grünraumversorgung, wie es im „Weißbuch Stadtgrün“ gefordert wird (BMUB, 2017), ist es essentiell, alle Grünflächen anhand der Bedarfe der Nutzer*innen bewertet zu wissen. So können die speziellen Anforderungen der unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen in der Stadtplanung Berücksichtigung finden. Dabei ist neben der Qualität und Ausstattung von Grünflächen besonders von Interesse, auf welche Art einzelne Grünflächen von der Bevölkerung wahrgenommen und genutzt werden. Für konkrete Handlungsvorschläge muss zudem bekannt sein, wie die Grünflächen aktuell ausgestattet sind und ob sie die Anforderung der Nutzenden erfüllen oder nicht. Zu diesem Zweck kann die Anwendung des Ökosystemleistungskonzepts sinnvoll sein (Grunewald et al., 2013, Artmann et al., 2017). Das Konzept verfolgt die explizite Ausweisung der Bedeutung und Rolle der Natur für das menschliche Wohlergehen, wie beispielsweise Gesundheit, Lebensqualität, Versorgung mit natürlichen Ressourcen (Grunewald et al., 2013). Ökosystemleistungen lassen sich in vier Kategorien unterscheiden: Basisleistungen (z. B. Photosynthese der Pflanzen, Regenerationsleistung von Böden), Versorgungsleistungen (z. B. zur Bereitstellung von Rohstoffen, Trinkwasser oder Feldfrüchte), Regulierungsleistungen (z. B. Hochwasserschutz durch Auenbereiche, Schattenwirkung von Bäumen, Erosionsschutz durch Pflanzenwurzeln) und kulturelle Leistungen (z. B. Natur als Inspirationsquelle, Grünflächen als Erholungsorte) (Haase, 2013). All diese Leistungen erzeugen einen Nutzen für die städtische Bevölkerung. Beispielsweise kühlen Stadtbäume durch den Schattenwurf die Luft- und Oberflächentemperaturen und führen so zu einem angenehmeren Mikroklima (Bowler et al., 2010). Von besonderer Bedeutung sind in Städten die kulturellen Leistungen, da von ihnen der größte wahrgenommene Nutzen für die Bevölkerung ausgeht (Chen et al., 2020). So wirkt sich der Aufenthalt in botanischen Gärten positiv auf die physische und psychische Gesundheit, ebenso wie auf das generelle Wohlbefinden der Personen aus (Carrus et al., 2017). Der Aufenthalt in städtischen Grünflächen senkt zudem unter anderem die Herzfrequenz, verbessert die kognitiven Funktionen sowie die allgemeine Stimmung und kann sich positiv auf die Lebenserwartung auswirken (Kondo et al., 2018). Die Beförderung der Erholung hängt dabei positiv mit der Biodiversität der Grünfläche und der Lage am Stadtrand zusammen (Carrus et al., 2015). All diese Nutzen erfährt die Bevölkerung erst, wenn sie die Grünflächen auch tatsächlich aufsuchen und mit ihnen in Interaktion treten (Soga et al., 2015).

Zusammengefasst ergeben sich folgende Defizite:

- Fehlende Informationen zu städtischen Grünflächen, deren Qualitäten, Erreichbarkeiten sowie nachfrageseitiges Wissen zu den Präferenzen der Bevölkerung bei der Grünflächennutzung,
- Fehlende Methoden, die freiverfügbaren Daten zu kombinieren und zur Bewertung zu nutzen,
- Fehlendes Medium, die gewonnenen Informationen an die Bevölkerung zu bringen, durch deren Nutzung weitere planungsrelevante Daten entstehen können.

Das meinGrün-Projekt adressierte diese Informationslücken zu den Bedarfen und den Angeboten. Das Kernziel des meinGrün-Projektes war die Entwicklung und Erprobung neuer Methoden zur Verbesserung des Informationsangebots zu städtischen Grünflächen. Diese sollten möglichst stadtunabhängig angewandt werden können, weshalb in erster Linie offene Daten zum Einsatz kommen. Weitere, untergeordnete Ziele, die die Entwicklung und Erprobung der neuen Methoden beeinflussten, werden im Folgenden aufgeführt. Zudem wird erörtert, welche Anforderungen sich daraus und welche Mehrwerte sich aus dem gesamten Projekt ergaben.

## 1.2 Ziele

**Ziel 1**: *Entwicklung von Ansätzen zur Informationsgewinnung unter Nutzung neuer Datengrundlagen (insb. Social-Media-Daten, OpenStreetMap, Sentinel-2)*

Im Rahmen des meinGrün-Projektes wurden verschiedene Forschungsfragen adressiert, die sich mit der Informationsgewinnung zur physischen Grünstruktur, deren Ausstattung sowie Nutzung und Wahrnehmung auf Basis verschiedener Datenquellen (offene Geodaten, Befragungen, VGI-/Social-Media-Daten sowie Fernerkundungsdaten) beschäftigten. Für eine flächendeckende Erfassung und Bewertung von (urbanen) Ökosystemleistungen von Grünflächen wird in vielen Studien die Methode der Angebots- und Nachfrageanalyse verwendet (z. B. Beichler, 2015; Chen et al., 2020; Voigt et al., 2014). Mithilfe der Ergebnisse aus der Angebots- und Nachfrageanalyse ist es möglich, Defizite in Bezug auf die städtische Grünraumversorgung sowie bestenfalls -qualität aufzuzeigen. So wurde im Projekt in einem transdisziplinären Ansatz untersucht, welche nutzerspezifischen Präferenzen beim Aufsuchen von Grünflächen eine Rolle spielen und wie diese in Form von Indikatoren messbar gemacht werden können. Hierbei standen auch Fragen zur Berechnung und Gewichtung von Indikatoren zu Grünflächenqualitäten im Fokus. Die dadurch erweiterte Informationslage eröffnet neue Möglichkeiten der Bewertung von Grünflächen, aber auch von Routen. So können unter Berücksichtigung gesundheitsrelevanter Umgebungspräferenzen, wie z. B. Lärmemission, Verschattung und Grünausstattung, neue Routenbewertungen und somit nutzerspezifische Routenalternativen (besonders „leise“ oder „schattige“ Wege) generiert werden.

**Ziel 2**: *Erarbeitung eines Informations- und Entscheidungstools für das Aufsuchen städtischer Grünflächen unter Nutzung von offenen Daten*

In Form einer Web-App wird ein Informations- und Entscheidungstool für das Erkunden, Finden und Aufsuchen geeigneter Grünflächen in den beiden Pilotstädten für die Bevölkerung kostenlos bereitgestellt. Hinsichtlich der Zugänglichkeit und Userfreundlichkeit ergeben sich diverse Anforderungen an die Web-App. Die Web-App sollte eine bestmögliche Userführung sowie eine schnelle Datenverarbeitung sicherstellen, standortbezogen als Eingabe- und Anzeigegerät dienen und eine intuitive Kartendarstellung und Bearbeitung raumbezogener Informationen ermöglichen. Hierzu wird eine Architektur auf Basis etablierter Open Source Software entwickelt, die sich im Einsatz über Jahre bewährt hat und für den mobilen Einsatz eine optimale Lösung bietet. Das Konzept der Web-App soll möglichst generisch gehalten werden, um eine einfache Übertragbarkeit auf andere Städte und Regionen gewährleisten zu können. Um einen größtmöglichen Anwender*innenkreis in den Pilotregionen zu erreichen, wurde die Anwendung als Progressive Web App umgesetzt. Unterstützt werden die Browser Mozilla Firefox, Chrome, Safari in den jeweils aktuellen Versionen auf dem entsprechenden Betriebssystem (Android und iOS). Mittels eines iterativen Prozesses, bestehend aus mehreren Betatests, User-Befragungen, Experteneinschätzungen sowie eines eigenen Testdurchlaufs auf unterschiedlichen Endgeräten, wurde die Web-App während der Entwicklungs- und Pilotierungsphase erprobt und optimiert.

Neben der Web-App werden innerhalb eines eigens entwickelten Webportals die vielseitigen Daten und Informationen zu den Grünflächen frei zugänglich für Interessierte und die assoziierten Stadtverwaltungen zur Verfügung gestellt.

**Ziel 3**: *Bereitstellung der Informationen für Bürger*innen und die Stadtplanung durch die Entwicklung einer Infrastruktur von Diensten und Apps*

Um sowohl die Bevölkerung als auch die Stadtplanung adäquat mit für die Zielgruppe relevanten Informationen zu versorgen, mussten zwei prototypische Systeme umgesetzt werden. Für die Bürger*innen wurde die meinGrün-Web-App und für die Stadtplanung das meinGrün-Webportal

entwickelt. Welche speziellen Anforderungen sich für die beiden Systeme ergaben, wird in den entsprechenden Unterkapiteln erörtert (2.2.1 und 2.4.1).

**Ziel 4**: *Bereitstellung von Daten und entwickelten Diensten für die Wissenschaft*

Wesentliche im Projekt generierte und homogenisierte Daten und Dienste wurden über das offene Datenportal mCLOUD für die Wissenschaft und Praxis publiziert. Hierbei wurde sichergestellt, dass alle urheber- und datenschutzrechtlichen Anforderungen erfüllt sind. Dies war besonders relevant bei der Nutzung von Social-Media-Daten sowie der Verschneidung amtlicher Geodatensätze mit Geodaten, denen ein anderes Lizenzmodell zugrunde lag. Um die Dienste nutzbar zu machen, mussten entsprechende Schnittstellen geschaffen werden. Welche Daten und Dienste in diesem Zuge außerdem entwickelt wurden, wird in Kapitel 2.5 erläutert.

**Ziel 5**: *Erprobung in den Pilotstädten Dresden und Heidelberg sowie Dokumentation der Erfahrungen zur Gewährleistung der Übertragbarkeit auf andere deutsche Städte*

Um die erarbeiteten Methoden an den Pilotstädten testen zu können, mussten die Angebots- und Nachfrageanalysen speziell in den beiden Städten durchgeführt werden. Dabei sollte der Fokus auf offenen Daten liegen, um die Übertragbarkeit auf weitere Städte zu gewährleisten. Zur Evaluierung bestimmter Arbeitsschritte wurden jedoch auch weitere Datenquellen hinzugezogen. Die Dokumentation der gesammelten Erfahrungen im Projekt trägt ebenfalls zur Übertragbarkeit bei, indem in diesem Handbuch alle Arbeitsschritte transparent präsentiert und reflektiert werden.

## 1.3 Mehrwerte

**Mehrwert 1**: *Beförderung der nachhaltigen Alltagsmobilität beim Aufsuchen städtischer Grünflächen*

Die Web-App zum Aufsuchen städtischer Grünflächen bietet ein neuartiges, interaktives Informationsangebot, welches Bürger*innen animieren soll, standortnahe Grünflächen zu entdecken und auf möglichst emissionsarmen Wege aufzusuchen. Um dabei die nachhaltige und klimaneutrale Mobilität zu befördern, werden nur Routen für Fußgänger*innen und Radfahrende angeboten. Dank eines innovativen entwickelten Routingdienstes können Nutzer*innen zwischen einer schnellen, grünen, leisen oder schattigen Route zur Grünfläche wählen. Die App besitzt demnach Potenzial, das individuelle Mobilitätsverhalten im Freizeitsektor nachhaltiger zu machen und das Verkehrssystem in urbanen Räumen zu entlasten und die Luftschadstoff- und Lärmbelastung zu reduzieren.

**Mehrwert 2**: *Beitrag zur Verbesserung der Gesundheit und des Wohlbefindens der Nutzer*innen*

Mit der App wird nicht nur durch das ausschließliche Anzeigen von Fuß- oder Radrouten die gesundheitsfördernde Mobilität beworben, sondern auch durch das Aufsuchen von Grünflächen im Allgemeinen. Indem die Nutzer*innen ihren Bedürfnissen angepasste Grünflächen entdecken können, die sie zuvor nicht kannten, werden sie diese Grünflächen auch häufiger nutzen. Dadurch „konsumieren“ sie die positiven Effekte, die von städtischen Grünflächen bei der aktiven oder passiven Erholung oder der sozialen Interaktion ausgehen.

**Mehrwert 3**: *Schaffung von ergänzenden Planungsgrundlagen*

Nicht zuletzt führt das Vorhaben zu einer Verbesserung der derzeit unbefriedigenden Datenlage zur quantitativen und qualitativen Ausstattung von Grünflächen (insb. Angebot und Nachfrage von Ökosystemleistungen) und deren regelmäßigem Monitoring. Damit werden auch wichtige ergänzende Bewertungsgrundlagen für die Stadtplanung generiert. Über die Auswertung von implizitem und explizitem Feedback der Nutzenden können Schlüsse für die Stadtplanung gezogen werden. So kann beispielsweise bestimmt werden, in welchem Stadtteil besonders häufig nach einer Aktivität oder einem bestimmten Ausstattungsmerkmal gefragt wurde. Über eine räumliche Auswertung der Grünflächenversorgung der Bürger*innen können zudem Defizitgebiete identifiziert

werden, in denen generell zu wenige Grünflächen vorhanden sind oder die bestehenden Grünflächen nicht ausreichend ausgestattet sind und somit Handlungsbedarf besteht.

**Mehrwert 4**: *Verbesserte Teilhabe und Partizipation*

Durch die verbesserten Informationen zu Grünflächen und die Entscheidungsunterstützung wird der Zugang zu Grünflächen verbessert. Damit wird die öffentliche Teilhabe an der Grünflächennutzung gestärkt, vor allem für ärmere Bevölkerungsgruppen, die noch dringender auf die positiven Gratisleistungen der städtischen Grünflächen angewiesen sind. Aber auch bereits bei der Entwicklung der App spielte der Dialog mit der Bevölkerung eine wichtige Rolle. So konnten verschiedenste Perspektiven aufgegriffen und ein Tool für die ganze Bevölkerung geschaffen werden. Sowohl durch den Austausch, als auch durch die App an sich, konnte für die Bedeutung von städtischen Grünflächen sensibilisiert und die Wertschätzung gestärkt werden.

**Mehrwert 5**: *Entstehung von neuen Methoden, Tools und Daten für die Wissenschaft (Open Access und Open Source)*

Methoden, Daten und Tools die im Projekt entwickelt wurden, stehen der Wissenschaft und Praxis offen zur Verfügung. Beispielsweise wurden die harmonisierten Daten zu Stadtbäumen (BaumCloud), die prozessierten Grünflächenindikatoren der Pilotstädte sowie die Sentinel-2–basierte Landnutzungskartierung auf der mCLOUD verfügbar gemacht. Die entwickelten Methoden und Analyseergebnisse wurden darüber hinaus in verschiedenen wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht.

## 1.4 Ergebnisse

Die zentralen Ergebnisse dieses Vorhabens sind Publikationen, Datenveröffentlichungen und Demonstratoren. Darüber hinaus wurde das Projekt auf nationalen und internationalen Konferenzen und Ausstellungen mit Vorträgen, Podiumsbeiträgen, Postervorstellungen und Live-Demos sowie durch Workshops und zahlreichen Mitmachaktionen (u. a. DRESDEN-concept Science Tram) einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Begleitet wurde das Projekt durch eine breite Öffentlichkeitsarbeit mit regelmäßigen Pressemittelungen, Newslettern und Aktivitäten auf Social-Media-Kanälen. Dies führte zu zahlreichen Berichten in der lokalen sowie überregionalen Presse und dem TV.

### Publikationen:

Brzoska, P.; Hecht, R.; Dunkel, A.; Ludwig, C. (2021): Neues Wissen zum Stadtgrün als Planungsgrundlage bereitstellen mit Diensten und Anwendungen des meinGrün-Projekts. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos (IÖR-Schriften 79).

Brzoska, P.; Hecht, R.; Stanley, C. (2020): Stadtgrün mit einer App (neu) entdecken. In: Transforming Cities (2020) 4|2020, S.86-90

Cakir, S.; Hecht, R.; Krellenberg, K. (2021): Sensitivity analysis in multi-criteria evaluation of the suitability of urban green spaces for recreational activities. AGILE GIScience Series, 2, 22 (2021). https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-22-2021

Dunkel, A., Löchner, M., Burghardt, D. (2020): Privacy-aware visualization of volunteered geographic information (VGI) to analyze spatial activity: a benchmark implementation. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 9(10), 607. https://doi.org/10.3390/ijgi9100607

Gröbe, M., Dunkel, A., Burghardt, D. (2020): A new web map for the MeinGrün app, Abstr. Int. Cartogr. Assoc. 2, 8.

Hecht, R.; Artmann, M.; Brzoska, P.; Burghardt, D.; Cakir, S.; Dunkel, A.; Gröbe, M.; Gugulica, M.; Krellenberg, K.; Kreutzarek, N.; Lautenbach, S.; Ludwig, C.; Lümkemann, D.; Meinel, G.; Schorcht, M.; Sonnenbichler, A.; Stanley, C.; Tenikl, J.; Wurm, M.; Zipf, A. (2021): A web app to generate and disseminate new knowledge on urban green space qualities and their accessibility. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (2021) VIII-4/W1-20, S.65-72. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W1-2021-65-2021

Hecht, R.; Brzoska, P.; Burghardt, D.; Cakir, S.; Dunkel, A.; Gildhorn, K.; Gröbe, M.; Gugulica, M.; Kreutzarek, N.; Lautenbach, S.; Ludwig, C.; Lümkemann, D.; Meinel, G.; Rothert, S.; Schorcht, M.; Sonnenbichler, A.; Stanley, C.; Tenikl, J.; Wurm, M.; Zipf, A. (2021): Informationen und Navigation zu urbanen Grünflächen in Städten: Abschlussbericht und Handbuch zum mFUND-Projekt: meinGrün. IÖR.

Ludwig, C.; Hecht, R.; Lautenbach, S.; Schorcht, M.; Zipf, A. (2021): Mapping Public Urban Green Spaces Based on OpenStreetMap and Sentinel-2 Imagery Using Belief Functions. ISPRS International Journal of Geo-Information 10 (2021) 4, S.251. https://doi.org/10.3390/ijgi10040251

Ludwig, C.; Hecht, R.; Lautenbach, S.; Schorcht, M.; Zipf, A. (2019): Assessing the completeness of urban green spaces in OpenStreetMap. Proceedings of the Academic Track at the State of the Map 2019, Heidelberg, Germany, September 21-23, 2019. Heidelberg, 2019, S. 21-22 https://doi.org/10.5281/zenodo.3405431

Ludwig C.; Fendrich S.; Zipf A. (2020): Regional variations of context-based association rules in OpenStreetMap. Transaction in GIS, 25(2). 602-621. https://doi.org/10.1111/tgis.12694

Ludwig, C.; Lautenbach, S.; Schömann, W.-M.; Zipf, A. (2021): Comparison of simulated fast and green routes for cyclists and pedestrians. 11th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2021). K. Janowicz & J. Verstegen (eds.); S. 3:1–3:15. https://doi.org/10.4230/LIPIcs.GIScience.2021.II.3

Ludwig, C.; Zipf A. (2019): Exploring regional differences in the representation of urban green spaces in OpenStreetMap. AGILE Conference Workshop: Geographical and Cultural Aspects of Geo-Information: Issues and Solutions. 17.06.2019. Limassol, Cyprus. https://doi.org/10.11588/heidok.00027408

Krellenberg, K.; Artmann, M.; Hecht, R.; Stanley, C. (2019): Wissen zum Stadtgrün durch neue Datenzugänge verbessern. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos (IÖR-Schriften; 77), S. 237-241

Krellenberg, K.; Artmann, M.; Stanley, C.; Hecht, R. (2021): What to do in, and what to expect from, urban green spaces – Indicator-based approach to assess cultural ecosystem services. Urban Forestry & Urban Greening (2021) 59: 126986. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126986

Krellenberg, K.; Hecht, R. (2021): Mit einer mobilen App neues Wissen zum Stadtgrün generieren. GIS.business - das Magazin für Geoinformation 3/2021, S.41-43. https://doi.org/10.21241/ssoar.73701

Stanley, C.; Hecht, R.; Cakir, S.; Brzoska, P. (under review): Determining user group-specific green space quality and supply for more equitable planning: A case study for elderly people in Dresden/Germany.

Taubenböck, H.; Reiter, M; Dosch, F.; Leichtle, T.; Weigand, M.; Wurm, M. (2021): Which city is the greenest? A multi-dimensional deconstruction of city rankings. Computers, Environment and Urban Systems, vol. 89 (101687), 13 p.. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101687

Tenikl, J.; Wurm, M; Weigand, M.; Staab, J.; Müller, I.; Taubenböck H. (2019): Satellitengestützte Vermessung von städtischem Grün in deutschen Städten. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos (IÖR-Schriften; 77), S. 221-228

Weigand, M.; Staab, J.; Wurm, M.; Taubenböck, H. (2020): Spatial and semantic effects of LUCAS samples on fully automated land use/land cover classification in high-resolution Sentinel-2 data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 88(102065), 2020. https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102065

### Datenveröffentlichungen:

Cakir, S.; Hecht, R.; Krellenberg, K. (2021). Sensitivity analysis in multi-criteria evaluation of the suitability of urban green spaces for recreational activities (v1.0.0). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.4672538

Cakir, S., Schorcht, M., Stanley, C., Hecht, R. (2021). Städtische Grünflächen und Aktivitäten: Heidelberg (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-4

Cakir, S., Schorcht, M., Stanley, C., Hecht, R. (2021). Städtische Grünflächen und Aktivitäten: Dresden (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-3

Cakir, S., Schorcht, M., Stanley, C., Rieche, T., Ludwig, C., Gugulica, M., Dunkel, A., Hecht, R. (2021). Städtische Grünflächen und Indikatoren: Dresden (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-1

Cakir, S., Schorcht, M., Stanley, C., Rieche, T., Ludwig, C., Gugulica, M., Dunkel, A., Hecht, R. (2021). Städtische Grünflächen und Indikatoren: Dresden (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-2

Dunkel, A. (2021). Subjektive Wahrnehmung und Kommunikation von Grünflächen in Social Media (Großer Garten, Dresden) (Version 2021) [Data set]. Institute of Cartography, Department of Geosciences, TU Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069, Dresden. http://dx.doi.org/10.25532/OPARA-129

German Aerospace Center (DLR) (2020): Land Cover DE - Sentinel-2 - Germany, 2015. https://doi.org/10.15489/1ccmlap3mn39

Gugulica, M., Dunkel, A. (2021). Städtische Grünflächen und Nutzung- und Wahrnehmung-Indikatoren: Dresden (Version 2021) [Data set]. Institute of Cartography, Department of Geosciences, TU Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069, Dresden. http://dx.doi.org/10.25532/OPARA-129

Ludwig, C.; Hecht, R.; Lautenbach, S.; Schorcht, M.; Zipf, A., 2020, "Mapping Public Urban Green Spaces based on OpenStreetMap and Sentinel-2 imagery using Belief Functions: Data and Source Code", heiDATA, V1, https://doi.org/10.11588/data/UYSAA5

Universität Heidelberg (2021): Grün- und Sonneneinstrahlungs-Index der Verkehrswege in Heidelberg und Dresden. https://maps.heigit.org/meingruen/service?REQUEST=GetCapabilities

Terra Concordia gGmbH (2020): Harmonisierter Datensatz aus verschiedenen kommunalen Baumkatastern: WFS: https://baumcloud.org/mapserver?SERVICE=WFS&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=2.0.0

**Websites:**

Projekthomepage: http://meingruen.ioer.info

meinGrün-Blogwebsite: https://meingruen.org

**Webanwendungen und Demonstratoren:**

meinGrün-App: https://app.meingruen.org

meinGrün-Webportal: https://viewer.meingruen.org

BaumCloud-Tool: https://baumcloud.org

BaumCloudViewer: https://baumcloudviewer.meingruen.org

**Social-Media Accounts:**

Twitter: https://twitter.com/meingruen

Instagram: https://www.instagram.com/meingruen

Facebook: https://www.facebook.com/meingruen

Youtube: https://www.youtube.com/channel/UCYUJJaFWYy5LtR-QTa_UXTg

ResearchGate: https://www.researchgate.net/project/Information-and-navigation-to-urban-green-spaces-in-cities-meinGruen

## 1.5 Konzeptioneller Rahmen und Projektablauf

Um die genannten Ziele zu erreichen, wurde das in Abb. 1 dargestellte Vorgehen gewählt. Zunächst musste erarbeitet werden, welche Daten es benötigt, um die entsprechenden Grünflächen-Informationen zu gewinnen. Nach der Beschaffung, Sichtung und Bewertung der Daten bezüglich ihrer Eignung, erfolgte die Entwicklung der Methoden für die Informationsextraktion, der Grünflächenbewertung mittels Entscheidungsunterstützungssystem, das Routing sowie für das Feedbacksystem. Die Methoden waren Grundlage für die Umsetzung in Form von verschiedenen Daten- und Prozessierungsdiensten im Back-End. Zugleich wurden Front-End-seitig geeignete Nutzeroberflächen geschaffen, über die die jeweils relevanten Informationen an die Zielgruppen (Stadtbevölkerung, Wissenschaft, Verwaltung, usw.) gelangen.

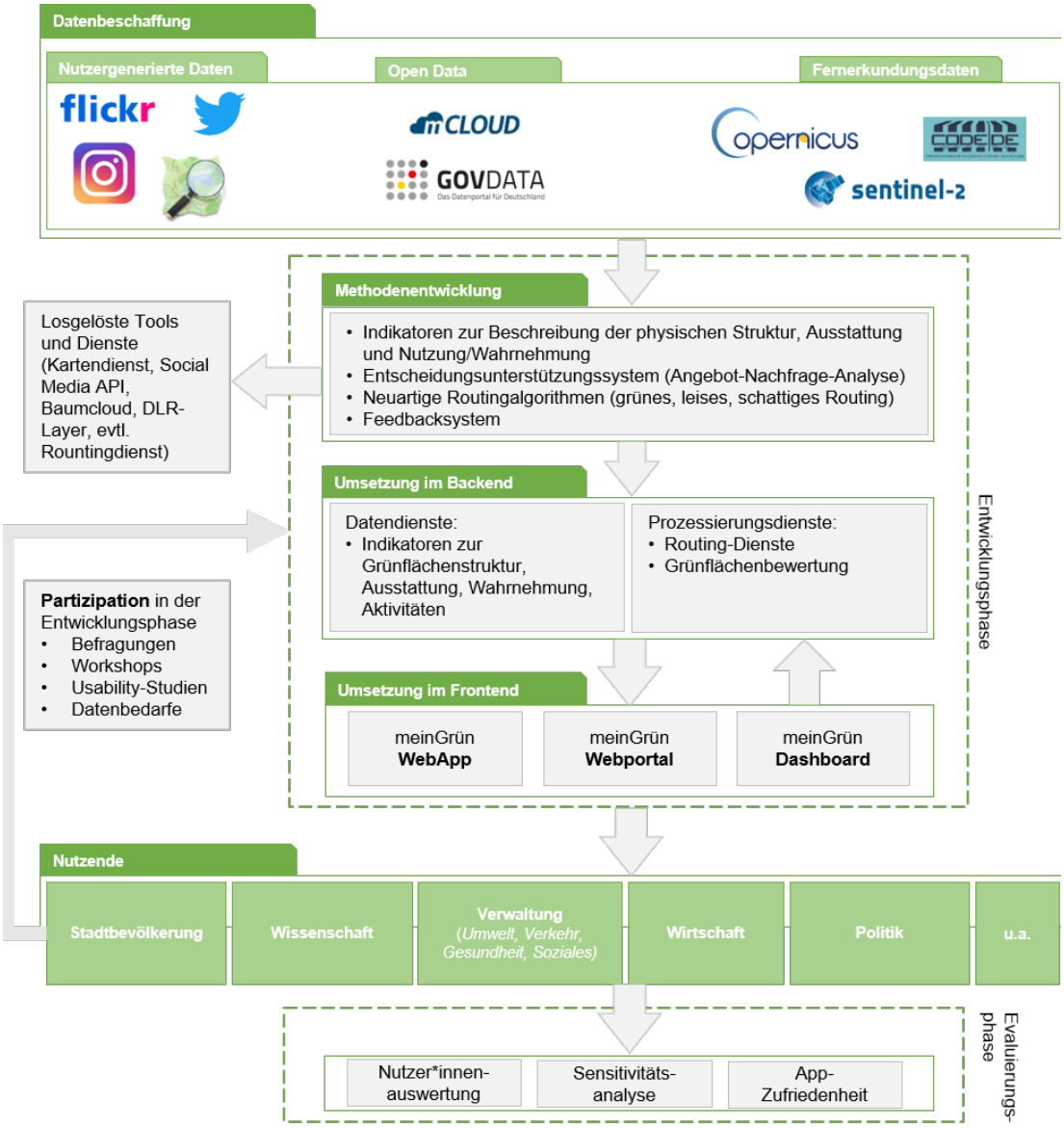


*Abb. 1: Darstellung des konzeptionellen Rahmens des meinGrün-Projekts.*

Konzeptionell liegt der Ansatz der Angebots- und Nachfrageanalyse zugrunde, um die städtischen Grünflächen zu bewerten. Angebotsseitig werden vor allem Ausstattungsmerkmale und Eigenschaften der Grünflächen mit Hilfe der räumlichen Analyse betrachtet. Unter urbanen Grünflächen werden sowohl öffentliche als auch halböffentliche Grünflächen verstanden. Die Festlegung der zu integrierenden Grünflächentypen (z. B. Friedhöfe, Parks, Wälder) in die App wurde im Rahmen des Vorhabens in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit sowie in Abstimmung mit den städtischen Partnern vorgenommen.

Die Nachfrage umfasst die Ansprüche, die die Bevölkerung an das Angebot bzw. an die städtischen Grünflächen stellt. Da die Ansprüche je nach Aktivität oder dem/der Nutzer*in unterschiedlich sein können, mussten hierfür vielfältige Informationen eingeholt werden. Wie sich das Konzept der Angebots- und Nachfrageanalyse auf die Methoden- und die App-Entwicklung auswirkte, wird in Kapitel 2.2 (meinGrün-Web-App) näher erläutert.

### Datenbeschaffung

Um die Übertragbarkeit der Methoden, Daten- und Prozessierungsdienste und Anwendungen auf andere Städte zu gewährleisten, wurden vorrangig offene sowie frei verfügbare Daten verwendet.

Andere, nicht-offene Daten wurden vor allem zur Evaluierung, beispielsweise der Datenqualität, herangezogen. Eine Mischung aus nutzergenerierten Daten, offenen städtischen Daten und Fernerkundungsdaten bildet die Grundlage zur Beschreibung des Angebots an Grünflächen, deren Qualitäten und Erreichbarkeiten. Damit sollen insbesondere Informationen zur physischen Struktur sowie der Ausstattung abgeleitet werden. Welche Daten im Speziellen verwendet wurden, wird im Kapitel 3 ausführlich erörtert.

### Methodenentwicklung

Die im Vorhaben entwickelten Methoden bilden die Grundlage für die Bereitstellung neuer Informationsdienste zu Grünflächen, deren Qualitäten und Erreichbarkeiten (Ziele 1-3). Sie unterliegen einem transdisziplinären Forschungsansatz, bei dem wissenschaftliches und praktisches Wissen kombiniert werden (Bergmann & Schramm, 2008).

Zur Erreichung der Ziele mussten Methoden entwickelt werden, um das Angebot von und die Nachfrage nach städtischen Grünflächen zu erheben und zu bewerten. Für die Quantifizierung des Grünflächenangebots brauchte es zunächst eine Methode, die relevanten Grünflächen einer Stadt zu bestimmen (siehe Kapitel 3.1). Anschließend wurde über Befragungen erhoben, welche Ausstattungsmerkmale und Eigenschaften (ab sofort Kriterien genannt) die Bevölkerung auf Grünflächen vorfinden möchte, auch speziell im Zusammenhang mit der Ausübung bestimmter Aktivitäten (siehe Kapitel 4.1.1). Zur Bestimmung, welche Kriterien auf den Grünflächen vorhanden sind (Angebotsbewertung), wurden Indikatoren entwickelt, mit denen der Erfüllungsgrad der Kriterien quantifiziert werden kann (siehe Kapitel 3.2). Um die Angebotsbewertung mit der Nachfrage in Verbindung zu bringen, wurde ein Entscheidungsunterstützungssystem erarbeitet, welches auf Ergebnisse aus der Bevölkerungsbefragung zurückgreift.

Für die Erfüllung der Mehrwerte 1 und 2 wurden neuartige Routingalgorithmen (leise, grün, schattig) entwickelt (siehe Kapitel 2.2.4.2). Um eine verbesserte Planungsgrundlage zu schaffen (Mehrwert 3) und Partizipation zu fördern (Mehrwert 4), wurde ein Feedbacksystem aufgesetzt (siehe Kapitel 2.3). Zur Erzielung des Mehrwerts 5 wurden neben der meinGrün-Web-App und dem meinGrün-Webportal verschiedene losgelöste Tools und Anwendungen entwickelt, die eigenständig in zukünftiger Forschung zum Einsatz kommen können (siehe Kapitel 2.5).

### Umsetzung im Back-End

Die erarbeiteten Methoden und generierten Daten werden als Daten- und Prozessierungsdienste im Back-End bereitgestellt, auf welche die Apps im Front-End zugreifen. Im Wesentlichen können folgende Dienste unterschieden werden:

- Daten- und Kartendienste,
- Suchdienste,
- Routingdienste,
- Feedbackdienst.

Ein **Datendienst** stellt beispielsweise die für die App nötigen Grünflächenpolygone sowie in Ergänzung POIs (Points of Interest) für die Visualisierung als GeoJSON bereit. Des Weiteren wird ein eigener **Kartendienst** betrieben, der eine OpenStreetMap-basierte Hintergrundkarte im eigenen Kartenstil als gerenderte Raster Tiles bereitstellt. Ein speziell entwickelter **Suchdienst** bearbeitet die über das App-Formular gestellten Suchanfragen zum Auffinden geeigneter Grünflächen. Dabei werden drei verschiedene Suchfunktionen bereitgestellt, welche im Ergebnis ein GeoJSON mit den Grünflächenpolygonen (Geometrieobjekte einschließlich Attribute zur Entfernung sowie der Eignungsbewertung) zurückliefert. Gesucht werden kann über eine Wahl von Aktivitäten, Kriterien oder über ein Schnellsuchformular. Die **Aktivitäten-Suchfunktion** liefert Grünflächenpolygone, die

für bestimmte Aktivitäten besonders gut geeignet sind. Dabei werden verschiedene physische (z. B. Joggen, Frisbee oder Tischtennis) und passive Erholungsaktivitäten (z. B. Lesen, Naturbeobachtung oder Sonnenbaden) berücksichtigt und multikriteriell bewertet. Grundlage dafür bilden Kriterien und deren Default-Gewichte, welche vorab definiert, jedoch von Nutzer*innen individuell geändert werden können. Die **Kriterien-Suchfunktion** ermöglicht die Suche über ein oder mehrere Kriterien, wobei die Nutzer*innen aus insgesamt 36 Kriterien der Kategorien "Ausstattung", "Merkmale", "Naturelemente" und "Sportgeräte" wählen kann. Die Kriterien können von den Nutzer*innen beliebig kombiniert und gewichtet werden. Eine **Schnell-Suchfunktion** ermöglicht die Suche über einen freien Text, wie z. B. Aktivitäten, Kriterien oder auch Ortsnamen.

Mit einem **Routing-Dienst** sollen verschiedene Routing-Optionen angeboten werden. Dieser basiert auf dem OpenRouteService (ORS) (Lautenbach et al., 2020, Ludwig et al., 2021) und erlaubt ein Routing unter Berücksichtigung verschiedener Umgebungsparameter. Dieser liefert für die Verkehrsmodi „zu Fuß“ und „Fahrrad“ neben der schnellsten Route, eine grüne, eine leise und eine schattige Route zurück, welche in der App visualisiert werden. Mit einem **Feedback-Dienst** können implizites und explizites Feedback der Nutzenden gesammelt und verwaltet werden, auf deren Basis das Nutzungsverhalten der App untersucht werden kann.

### Umsetzung im Front-End:

Um Ziel 3 sowie Mehrwert 3 zu erreichen, erfolgte die Umsetzung im Front-End über drei verschiedene Anwendungen: Web-App, Webportal und Dashboard. Die Web-App dient als Informations- und Entscheidungshilfe für das Aufsuchen städtischer Grünflächen für die Bevölkerung. Sie wurde als Demonstrator in den beiden Pilotstädten Dresden und Heidelberg entwickelt und getestet. Mit ihr wird das gesellschaftliche und wirtschaftliche Potenzial der entwickelten Infrastruktur aufgezeigt (siehe Kapitel 2.2). Mit dem Webportal wird prototypisch eine zusätzliche Planungsgrundlage für die Stadtplanung aus den generierten, aggregierten Grünflächendaten bereitgestellt (siehe Kapitel 2.4). Das Dashboard dient dem Management des expliziten und impliziten Feedbacks zum Monitoring der Nutzerzahlen bzw. der Optimierung der Web-App (siehe Kapitel 2.3). Bei der Entwicklung der Anwendungen wurden die jeweiligen Zielgruppen aktiv mit eingebunden, um die Datenqualität und die Usability zu erhöhen.

## Pilotierungskonzept

Der Ansatz wurde in den zwei Pilotstädten Heidelberg und Dresden erprobt (Abb. 2). Die meinGrün-Web-App sowie das meinGrün-Webportal wurden folglich für diese beiden Städte und deren Bevölkerung entwickelt. Die Auswahl dieser Pilotstädte erfolgte vor allem aufgrund guter lokaler Ortskenntnisse der beteiligten Wissenschaftler*innen sowie bestehender Kontakte zu den Stadtverwaltungen.

In der sächsischen Landeshauptstadt Dresden leben knapp über 561 000 Menschen (Landeshauptstadt Dresden, 2020) bei einer Flächengröße von ca. 329 km² (Landeshauptstadt Dresden, 2018). Heidelberg, im Norden Baden-Württembergs, weist eine Bevölkerungszahl von nahezu 150 000 Personen sowie eine Stadtfläche von etwa 109 km² auf (Amt für Stadtentwicklung und Statistik, Heidelberg 2018). Hinsichtlich der Grünraumversorgung und -verteilung unterscheiden sich beide Pilotstädte stark. Während sich in Heidelberg die meisten Grünflächen insbesondere am Neckarufer befinden und hauptsächlich aus Wiesen sowie Waldarealen bestehen, sind die Grünflächen innerhalb Dresdens räumlich stärker über das Stadtgebiet verteilt und in ihrem Bestand sehr heterogen. So findet man neben größeren Wiesenflächen, wie z. B. den Elbwiesen am Elbufer, auch eine Vielzahl diverser Grünflächen, Brachflächen sowie Waldgebiete im Stadtraum. In Bezug auf das pro Einwohner*in zur Verfügung stehende Grünangebot sowie der fußläufigen Erreichbarkeit von Grünflächen bestehen ebenfalls Unterschiede. So stehen in Heidelberg pro Einwohner*in durchschnittlich etwa 91 m² und in Dresden ungefähr 102 m² Grünfläche zur Verfügung. In Heidelberg erreichen rund 78 % der Stadtbevölkerung fußläufig gut eine Grünfläche, wohingegen dieser Bevölkerungsanteil in Dresden bei nur 60 % liegt (IÖR-Monitor, 2020). Diese dargestellten räumlich-strukturellen Unterschiede stellen eine gute Voraussetzung dar, die entwickelten Ansätze und Infrastrukturen, wie die App und das Webportal, unter divergierenden Rahmenbedingungen zu erproben.

Insgesamt kann die Datenverfügbarkeit in beiden Städten als gut bewertet werden. Die Landeshauptstadt Dresden verfügt seit dem Jahr 2019 über ein Offenes Geodatenportal, welches den Bürger*innen und sonstigen Interessierten online zur Verfügung steht. Obwohl sie noch nicht als Open Data verfügbar sind, hat auch die Stadt Heidelberg dem Projektteam im Rahmen der App-Entwicklung umfangreiche Geodatensätze zur Verfügung gestellt.

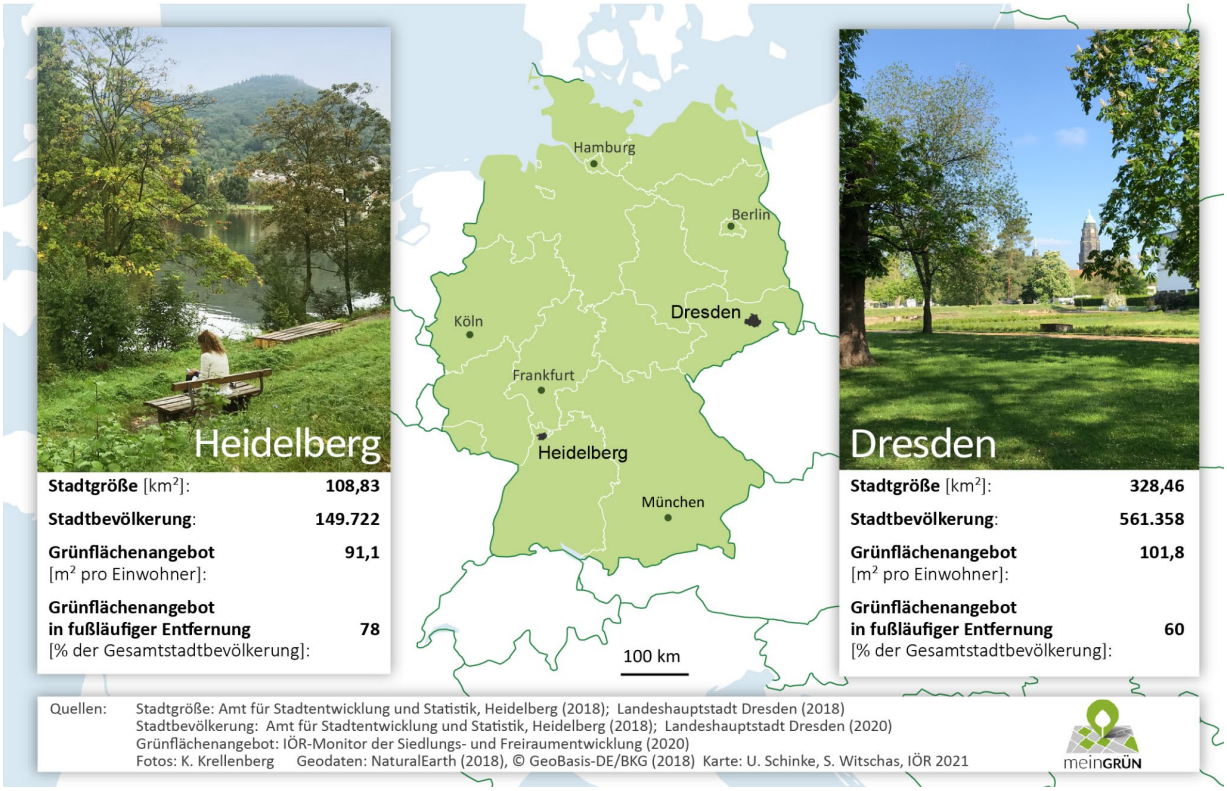


*Abb. 2: Steckbriefe der beiden Pilotstädte Heidelberg und Dresden. (Quelle: verändert nach Krellenberg et al., 2021)*

## 1.6 Projekt-Rahmendaten

Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen aus dem Projekt *Grün in der Stadt – Informationen und Navigation zu urbanen Grünflächen – Datenerhebung, Dienstinfrastruktur und App „meinGrün“*. Das Projekt wurde gefördert durch die Forschungsinitiative mFUND unter der Förderlinie „Angewandte Forschung und Experimentelle Entwicklung“ (Förderlinie 2) in der Kategorie 2 (Datenzugang/Datenbasierte Anwendungen für alle übrigen Daten im Geschäftsbereich des BMVI). Der Start des Projekts war am 01.11.2018 und die Laufzeit betrug 30 Monate, wobei Gebrauch von einer kostenneutralen Verlängerung (aufgrund der Corona-Pandemie) gemacht wurde. Antragsteller, Koordinator und zugleich wissenschaftlicher Projektpartner war das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR). Weitere wissenschaftliche Projektpartner waren das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), das Institut für Kartographie (IfK) der Technischen Universität Dresden und das Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT) der Universität Heidelberg. Des Weiteren waren die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) Institut für Software-Entwicklung (ISB AG), urbanista GmbH & Co KG und Terra Concordia gGmbH beteiligt.

Die Stadt Heidelberg sowie die Landeshauptstadt Dresden bilden die assoziierten Praxispartner des meinGrün-Projektes. Sie sind zugleich Pilotstädte, in denen die meinGrün-App entwickelt, bereitgestellt und erprobt wurde.

# 2 Entwicklung der meinGrün-Infrastruktur

## 2.1 Gesamtkonzept

Das Gesamtkonzept der Dienste-Infrastruktur von meinGrün besteht aus der App meinGrün, einem zugehörigen Dashboard und dem meinGrün-Webportal als Front-End-Komponenten, sowie mehreren Back-End-Komponenten. Jede dieser Back-End-Komponenten übernimmt eine bestimmte Funktion, die von der App, dem Dashboard oder dem Webportal genutzt werden. Während die meinGrün-Web-App die Bevölkerung adressiert, richtet sich das Webportal an Belangen der kommunalen Planung aus. Das Dashboard dient dem Management und richtet sich an die Entwickler*innen und Betreiber*innen der Anwendung und der Dienste, um wichtige Informationen hinsichtlich der Nutzung zu erhalten und potentielle Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren.

Die technische Gesamtinfrastruktur ist in Abb. 3 dargelegt. Ausgangspunkt sind unterschiedliche, zumeist offene, Geodaten, welche in einem Datenprozessierungsschritt aufbereitet, zusammengeführt und analysiert werden (siehe Kapitel 3). Durch Kombination offener städtischer Daten, nutzergenerierter Daten, Fernerkundungsdaten und Social-Media-Daten können alle öffentlich zugänglichen Grünflächen und deren mögliche Wege dahin mittels Indikatoren in ihrer Qualität beschrieben werden. Zudem werden relevante Kartendaten (POI-Daten, Kartenhintergrund) für die Visualisierung aufbereitet. Die aufbereiteten Daten sind die Datenbasis für die Back-End-Komponenten der meinGrün-App, speziell APP API, ORS API sowie der MAP API. Die Basisdaten der App werden jedoch auch über das meinGrün-Webportal zur Visualisierung und zum Download verfügbar gemacht und werden im Back-End des Webportals gesondert gehalten.

Die einzelnen Komponenten werden auf eigenen Servern oder in virtuellen Maschinen an teils unterschiedlichen Standorten betrieben. Die Kommunikation mit Web-App und Webportal erfolgt über das Internet (HTTPS Protokoll). Die App und das Webportal werden von einem der Back-End-Server in den jeweiligen Webclient des Anwendenden geladen.

Neben den festen Komponenten der Infrastruktur sind weitere Tools und Dienste entwickelt worden, die losgelöst genutzt werden können. Dies sind vor allem die deutschlandweit verfügbaren Daten und Prozessierungsdienste: BaumCloud und BaumCloud-Viewer, Social-Media-API, DLR-Vegetationsstruktur, meinGrün-Kartendienst sowie der meinGrün OpenRouteService.

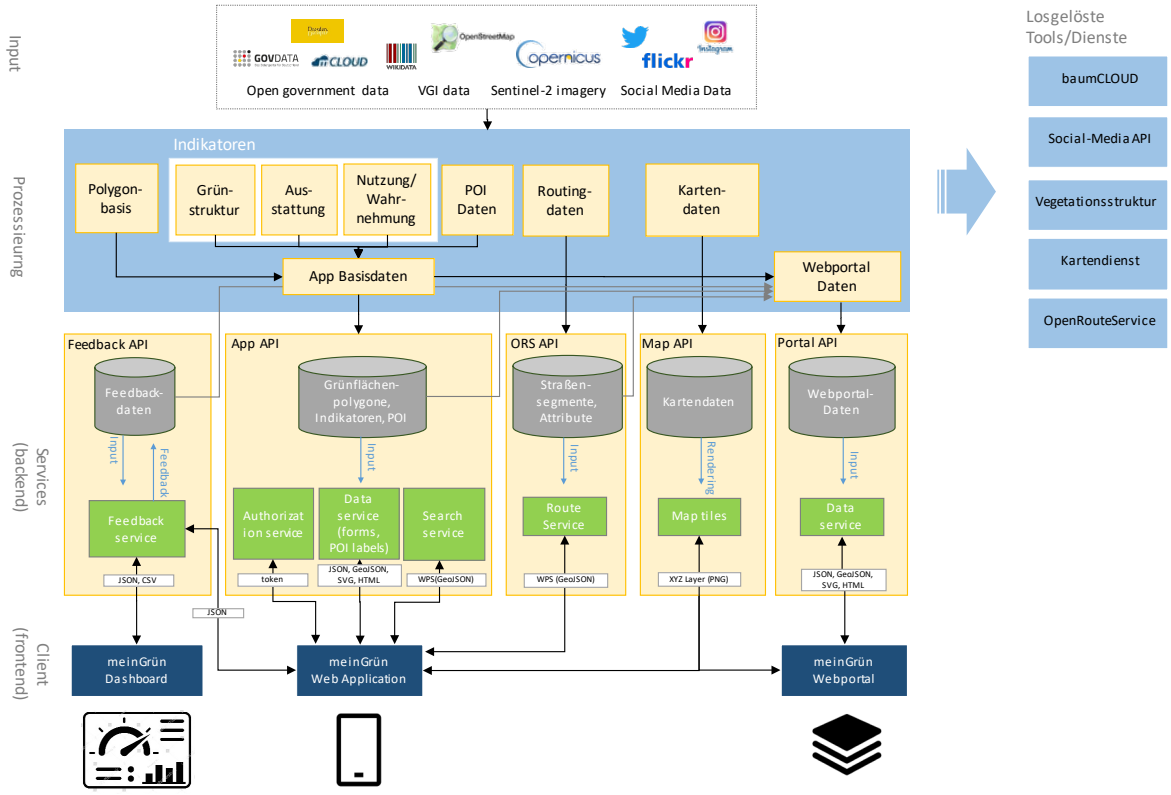


*Abb. 3: Zusammenspiel der verschiedenen Dienste im Backend mit der meinGrün App, dem zugehörigen meinGrün Dashbord sowie dem Webportal. Die Dienste werden aus verschiedenen frei zugänglichen Datenquellen gespeist und kommunizieren über standardisierte Web-Schnittstellen.*

Die Web-App wurde mittels eines agilen, nutzerzentrierten Ansatzes entwickelt, bei dem die potenziellen Nutzenden während des gesamten Entwicklungsprozesses einbezogen wurden (vgl. Kapitel 4). Durch das frühzeitige Einbinden von Betatester*innen konnte eine gute Usability der App sichergestellt werden. Dabei wurden sowohl die Bevölkerung als auch Agierende der Stadtverwaltung involviert, um die Anforderungen zu definieren, Funktionalitäten zu testen und diese iterativ zu optimieren. Das Webportal wurde optimiert für eine Nutzung durch die Stadtverwaltung und -planung. Durch die bereits bestehende Zusammenarbeit mit dieser Zielgruppe und das Vorhandensein der technischen Infrastruktur konnte das Webportal stärker im klassischen Stil (Wasserfallmodell) entwickelt werden.

Die Entwicklung der Komponenten erfolgte auf physisch voneinander getrennten Test- und Produktivsystemen, welche nicht Teil der Abb. 3 sind. Auf diesem Weg konnten neue Funktionen und Daten getestet werden ohne den laufenden Betrieb des Produktivsystems zu stören.

## 2.2 meinGrün-Web-App

Ziel der meinGrün-Web-App ist es, Erholungssuchende bei der Suche nach für sie geeignete Grünflächen und dem Weg dahin zu unterstützen. Die App hält dafür eine Reihe von verschiedenen Sucheinstiegen bereit, um den unterschiedlichen Bedürfnissen entgegenzukommen. Neben einer Stichwortsuche kann auch anhand beabsichtigter Aktivitäten oder anhand einer Auswahl an Kriterien nach Grünflächen im Stadtgebiet gesucht werden. Zur Priorisierung der Suchergebnisse werden die Grünflächen anhand von zur Suchanfrage passenden Indikatoren gewichtet. Die Zusammenfassung der einzelnen Indikatoren zu einer Gesamtbewertung erfolgt mit Hilfe eines multikriteriellen Bewertungsansatzes. Die Ergebnisse werden zusammen mit relevanten Zusatzinformationen als interaktive Karte angezeigt. Für selektierte Grünflächen besteht die Möglichkeit, sich auf anhand

verschiedener Kriterien (Grünheit, Schattigkeit, Lärmemission, Zeitbedarf) berechneter Routen zum Ziel leiten zu lassen.

### 2.2.1 Anforderungen

Die Motivation hinter der Entwicklung der App basiert auf dem Konzept der urbanen Ökosystemdienstleistungen. Grünflächen sind besonders wichtig für die Bereitstellung kultureller Ökosystemdienstleistungen (Palliwoda et al., 2020), wobei der Mehrwert durch die Wahrnehmung und Nutzung von Grünflächen entsteht (Buchel & Frantzeskaki, 2015). Tratalos et al. (2016) argumentieren, dass kulturelle Ökosystemdienstleistungen u. a. durch die Betrachtung der Qualität von Grünflächen und der darauf ausgeübten Aktivitäten gemessen werden können. Deshalb sollte die App so konzipiert sein, dass sie verschiedene Aktivitäten aufzeigt, die auf den Grünflächen durchgeführt werden können. Da der Anspruch an Grünflächen jedoch sehr subjektiv ist und zwischen Ausübenden einer Aktivität variieren kann (Massoni et al., 2018), sollte es auch möglich sein, die Kriterien individuell anzupassen.

Um die relevanten Aktivitäten und Kriterien zu ermitteln, um die Grünflächen bewerten zu können, wurden Befragungen hinsichtlich der Bedürfnisse der Bevölkerung in Bezug auf die Grünflächennutzung durchgeführt (Krellenberg et al., 2021). Dieser Ansatz führte zu insgesamt 20 relevanten Aktivitäten und 36 Kriterien (Abb. 4). Für die Bewertung wurden sowohl die Nachfrage- als auch die Angebotsseite von Ökosystemleistungen betrachtet (Abb. 5; siehe auch Beichler, 2015; Chen et al., 2020; Voigt et al., 2014).

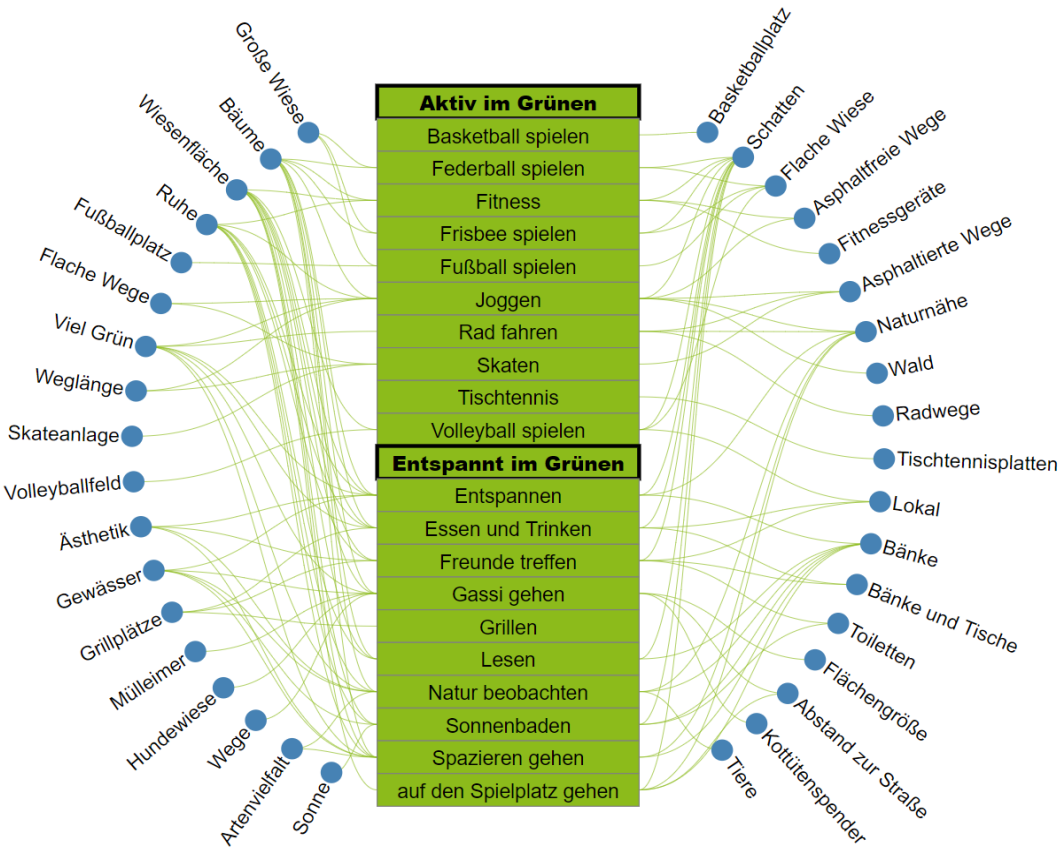


*Abb. 4: Zuordnung Indikatoren zu Aktivitäten.*

*Abb. 5: Konzept zur Bewertung der Grünflächen.*

Das Angebot umfasst die Ausstattungen und Eigenschaften von Grünflächen, während die Nachfrage die Anforderungen darstellt, die die Nutzer*innen an die Ausstattungen und Eigenschaften stellen. Informationen zur Nachfrageseite wurden über Umfragen erhoben, welche ein übliches Verfahren für diesen Zweck darstellen (z. B. Campbell et al., 2016; Fischer et al., 2018). Das Angebot an Grünflächen und deren Ausstattungen wurde mit Hilfe eines GIS-basierten Ansatzes mittels Geodaten erhoben.

Aus den Erhebungen über die Befragung (vgl. Kap. 4.1) wurden Aktivitäten identifiziert, für die häufig urbane Grünflächen aufgesucht werden. Weiterhin wurden anhand der Befragungen Kriterien identifiziert, die eine Eignung der Grünfläche für die jeweilige Aktivität beschreiben und deren relative Bedeutung für die jeweilige Nutzung abgeleitet. Dieses Wissen ist Grundlage für die Entwicklung des indikatorbasierten multikriteriellen Bewertungsansatzes (Krellenberg et al., 2021; Cakir, 2021), mit dem die Eignung für eine bestimmte Aktivität für eine beliebige Grünfläche über einen Score bestimmt werden kann.

Aus der Anforderungsanalyse, welche durch partizipative Formate mit Bürger*innen und Akteur*innen der Stadtverwaltung begleitet war, ergaben sich weitere Anforderungen an die App, die im Wesentlichen waren:

- **Plattform- und Geräteunabhängigkeit:** Nutzbarkeit auf Smartphones, Tablets und Arbeitsplatzrechnern.
- **Möglichst einfache oder keine Installation**
- **Einfache Wartung der App** (schnell Updates bereitstellen, Änderungen an den Suchformularen, Infotexten und Grafiken durch Projektpartner ohne Änderungen an der App).
- **Ortungsfunktion:** Nutzer*innen sollen die Möglichkeit erhalten, den eigenen Standort direkt in der Karte anzeigen zu lassen und diesen als Ausgangspunkt für das Routing zu benutzen.
- **Darstellung einer Karte mit Grünflächen zum Erkunden:** Unentschlossene Nutzende sollen in der Lage sein, alle Grünflächen ohne Einschränkungen zu erkunden. Hilfreich für den Kontext ist eine für die Anwendung optimierte Hintergrundkarte mit schnellen Ladezeiten.
- **Suchen nach Grünflächen aufgrund ihrer Eigenschaften:** Nutzer*innen sollen Grünflächen direkt anhand deren Eigenschaften (Größe, Ausstattung etc.) filtern können
- **Suchen nach Grünflächen aufgrund ihrer Eignung für Freizeitaktivitäten:** Den Nutzer*innen werden eine Liste von Aktivitäten angeboten

- **Darstellung von Ausstattungsobjekten über Points of Interest (POIs)** als Hilfestellung der Orientierung und um Reichhaltigkeit der Grünflächen visuell darzustellen. Letzteres soll Nutzende ermutigen, auch weiter entfernte Grünflächen zu besuchen. Tatsächlich wurde festgestellt, dass Nutzende längere Reisezeiten in Kauf nehmen, wenn die Grünflächen reichhaltig ausgestattet sind (Zwierzchowska et al., 2018).
- **Darstellen einer Route vom aktuellen Standort zu einer Grünfläche:** Da die Erreichbarkeit von Grünflächen deren Nutzungshäufigkeit maßgeblich beeinflusst (Schipperijn et al., 2010), soll eine Routingfunktion entwickelt werden, welche die Faktoren wie Lärm, Grünheit oder Verschattung berücksichtigt, um auch den Besuch für weiter entfernte Grünflächen möglichst attraktiv zu machen (Wu et al., 2020). Um eine nachhaltige Mobilität zu fördern, werden Routen nur für Fußgänger*innen und Radfahrer*innen bereitgestellt.
- **Anzeige von Hintergrundinformationen** über eine separate Informationsseite.
- **Datenschutz:** es sollen möglichst wenig personenbezogene Daten verarbeitet werden.

### 2.2.2 Konzept

Die Anwendung basiert auf dem Konzept der kulturellen Ökosystemleistungen und verknüpft die von den Grünflächen angebotenen Dienstleistungen mit der Nachfrage nach diesen Dienstleistungen. Die unterschiedlichen Sucheinstiege und die Möglichkeit zur individuellen Anpassung der Gewichtung der Indikatoren verwirklicht die Personalisierung des Konzepts der kulturellen Ökosystemleistungen und ermöglicht damit die Einbeziehung der individuellen Nutzungsbedürfnisse.

#### Indikator-basierter Bewertungsansatz

Im Zentrum der Anwendung steht ein Entscheidungsunterstützungssystem. Für die Bewertung der Ökosystemleistungen wurde ein zweistufiger Indikator-basierter Ansatz entwickelt (Krellenberg, et al., 2021), der darauf abzielt, auf Nachfrageseite, eine Verknüpfung von Grünflächenkriterien mit Freizeitaktivitäten herzustellen und auf der Angebotsseite den Erfüllungsgrad der relevanten Kriterien mit Hilfe von GIS-basierten Indikatoren zu quantifizieren. (Abb. 6). Das Entscheidungsunterstützungssystem definiert sich durch das Wissen zu den Nutzerbedürfnissen, speziell die angebotenen Entscheidungsalternativen (Aktivitäten), die zugehörigen Kriterien und deren Gewichtung. Die Bewertung der Eignung einer Grünfläche erfolgt dann basierend auf den GIS-basierten Indikatoren.

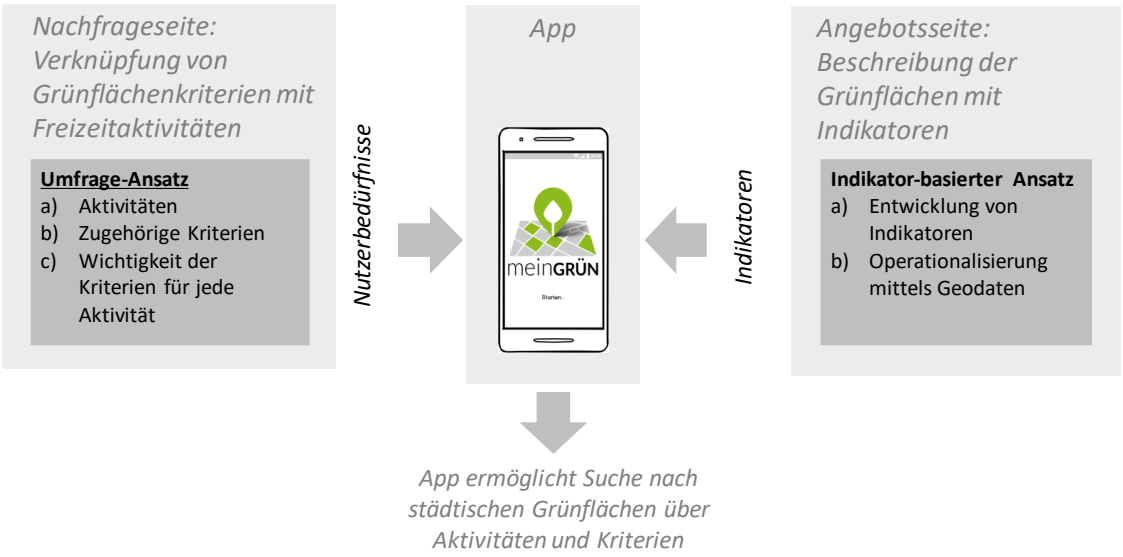


*Abb. 6: Indikator-basierter Bewertungsansatz als Grundlage für die Entwicklung der meinGrün-App*
*Quelle: verändert nach Krellenberg et al. 2021)*

### Umsetzung als progressive Web-App

Die technische Umsetzung der Front-End-Anwendung erfolgte in Form einer Progressive Web App (PWA), welche Eigenschaften von Websites mit denen nativer mobiler Apps vereint (Biørn-Hansen et al., 2017), um ein möglichst breites Spektrum an Nutzer*innen zu erreichen. Während ältere Menschen lieber einen PC verwenden, haben jüngere Anwender*innen möglicherweise nur ein Smartphone. Deshalb war es wichtig, die Lauffähigkeit der App auf möglichst vielen unterschiedlichen Gerätekategorien und Plattformen zu gewährleisten.
Ein PWA-Architekturkonzept lässt dies zu und nutzt standardisierte Basis-Webtechnologien, die auf allen relevanten Endgeräteklassen zur Verfügung stehen. Die Anwendung passt sich an die jeweils unterschiedlichen Ausstattungen und Möglichkeiten der Geräte an. Das User Interface skaliert mit der jeweiligen Größe des Bildschirms, Ortungsfunktionen werden verwendet, wenn vorhanden und von Benutzer*innen autorisiert. Die Anwendung wird initial wie eine Webseite aufgerufen, z. B. durch Klicken eines Links, Eingabe der URL oder Scannen eines QR-Codes. So kommt es auch zu keiner Abhängigkeit von herstellerspezifischen App-Stores, in denen die Veröffentlichung von Apps an bestimmte, teils langwierige Prozesse geknüpft ist. Obwohl eine PWA keine Installation erfordert, kann sie vom Nutzenden im Gerät installiert werden, damit sie wie andere Apps vom Homescreen oder Desktop gestartet werden kann.

### Dynamisches Suchformular und weitere Inhalte

Die Formulare, die in der App von Benutzer*innen für die Grünflächensuche verwendet werden, sind sehr umfangreich und stark abhängig von der Art und Struktur der Grünflächendaten im Back-End. Deshalb wurde bereits beim Start des Projekts ein System entwickelt, welches es den Projektpartner*innen, die sich mit der Datenaufbereitung beschäftigen erlaubt, die Formulare in der App zu verändern, ohne dafür am Code der App Änderungen vornehmen zu müssen. Für die Suchformulare wird je eine Beschreibung im Back-End vorgehalten, die von der App beim Starten geladen und in das tatsächliche Formular umgesetzt werden. Auch andere Daten wie Hilfetexte und Grafiken, die in der App verwendet werden, werden zur Laufzeit von der meinGrün-API geladen. Für die Pflege dieser Inhalte in der App sind daher keine Softwareentwickler erforderlich.

### Darstellung einer Karte mit Grünflächen

Das größte Element der Benutzeroberfläche ist die Karte, die fast den gesamten Bildschirm einnimmt. Die Zoomstufe kann mit Buttons oder mittels einer Touch-Geste verändert werden. Die Ortungsfunktion des Endgeräts kann genutzt werden, um den Anwender*innen den eigenen aktuellen Standort auf der Karte zu zeigen, wenn dies erlaubt wurde. Der Standort dient dann auch als Startpunkt für die Routenberechnung. Nach dem Starten werden alle Grünflächen der Stadt angezeigt. Durch Auswählen einer Fläche werden weitere Informationen wie Name und Eignung angezeigt.

### Suche nach Grünflächen

Das Suchfeld ist der Einstieg in die Suche nach Grünflächen. Es gibt drei Suchmöglichkeiten: Bei der (1) Kriteriensuche werden die Eigenschaften der gewünschten Grünflächen festgelegt, bei der (2) Aktivitätensuche wird ausgewählt, für welche Aktivität die gesuchten Flächen geeignet sein sollen und bei der (3) Schnellsuche kann der/die Benutzer*in aus vordefinierten Begriffen (Kriterien, Aktivitäten aber auch Ortsbezeichnungen) einen passenden auswählen. Die Suchanfrage wird über HTTPS an die meinGrün-API geschickt, welche als Antwort die Flächen mit der besten Eignung zurückliefert (siehe 2.2.4.1). In der App werden die Suchergebnisse dann direkt in der Karte angezeigt. Zusätzlich gibt es eine Ergebnisliste der Flächen mit ihrer Eignung, Name und Entfernung.

### Routing

Nachdem in der App eine gewünschte Grünfläche als Zielpunkt ausgewählt wurde, lassen sich im zugehörigen Dialog verschiedene Routenvorschläge anfordern. Dabei kann als Startpunkt der aktuell vom Endgerät ermittelte Standort verwendet oder manuell ein Startpunkt festgelegt werden. Zudem kann das gewünschte Fortbewegungsmittel - zu Fuß oder mit dem Fahrrad - ausgewählt werden. Anschließend werden von der App vier Anfragen an den Routingdienst geschickt, um jeweils einen schnellen, grünen, leisen und schattigen Routenvorschlag zu erhalten. Die berechneten Routen sowie Informationen zu Dauer und Länge der Routen werden an die App zurückgeliefert und in der Karte angezeigt. Die unterschiedlich grüne Färbung der einzelnen Routenabschnitte zeigt die jeweilige lokale Grünheit an - das heißt wie viel Vegetation im Umkreis des Routenabschnittes vorhanden ist.

### Hintergrundkarte

Für meinGrün wurde eine eigene Basiskarte entwickelt, die besonders die Grünflächen hervorhebt und deren Stil an die MeinGrün-App und verwendete Symbole angepasst ist. Auf diese Art wird auch ein Wiedererkennungswert geschaffen - die Karte ist die größte sichtbare Fläche in der App.

### Informationsseite in der App

Für Nutzungsbedingungen, Nutzungshinweise, Angabe von Datenquellen, Impressum und Informationen zum Datenschutz wurde in der App ein Informationsbereich vorgesehen. Von verschiedenen Stellen in der App wird zu diesem Informationsbereich verlinkt, er kann aber auch direkt über einen Button (i-Symbol) geöffnet werden. Die Texte werden vom meinGrün-Back-End geladen und sind somit bei Bedarf einfach zu ändern. In den Nutzungsbedingungen stehen Hinweise zur Haftung, zum Urheberrecht, zur Förderung des Projekts und Informationen zu den beteiligten Institutionen. Bei den Nutzungshinweisen handelt es sich um Informationen, die teilweise aus den städtischen Verordnungen entnommen sind. Dazu gehören Hinweise, dass Verbotsschilder sowie Öffnungs- und Nutzzeiten vor Ort beachtet werden müssen. Die Datenschutzerklärung informiert über die Verantwortlichen der App, den Datenschutzbeauftragen, Zweck und Dauer der Datenverarbeitung und Rechte der Nutzer*innen. Unter der Kategorie „Datenquellen“ wird offengelegt, welche Daten und Berechnungsmethode für die Bewertung der Kriterien verwendet wurden. Diese wurden, wenn nötig, auch zwischen Heidelberg und Dresden unterschieden. Diese Informationsseite lässt sich problemlos um weitere Aspekte erweitern.

## 2.2.3 Front-End

### Allgemein: UI Design

Bei der Entwicklung der MeinGrün-App als responsive PWA (s. Kapitel 2.2.2.) musste dafür gesorgt werden, dass die Anwendung auf unterschiedlich großen Displays gleichermaßen gut bedienbar ist (s. Abb. 7 und Abb. 8). Insbesondere die reduzierte Breite auf mobilen Endgeräten stellte eine Herausforderung dar. So musste festgelegt werden, ab welcher Breite welche Bedienelemente untereinander statt nebeneinander platziert werden, welche Bedienelemente zu welcher Zeit im Fokus stehen oder weniger wichtig sind und gegebenfalls ausgeblendet werden können. Aber auch Grafiken und Symbole mussten teilweise für unterschiedliche Bildschirmgrößen unterschiedlich gestaltet werden. Als UI-Framework wurden Angular Material verwendet, um die Webanwendung unter Einhaltung moderner Webdesign-Prinzipien zu entwickeln.

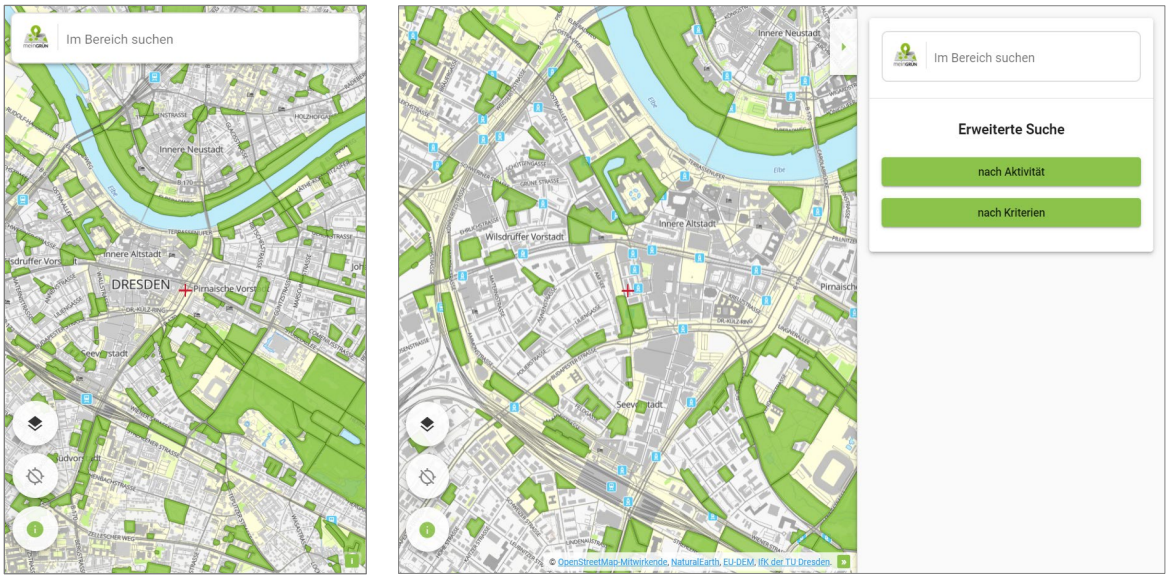


*Abb. 7: Unterschiedliche Darstellung der Karte mit Sucheinstieg auf Smartphone (links) vs. Desktop (rechts)*

*Abb. 8: Unterschiedliche Darstellung Kriteriensuche auf Smartphone (links) vs. Desktop (rechts)*

## Kartendarstellung

Für die grafische Darstellung der Karte kommt die Javascript-Bibliothek OpenLayers zum Einsatz. Sie wird für die Anzeige der Karte, der Grünflächen und POIs verwendet. Die Karte selbst wurde speziell für meinGrün entwickelt und wird vom meinGrün-Kartendienst geladen (siehe Kapitel 2.5.5).

## Grünflächensuche

Nach der initialen Auswahl der Stadt (Abb. 9) und der optionalen Freigabe der Ortungsfunktion stehen dem Nutzer, neben der Möglichkeit direkt in der Karte nach Grünflächen zu suchen, drei Sucheinstiege zur Verfügung:

- die Suche anhand einer gewünschten Aktivität (Aktivitätensuche),
- die Suche anhand einer freien Kombination gewünschter Eigenschaften der Grünfläche (Kriteriensuche),

- die Freitextsuche (Schnellsuche).

Die Aktivitätensuche bietet die Möglichkeit, Grünflächen anhand einer gewünschten Tätigkeit zu suchen. Um die Suche zu vereinfachen, wurden die Aktivitäten in die Bereiche „Aktiv im Grünen“ (Joggen, Skaten,...) und „Entspannt im Grünen“ (Spazieren gehen, Grillen, Buch lesen,...) unterteilt. Jeder Aktivität sind vordefinierte Indikatoren zugeordnet sowie die Gewichtung der unterschiedlichen Indikatoren festgelegt. Nach Auswahl der Aktivität besteht die Möglichkeit, die vordefinierte Standard-Gewichtung anzupassen (Abb. 10, links).

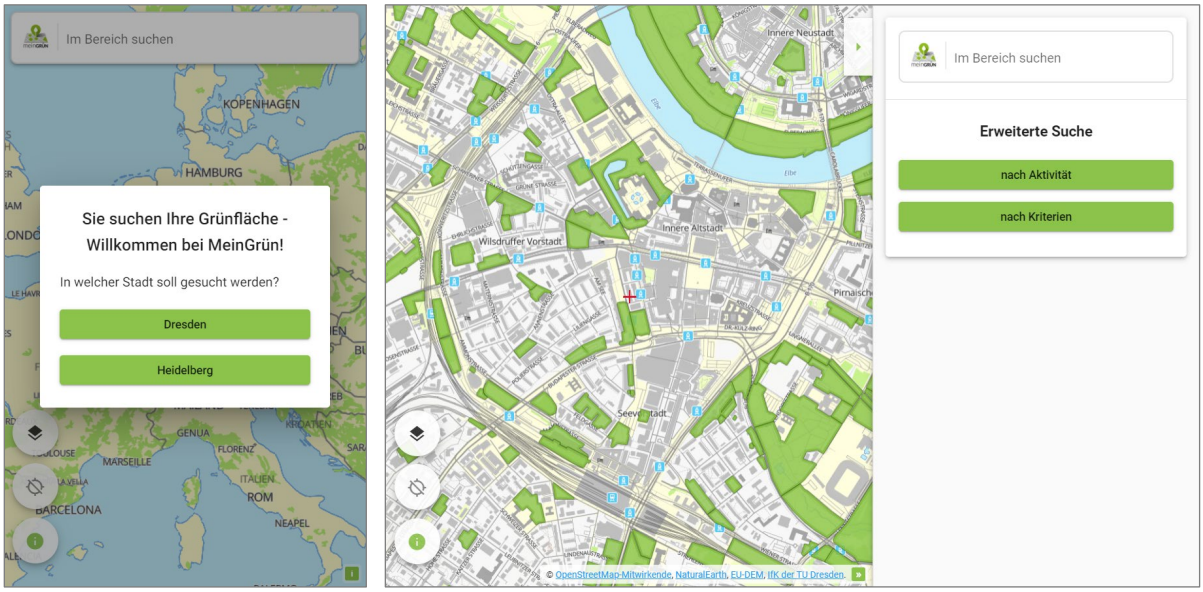


*Abb. 9: User Interface: Startbildschirm mit Auswahl der verfügbaren Städte (links), Kartenausschnitt für Dresden mit Sucheinstieg (rechts).*

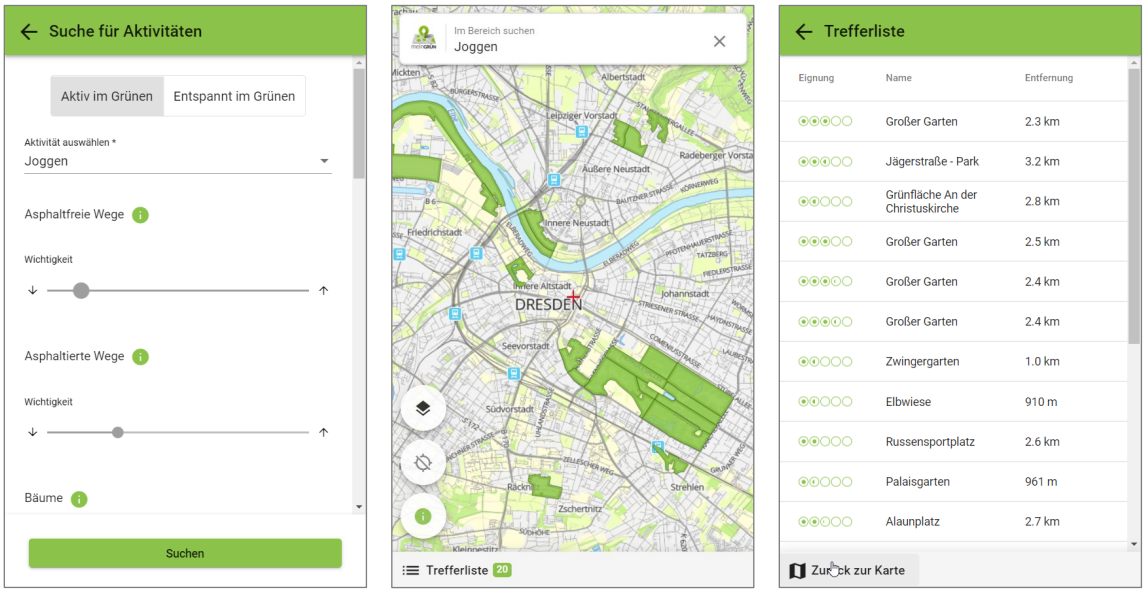


*Abb. 10: User Interface: Optionale Anpassung der Suchkriterien (links), und Ergebnisdarstellung auf der Karte mittels Hervorhebung der geeigneten Grünflächen durch dunklen Grünton (Mitte) und als sortierbare Liste (rechts).*

Die Suchanfrage liefert eine Liste der Grünflächen zurück, die für die Aktivität geeignet erscheinen. Die Ergebnisse werden sowohl als geordnete Liste (inklusive Anzeige der Güte der Eignung) dargestellt, als auch in der Karte hervorgehoben (Abb. 10). Nach Auswahl der Grünfläche über die

Liste oder über die Karte, wird die Zoomstufe angepasst und die Karte auf die Grünfläche zentriert. Zudem werden in und in der Nähe der Grünfläche gelegene Points of Interest (POIs), wie z. B. Bänke, Toiletten, Restaurants, über Symbole in der Karte dargestellt (Abb. 11).

Sobald eine Grünfläche ausgewählt wurde, steht im unteren Bildschirmbereich über das „Los“ Element die Möglichkeit zur Routenanfrage zur Verfügung. Routen können für Fußgänger*innen oder Fahrradfahrer*innen angefragt werden. Es werden bis zu vier Routenoptionen angezeigt (schnellste, grüne, leise, schattige Route) (Abb. 12). Falls mehrere Routen übereinstimmen, werden diese zusammengefasst. Über Icons an den Routen kann zwischen den Routenoptionen gewechselt werden. Die ausgewählte Route wird jeweils mit Grüntönen dargestellt, welche die Grünheit entlang der Route symbolisieren. Je Route wird die Länge der Route und das ausgewählte Fortbewegungsmittel (Fahrrad oder zu Fuß) angezeigt.

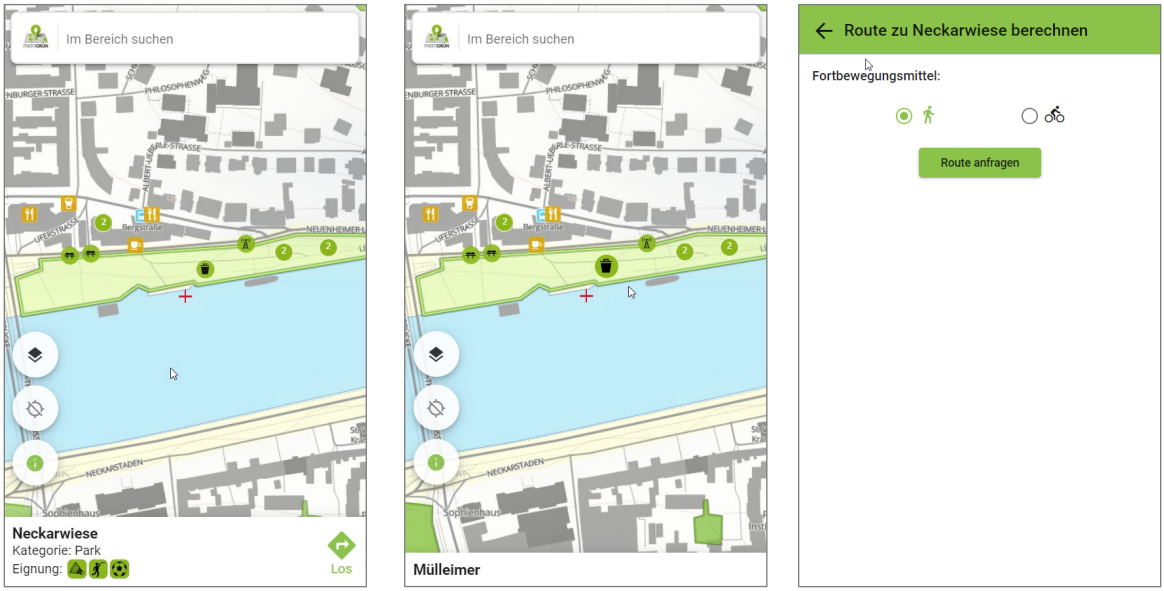


*Abb. 11: User Interface: Nach Auswahl einer Grünfläche werden zusätzliche Informationen zu POIs in der Grünfläche oder deren unmittelbaren Umgebung in der Karte angezeigt (links). Durch Klicken auf einen POI wird dessen Beschreibung angezeigt (Mitte). Über das „Los“-Symbol im unteren Bereich besteht die Möglichkeit, eine Route anzufragen. Hierbei kann zwischen Routen für Fußgänger und Fahrradfahrer gewählt werden (rechts).*

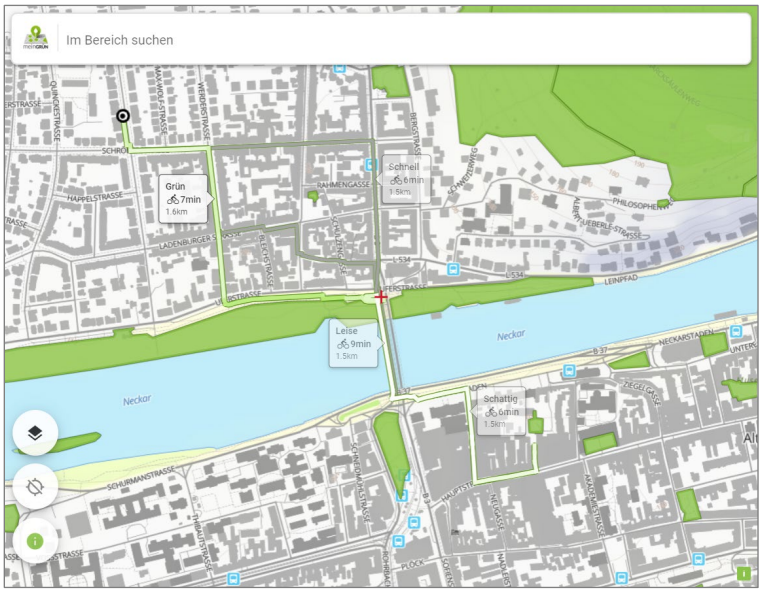


*Abb. 12: User Interface: Anzeige der Routenoptionen. Es werden bis zu vier Routenoptionen angezeigt (schnellste, grüne, leise, schattige Route). Falls (wie hier) mehrere Routen übereinstimmen, werden diese zusammengefasst. Über die Icons kann zwischen den Routenoptionen gewechselt werden. Die ausgewählte Route wird jeweils mit Grüntönen dargestellt, welche die Grünheit entlang der Route symbolisieren*

## 2.2.4 Back-End-Komponenten

### 2.2.4.1 meinGrün-API

Die meinGrün-API bietet einen Autorisierungsdienst, einen Datendienst und einen Suchdienst an.

#### Autorisierungsdienst

Der Autorisierungsdienst wird für die Generierung und Bereitstellung eines Bearer-Tokens verwendet, um einen unberechtigten Zugriff auf die API zu verhindern. Die Endanwender*innen kommen mit diesem Dienst nicht direkt in Berührung.

#### Datendienst

Der Datendienst stellt die für die App-Nutzung notwendigen Daten bereit, das sind die öffentlichen Grünflächenpolygone, POIs und Formulardaten. Die öffentlichen Grünflächen werden als GeoJSON-Objekte bereitgestellt und durch zusätzliche POIs erweitert. Diese punktförmigen Geometrien und die damit verknüpften Sachdaten ergänzen eine Grünfläche um Details und sollen zudem die Orientierung erleichtern.  Sie werden durch Icons visualisiert, die ebenfalls vom Datendienst - im SVG-Format - an die App geliefert werden. Die Daten des Suchformulars werden als JSON bereitgestellt, das alle notwendigen Parameter für den Suchdienst enthält, und als Suchdialog gerendert. Zusätzlich werden allgemeine Informationen zur App, wie Nutzungsbedingungen, Datenquellen und Impressum als HTML im Rahmen dieses Dienstes bereitgestellt.

#### Suchdienst

Der Suchdienst bearbeitet die Suchanfragen zum Finden geeigneter Grünflächen, indem er drei verschiedene Suchfunktionen bereitstellt. Alle akzeptieren eine Suchanfrage mit relevanten Einstellungen (z. B. Suchparameter, aktuelle Kartenausdehnung) und geben als Antwort ein GeoJSON zurück, dass die Geometrieobjekte sowie die Entfernung zur aktuellen Position und eine Eignungsbewertung für jede Grünfläche enthalten:

- **Aktivitäten-Suche**: Diese Funktion liefert Grünflächenpolygone, die für bestimmte Aktivitäten besonders geeignet sind. Es werden insgesamt 20 verschiedene körperliche- (z. B. Joggen, Frisbee oder Tischtennis) und passive Freizeitaktivitäten (z. B. Lesen, Naturbeobachtung oder Sonnenbaden) berücksichtigt. Die Funktion nimmt eine Suchanfrage entgegen, die den Kartenausschnitt, die gewählte Aktivität sowie die voreingestellten oder ggf. geänderten Gewichtungen der mit der gewählten Aktivität verbundenen Kriterien enthält. Der von dieser Funktion für jede Grünfläche erzeugte Eignungs-Score zeigt an, wie geeignet sie für die Ausübung der gewählten Aktivität ist. Die Berechnung der Scores folgt einem Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Konzept, das im nächsten Abschnitt näher beschrieben wird (siehe).
- **Kriterien-Suche**: Die Ein- und Ausgaben dieser Funktion sind ähnlich wie bei der Aktivitäten-Suche, da die Score-Berechnung ebenfalls dem oben erwähnten MCDM-Konzept folgt. Die Bewertung zeigt an, wie gut die Grünflächen ein oder mehrere ausgewählte Kriterien erfüllen, wobei insgesamt 36 Kriterien zur Auswahl stehen (siehe 2.2.1). Die Kriterien können nach Belieben kombiniert und gewichtet werden.
- **Schnell-Suche**: Die Schnell-Suche ermöglicht die Suche über einen freien Text, wie z. B. Aktivitäten, Grünflächenkriterien oder Ortsnamen. Mittels einer Autovervollständigung auf Basis eines definierten Wörterbuchs wird nach jeder Eingabe eines Buchstabens eine Trefferliste zurückgegeben. Eine Suche nach "gr" würde z. B. "grün" oder den Ortsnamen des Parks "Großer Garten" in der Trefferliste zurückgeben.

### Berechnung des Eignungs-Scores

Das MCDM-Konzept wird für die Aktivitäten- und Kriteriensuche implementiert. Bei der Aktivitätensuche wird auf Basis der Kriteriengewichte und Kriterienwerte (d. h. normalisierte Indikatoren) der ausgewählten Aktivität ein Eignungswert (Score) zwischen 0 und 1 für die Grünflächen berechnet. Bei der Kriteriensuche wird eine Eignung für die Grünflächen nur auf der Grundlage der Kriteriengewichte und -werte (d. h. normalisierte Indikatoren) der ausgewählten Kriterien berechnet. Für die Berechnungen werden die folgenden Formeln verwendet (siehe hierzu auch Cakir et al., 2021):

- Erstens werden die Kriteriengewichte auf der Grundlage der benutzerdefinierten Kriterienwichtigkeitswerte berechnet:

$$Wi = \frac{Pi}{\sum_{i=1}^{n} Pi}$$

  wobei Wi und Pi die berechneten Gewichte und die benutzerdefinierten Kriterienwichtigkeitswerte darstellen. n ist die Gesamtzahl der Kriterien.

- Zweitens wird die Eignung wie folgt berechnet:

$$S = \sum_{i=1}^{n} Vi \times Wi$$

  wobei S der berechnete Eignungswert für eine Grünfläche ist. Vi und Wi zeigen jeweils die normalisierten Indikatorwerte und Kriteriengewichte.

### 2.2.4.2 Routingdienst

Der **Routingdienst** in der meinGrün-App dient dazu, den Nutzer*innen verschiedene Routen von ihrem Standort zu der gewünschten Grünfläche vorzuschlagen. Da bei der Nutzung der App der Erholungsfaktor im Vordergrund steht, wird hier nicht nur die schnellste Route vorgeschlagen, sondern auch eine grüne, leise und schattige Route.

Der Routingdienst der meinGrün-App wurde basierend auf dem OpenRouteService entwickelt (siehe 2.5.4). Details zur Implementierung sind in Abschnitt 3.4.3 beschrieben. Die Routenanfrage wird von der App mittels POST-Request an die API des Routingdienstes geschickt. Diese Anfrage enthält neben dem Start- und Zielpunkt der Route weitere Parameter wie zum Beispiel das gewünschte Fortbewegungsmittel oder die Art der angefragten Route (schnell, grün, leise oder schattig), welche als JSON enkodiert an den Routingdienst gesendet werden. Für jede der vier vorgeschlagenen Routen - schnell, grün, leise, schattig - wird daher eine separate Anfrage an den Routingdienst gesendet.

Die Antwort des Routingdienstes wird ebenfalls als JSON enkodiert zurückgeliefert und enthält neben dem Routenverlauf, enkodiert als GeoJSON, auch Angaben über die Gesamtdauer und Länge der Route sowie die Grünheit der einzelnen Routenabschnitte. Diese Informationen werden vom Front-End ausgelesen und in der Karte in der App dargestellt (Abb. 13).

*Abb. 13: Angezeigt werden verschiedene Routenoptionen für den Weg vom Ausgangspunkt zu einer zuvor anhand der Eignung ausgewählten Grünfläche in Heidelberg. Im Beispiel führt die grüne Route entlang des begrünten Neckarufers, während die schattige Route durch das Wohngebiet führt, wo die Gebäude mehr Schatten spenden. Die grüne Route nimmt dabei einen Umweg von 1 Minute in Kauf, die schattige Route 5 Minuten. Die ausgewählte Route zeigt anhand der Farbcodierung die Grünheit der einzelnen Wegsegmente an.*

### 2.2.4.3 Kartendienst

Für die MeinGrün-App ist ein eigener Kartendienst mit eigenem Kartenstil vom Institut für Kartographie der TU Dresden entwickelt worden, um dem App-Nutzenden eine für die Anwendung optimierte Hintergrundkarte anzubieten, die gegenüber anderen Kartendiensten, wie z. B. die OpenStreetMap-Standardkarte, die die sich durch eine deutlich schnellere Ladezeit auszeichnet.

Die Karte wird selbst gehostet und durch ein URL-Template mit den Variablen XYZ (Zeilen, Spalten und Zoomstufen der Kartenkacheln als Rastergrafiken) nach Bedarf geladen. Die Kartenkacheln sind auf dem Server der Anwendung gecached, um einen schnelleren Zugriff zu ermöglichen. Im Format „MBTiles“ liegen die vorgenerierten Kartendaten auf dem Server und werden nach einem vorgegebenen Kartenstil in Rastergrafiken durch den TileServer GL konvertiert. Neben den bisher verwendeten Raster Tiles ist die Nutzung von Vektor Tiles bereits möglich, aber nicht in Verwendung. Es ist aber ebenfalls möglich, bei Bedarf andere Karten einzubinden und so verschiedene Hintergrundkarten anzubieten.

Der Fokus der Karte für die Anwendung liegt auf der Darstellung von potenziell geeigneten Flächen für die Erholung: Wiesen und Wäldern, welche natürlich in Grün dargestellt werden, und damit die

Leitfarbe aufnehmen. Als weitere wichtige Objekte wurden Verkehrswege (Straßen, Wege, Haltestellen, Eisenbahnlinien), Gebäude, Gewässer und das Relief identifiziert und in die Darstellung integriert. Dabei wurde ein minimalistischer Ansatz verfolgt. Wobei die wichtigsten Objekte beschriftet wurden. Die Geländedarstellung erfolgt mittels Höhenlinien und Schummerung. Die meisten POIs werden erst bei Bedarf durch die App eingeblendet und sind deshalb nicht in der Karte integriert.

## 2.3 meinGrün-Dashboard (Feedbacksystem)

### 2.3.1 Anforderungen

Mithilfe des Feedbacksystems sollten Einstellungen, Meinungen und Verhalten der Nutzenden auf direktem und indirektem Wege gesammelt werden können. Dazu wurde recherchiert, wie ein solches Feedbacksystem in anderen, ähnlichen Apps bereits umgesetzt wird und welche Hinweise es in der Literatur für die Gestaltung von Feedbackfragen gibt. Dabei wird grundlegend zwischen implizitem und explizitem Feedback unterschieden. Das explizite Feedback wird von den Nutzenden wissentlich und willentlich gegeben. Das implizite Feedback ergibt sich aus der Nutzung der App (aufgezeichnetes Nutzerverhalten). Zielgruppen des Feedbacksystems sind die Wissenschaft und Stadtverwaltungen, die aus dem Feedback Verbesserungs- und Handlungsmöglichkeiten ableiten können.

Nutzerfeedback bietet die Möglichkeit der Kommunikation zwischen Nutzenden und Betreibenden und kann somit langfristig die Attraktivität und Qualität einer mobilen Anwendung in ihrem Lifecycle sicherstellen. Anhand von Nutzungsinformationen sowie der Erfassung von Fehlern und Verbesserungsvorschlägen wird gewährleistet, die App als offenes System zu verbessern und Informationen von den Nutzenden zu gewinnen. Insbesondere durch das Sammeln und Auswerten von Informationen aller Nutzenden durch implizites Feedback können Rückschlüsse auf das Nutzerverhalten geschlossen werden.

Die meinGrün-App verfolgt mit der Implementierung des Feedbacksystems das Ziel, ihre Nutzergruppen zunächst zu identifizieren und diese besser verstehen zu können. Es sollen Informationen über die Nutzungsvorstellungen und –wünsche auf Grünflächen gesammelt werden. Zudem soll erforscht werden, welche Grünflächenkriterien den Nutzenden wichtig sind und wie sie von den Nutzenden subjektiv wahrgenommen bzw. auf den Grünflächen beurteilt werden. Darüber hinaus gilt es auch, das Mobilitätsverhalten bzw. mögliche Änderungen im Mobilitätsverhalten, die auf die Nutzung solch einer App zurückzuführen sind, zu erforschen.

Um die Qualität der App langfristig sicherzustellen, soll die Zufriedenheit der Nutzenden zum einen mit den vorgeschlagenen Grünflächen und Routen aber auch mit der allgemeinen User Experience abgefragt werden. Schlussendlich können die gesammelten Feedback-Informationen dazu genutzt werden, die Planung urbaner Grünflächen zu optimieren.

Aus Sicht der Entwickler*innen sollte sichergestellt werden, dass sich die Komponenten zum Erfassen von explizitem und implizitem Feedback in unterschiedliche Webanwendungen integrieren lassen und somit unabhängig von einem spezifischen Web-Framework sind. Zudem sollen grafische Elemente der Feedback-Komponenten an die Gestaltung der integrierenden Webanwendung angepasst werden können, damit eine einheitliche Gestaltung gewährleistet werden kann.

### 2.3.2 Konzept

#### Konzeptionelle Umsetzung – Aufbau des Feedbacksystems

Unter Berücksichtigung der für die meinGrün-App zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten und der in der Literatur angeführten Erkenntnisse wurde festgelegt, das

Feedbacksystem zum einen implizit, also durch das passive „tracken“ anonymisierter Nutzendendaten auszurichten, und zum anderen mit Hilfe expliziter Nutzendenumfragen innerhalb der App gezielte Befragungen durchführen zu können.

Das User Feedback System wurde so konzipiert, dass es die Basis für eine gesamtheitliche Untersuchung über Ansprüche bei der Grünflächennutzung (auch im Kontext spezifischer Nutzergruppen) sowie die Zufriedenheit der Nutzenden mit der vorhandenen Grünflächenausstattung und die Zufriedenheit mit der technischen Umsetzung der mobilen Anwendung darstellen kann (Abb. 14). Mithilfe des Feedbacksystems soll implizites und explizites Feedback der Nutzenden gesammelt, analysiert, ausgewertet und visualisiert werden. Eine Verknüpfung der durch die explizit gesammelten Umfrage-Ergebnisse mit den implizit gesammelten Informationen zum Nutzungsverhalten der Anwendung ist dabei möglich (siehe unten). Als Datenerhebungsinstrument für das explizite Nutzerfeedback wird ein Umfragedialog eingesetzt, für das implizite Nutzerfeedback wird ein Ereignis-Tracker verwendet. Für die generelle Verwaltung von Umfragen und Ereignissen einer Webanwendung und der Auswertung des gesammelten Nutzerfeedbacks stellt ein webbasiertes Dashboard geeignete Funktionen bereit.

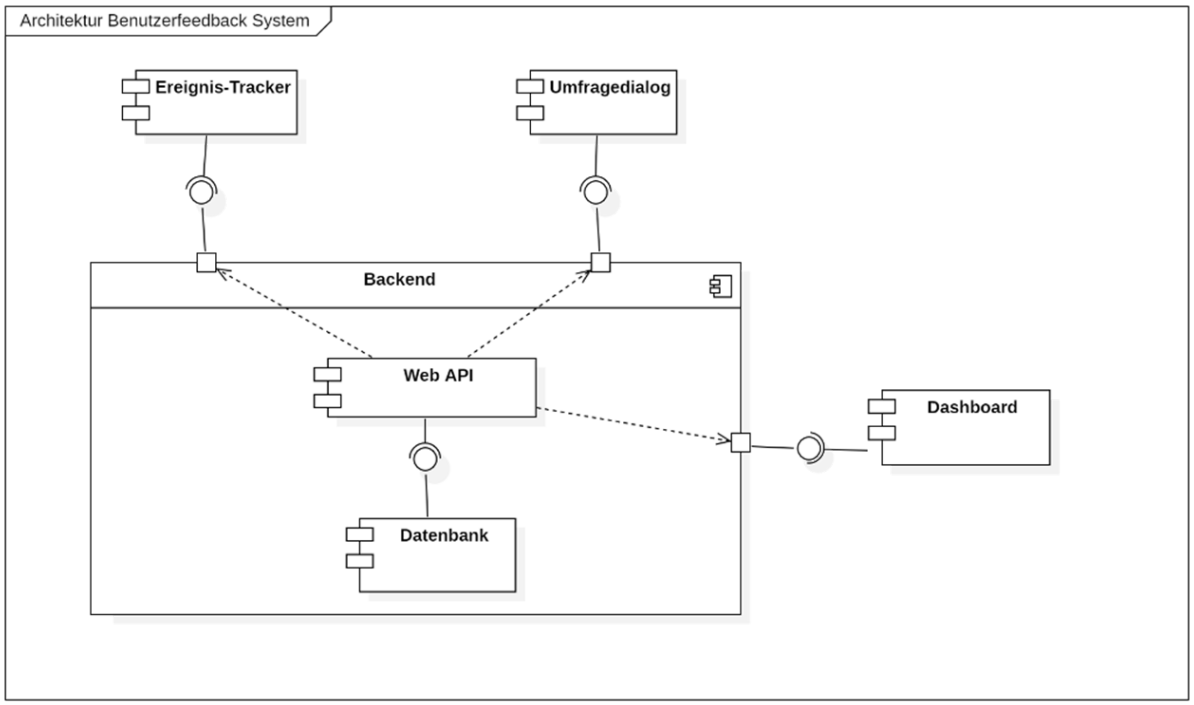


*Abb. 14: Architektur des Feedbacksystems*

## Dashboard

Das Dashboard ist die Schnittstelle zwischen den impliziten und expliziten Feedbacks und stellt somit die zentrale Plattform des Feedbacksystems dar. Hier können die Umfragen des expliziten Feedbacks erstellt und bearbeitet werden, sowie die aktuellen Ergebnisse der Umfragen grafisch angezeigt und als CSV-Datei exportiert werden. Auch die Ergebnisse des impliziten Feedbacks können hier als CSV-Datei exportiert werden.

Das Feedbacksystem funktioniert im Produktiv- und im Testsystem gleichermaßen, die beiden Systeme sind jedoch nicht miteinander verknüpft. So müssen neu angelegte Umfragen, die ggf. zunächst im Testsystem erprobt werden, anschließend auch im Dashboard des Produktivsystems manuell implementiert werden. Um jedoch ein unbeeinflusstes Funktionieren des Feedbacksystems

zu gewährleisten, sollten Funktionstests in der App (z. B. das Testen neuer Umfragen aber auch das Nutzen der App zur Funktionsüberprüfung durch Personen aus dem Entwickler*innenteam) nur im Testsystem durchgeführt werden. So kann verhindert werden, dass gesammelte Feedbackdaten von Entwickler*innen das Gesamtergebnis der getrackten Nutzungsdaten beeinflussen.

### Explizites Feedback

Explizites Feedback wird in der meinGrün-App über Umfrage-Dialoge erhoben. Diese Umfragedialoge werden im Dashboard unter „surveys“ angelegt und können stets angepasst und gelöscht werden. Im Dashboard können auch die Umfrage-Ergebnisse grafisch dargestellt oder als CSV heruntergeladen werden.

Beim Erstellen von Umfragedialogen kann zwischen geschlossenen Fragen mit Skala, Ja-Nein-Fragen und offenen Fragen gewählt werden. Die Antworten auf offene Fragen werden über ein Textfeld erfasst und Antworten auf geschlossene Fragen über eine Skala, deren Abschnitte benannt werden können. Ein Umfragebogen kann mehrere einzelne Fragen enthalten. Die folgende Abbildung zeigt die in der meinGrün-App möglichen Umfrageformen (Skalen, offene Fragen, Ja-Nein-Fragen, s. Abb. 15).

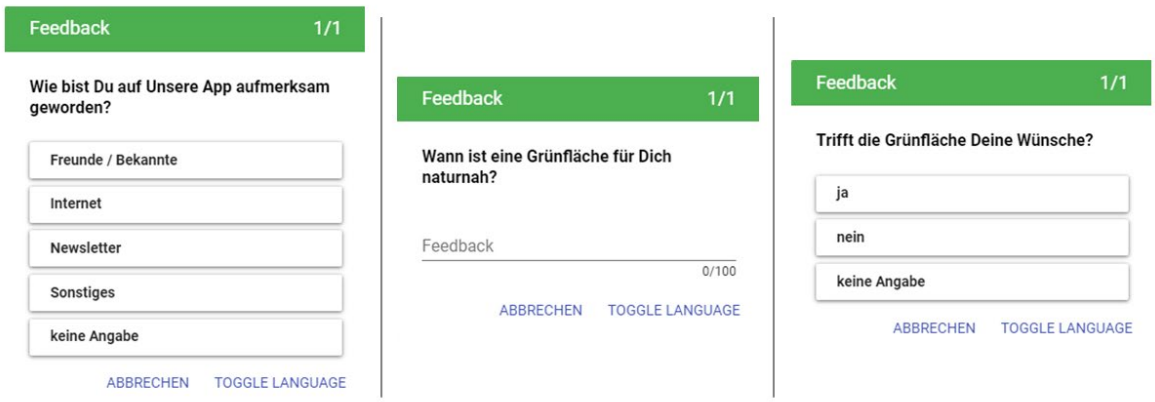


*Abb. 15: Beispiele zu den Umfrageformen (Skalen, offene Fragen, Ja-Nein-Fragen)*

Die Darstellung des Umfragedialogs ist für mobile Endgeräte optimiert. Auf einem mobilen Endgerät mit geringer Displaybreite wird der Dialog als Vollbild dargestellt. Auf Desktop-Geräten mit ausreichend Platz wird der Umfragedialog als modaler Dialog angezeigt. Der Umfragedialog wurde mithilfe des Webkomponentenstandards[1] umgesetzt. Dieser Standard ermöglicht es, wiederverwendbare Komponenten für das Web zu erstellen.

Es ist hervorzuheben, dass gemäß der UX-Ansprüche an eine zielführende und nicht störende Feedback-Abfrage berücksichtigt wurde, dass die Umfragen stets abgebrochen werden können. Zudem wird bei der Erstellung von Fragen mit Skalen-Antwort bzw. Ja-Nein-Fragen die Antwortoption „keine Angabe“ implementiert, um die Möglichkeit zu geben, einzelne Fragen zu überspringen ohne die gesamte Umfrage abzubrechen.

### Umfragedialog

Die Implementierung von Umfragen erfolgt über zwei Schritte. Zunächst muss die Umfrage im Dashboard über den Button „*create new survey*“ angelegt werden. In der Erstellübersicht kann nun eine Umfrage erstellt werden. Dabei müssen der Umfrage ein Name und eine Beschreibung

[1] Website des Webkomponentenstandards: https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/Web_Components

zugeordnet werden. Mit Hilfe des Buttons „*add question*“ können der Umfrage Fragen hinzugefügt werden. Diese muss, wie auch die anschließend zu formulierenden Skalen-Items (Antwortmöglichkeiten), auf Englisch und Deutsch angegeben werden, damit anschließend bei der Implementierung auf die jeweils passende Sprachversion zugegriffen werden kann. Als Antwortmöglichkeiten stehen Textfeld oder Skala zur Auswahl. Bei der Auswahl des Textfeldes als Antwortmöglichkeit wird die maximale Antwortlänge in Zeichen vorgegeben. Über die Auswahlmöglichkeit „*Skala*“ werden Felder bereitgestellt, mit denen Skalenantworten ermöglicht werden können. Es können über „*add scale item*“ beliebig viele Skalen-Items hinzugefügt und beschriftet werden. Im Rahmen der Konzeption der Umfragedialoge wurde festgelegt, die Zahl der Skalen-Items bei Fragen bezüglich der Zufriedenheit oder subjektiven Wahrnehmung auf fünf festzulegen (von sehr gut bis sehr schlecht). Ja-Nein-Fragen wurden ebenfalls über die Antwortmöglichkeit „*Skala*“ erstellt. Eine gewichtete Skala ermöglicht es, den Skalen-Items numerische Werte zu vergeben, welche für statistische Auswertungen verwendet werden können, wobei hier auch die Start- und Endpunkte für den Start und Endpol der Skala beschriftet werden können. Diese Funktion wurde in der Umsetzung für die meinGrün-App bisher nicht genutzt, da die Skalen-Items mit Text-Antworten gefüllt wurden. In der Aktionsleiste des Dashboards können die Fragen gelöscht oder in einer Vorschau angesehen werden.

Anschließend wird der Umfragedialog aus Sicht der Entwickler*innen über den Node Package Manager (NPM) installiert und als benutzerdefiniertes HTML-Element importiert um innerhalb des HTML-Dokuments verwendet zu werden. Zum Anzeigen des Umfragedialogs stehen dabei zwei Optionen zur Auswahl:

- Abfrage des Umfragedialog-Elements und Aufruf der Methode *show()* des Elements, um den Umfragedialog anzuzeigen.
- Die Umfragedialogkomponente definiert einen Platzhalter, der es ermöglicht, innerhalb der Komponente ein eigenes HTML-Element zu platzieren. Wird auf das Element geklickt, so wird der Umfragedialog angezeigt. Damit ein HTML-Element dem Platzhalter zugewiesen werden kann, muss es sich innerhalb des Markups der Webkomponente befinden und dem Element das Attribut *slot* gegeben werden, dessen Wert den Platzhalter referenziert. Die Referenz ist der Name des Platzhalters, welcher "*surveyTrigger*" heißt.

Innerhalb des meinGrün-Projektes wurden Umfragen im Dashboard angelegt und die geeigneten Umfragezeitpunkte festgelegt. Diese Umfragezeitpunkte wurden so festgelegt, dass sie gemäß des zweiten Kapitels stets beim Nutzenden erscheinen, sobald dieser die entsprechend dazugehörige Funktion abgeschlossen hat (z. B. Umfrage zur Zufriedenheit mit der Route direkt nach Erreichen der Grünfläche). Die konzeptionelle Entwicklung der Umfragen basierte auf den Forschungsfragen des Projektes und auf den Anforderungen an eine gute UX, die im Zuge der Literaturrecherche erarbeitet wurden. Zudem wurden die Umfragen an die technischen Möglichkeiten des Feedbacksystems angepasst.

Im Zuge der Entwicklung und einer Testphase der Umfragen hat sich ein Spannungsfeld ergeben: Zum einen sollen möglichst viele Daten über die Nutzer*innen gesammelt werden (z. B. im Zuge des Umfragebogens), zum anderen sollen die Daten möglichst anonymisiert bleiben. Auch die Forschungsfragen, z. B. bzgl. der subjektiven Wahrnehmung von Grünflächenkriterien wie z. B. ästhetische Schönheit oder Ruhe sollen durch explizite Umfragen erhoben werden, können aber durch eine zu hohe Anzahl an Feedback-Umfragen schnell das Nutzungsverhalten beeinträchtigen. So wurde in einem sorgfältigen Abwägungs- und Testprozess die festgelegten Umfragen mit den beschriebenen Umfragezeitpunkten festgelegt. Insbesondere die Abfragezeitpunkte wurden während der Testphase mehrfach angepasst. So sollten Umfragen zur Zufriedenheit mit der vorgeschlagenen Grünfläche und dem Routing erst angezeigt werden, wenn der Nutzende die Grünfläche schon einige Minuten besucht hat. Da jedoch hierbei die Gefahr besteht, dass die App

geschlossen wird, wurde der Umfragezeitpunkt direkt an das Erreichen der jeweiligen Grünfläche gekoppelt. Kurze Zeit später erscheinen die Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung.

### Implementierte Umfragen

Für die Umfragen zur „Zufriedenheit/Mobilität“ sowie zur „Subjektiven Wahrnehmung“ wurden jeweils vier Varianten mit unterschiedlichen Frageformen in der App implementiert, die zu jeweils 25 % Wahrscheinlichkeit durch den Umfragezeitpunkt getriggert werden. Dadurch soll erforscht werden, welche Umfrageformen bevorzugt beantwortet werden bzw. welche Umfragen als störend wahrgenommen und häufiger abgebrochen werden. Durch die Umfragen zur „Zufriedenheit/Mobilität“ soll erforscht werden, wie zufrieden die Nutzer*innen einerseits mit der Route und zum anderen mit dem Grünflächenvorschlag waren. So kann geprüft werden, ob die Indikatoren der App zielführend für die Umsetzung der Anforderungen von Nutzer*innen sind, die Fragen dienen also vor allem zur Kontrolle der technischen Umsetzung. Mit der Frage nach der „Subjektiven Wahrnehmung“ soll geprüft werden, ob die Grünflächen von den Nutzer*innen als „ästhetisch schön“, „ruhig“, „naturnah“ bzw. „sauber“ wahrgenommen werden, inklusive einer Begründung der Antwort. So können Erkenntnisse über diese subjektiven Kriterien auf urbanen Grünflächen gesammelt werden.

Der „einmalige Minifragebogen“ dient dazu, Nutzendengruppen zu identifizieren und kennenzulernen. Dieser Fragebogen erscheint einmalig beim ersten Öffnen der App durch ein Endgerät und erfasst soziodemografische Merkmale des Nutzenden. Zudem soll das Mobilitätsverhalten der Nutzer*innen untersucht werden, gekoppelt an die Frage, ob die meinGrün-App dieses Verhalten ändern könnte. Die im Minifragebogen erfassten Daten können durch eine anonymisierte *ProviderID* (siehe Kapitel implizites Feedback) auch mit den anderen Umfragedialogen bzw. den Daten des impliziten Feedbacks verknüpft werden. So ermöglicht diese eindeutige ID durch den Minifragebogen, die soziodemografischen Daten mit den IDs anderer Umfragen zu verbinden und z. B. herauszufinden, ob bestimmte Altersgruppen besondere Assoziationen zu den o. g. subjektiven Kriterien haben oder die Geschlechter sich in der Wahrnehmung unterscheiden. Voraussetzung wäre hierfür eine ausreichend belastbare Nutzung der App durch eine möglichst hohe Anzahl gesammelter Feedback-Antworten.

Im Rahmen der Umsetzung erschwerten zwei Hindernisse die optimale Nutzung der Umfragedialoge: Zum einen werden Umfragedialoge der subjektiven Wahrnehmung und zur Zufriedenheit nur angezeigt, wenn sich Nutzende zur Grünfläche navigieren lassen. Nur dann kann der Umfragezeitpunkt des Erreichens der Grünfläche getriggert werden und die Umfrage auslösen. Somit wird, wie sich auch in der Testphase bestätigt hat, das Feedback nicht ausreichend häufig getriggert, sodass bisher kaum beantwortete Feedback-Dialoge vorliegen. Positiv zu bewerten ist an dieser Umsetzung jedoch, dass verhindert werden kann, dass die Umfragen zu häufig bei Nutzer*innen auftreten und die App-Nutzung dadurch weniger beeinträchtigt wird. Dennoch ist anzustreben, dass möglichst viele Menschen auch die Routing-Funktion nutzen sollten, um mehr Umfrage-Ergebnisse zu erzielen.

Zudem wäre zukünftig das Anhängen von Metadaten an die Umfrageergebnisse im Dashboard hilfreich. Derzeit können die Umfrageergebnisse grafisch als Balkendiagramme visualisiert werden (Button „*Report*“ im Dashboard). Zudem können mit dem Button „*Feedback*“ die Umfrageergebnisse als Liste der Provider-IDs angezeigt werden und dessen Antwortoptionen eingesehen werden (siehe Abb. 16 und Abb. 17).

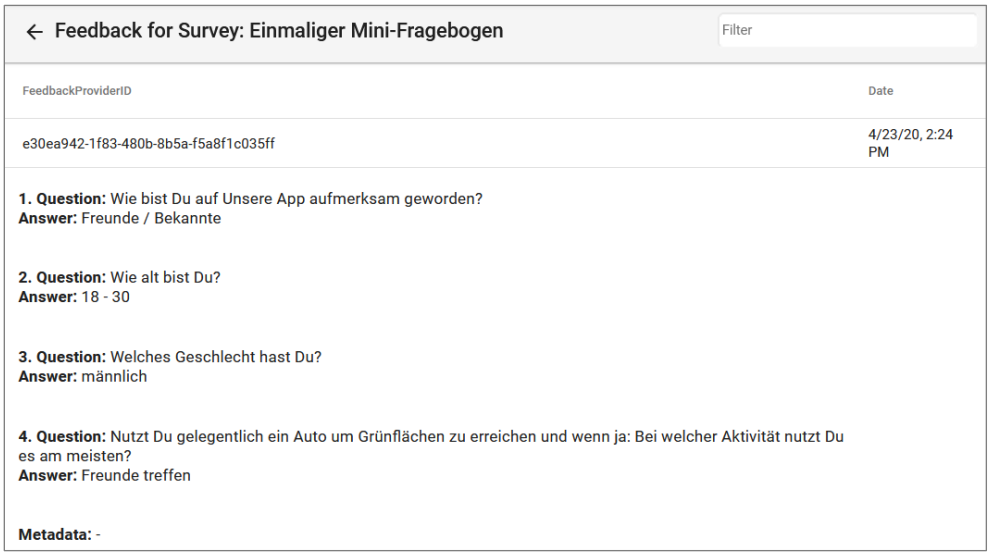


*Abb. 16: Beispielhafter Mini-Fragebogen im Dashboard*

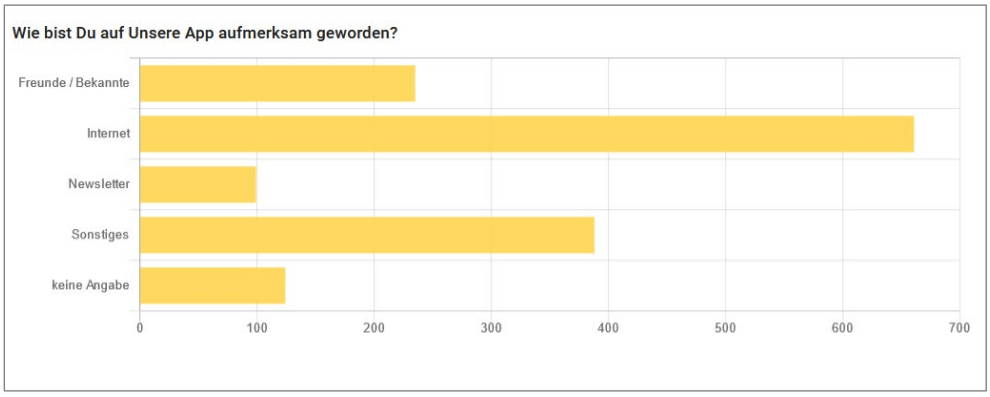


*Abb. 17: Beispielhafte Auswertungsmöglichkeiten des Mini-Fragebogens im Dashboard*

## Implizites Feedback

Implizites Nutzendenfeedback wird über einen Ereignis-Tracker bei der App-Nutzung gesammelt, ohne explizite Eingaben durch den Nutzenden. Die Installation des Ereignis-Trackers funktioniert analog zu der des Umfragedialoges.

Die implizit gesammelten Feedback-Daten lassen sich ebenfalls über das Dashboard abrufen und als CSV-Datei herunterladen, sodass eine Auswertung der Daten beispielsweise über Excel erfolgen kann. Die zu den jeweiligen Ereignissen gespeicherten Informationen werden in verschiedenen Feldern gespeichert und den Endgeräten der Nutzenden zugeordnet. So beinhaltet das Feedbacksystem fortlaufende Listen, in denen die nachfolgend beschriebenen Events fortlaufend getrackt werden. Die Listen dieser Events können stets aktuell im Dashboard heruntergeladen werden und zeigen chronologisch alle gesammelten Datensätze des jeweiligen Events bis zum Zeitpunkt des Downloads. Seit dem Launch der App am 19.06.2020 sammelt das implizite Feedbacksystem die Nutzungsdaten auf diese Art und Weise.

Wie beim expliziten Feedback wird auch das implizite Feedback über eine ID den Nutzern zugeordnet, die - verknüpft mit dem Datum und der Uhrzeit - die Basis für jedes erhobene Ereignis darstellt und bei allen Events verwendet wird. Folgende Informationen werden demnach beim Erheben aller Events gespeichert:

- **ProviderID (Feld: „*events.metadata.feedbackProvider.id*“):** Jedem Endgerät wird bei der Interaktion mit der Anwendung eine eindeutige und verschlüsselte ID zugeordnet, die sich auch nach Schließen der App nicht ändert. Solange die Cookies nicht gelöscht werden bzw. die Browser-Sitzung nicht im privaten Modus gestartet wird, bleibt die ProviderID für jedes Endgerät stets dieselbe. Bei der Auswertung der Nutzer*innenzahlen ist zu berücksichtigen, dass vermutlich einige Nutzer*innen die App im privaten Modus nutzen oder zwischendurch die Cookies nutzen, weshalb abgeleitete Nutzendendaten dadurch verfälscht werden können. Zudem muss berücksichtigt werden, dass auch die Endgeräte der Entwickler*innen mitgezählt werden, solange die App im Produktivsystem genutzt wird, was ebenfalls die Statistiken verfälscht.
- **SessionID (Feld „*events.metadata.feedbackProvider.sessionId*“):** Die SessionID ist der Browsersitzung zugeordnet. Sie bleibt gleich, wenn der Tab im Browser bzw. das Browserfenster geöffnet bleibt. Wird der Browser nicht geschlossen, sondern bleibt auch im Hintergrund auf, bleibt auch die SessionID identisch. Dies gilt auch für die Nutzung der App: Bleibt die App im Hintergrund offen, ist auch die SessionID dieselbe.
- **Datum / Uhrzeit (Feld „*events.metadata.time*“):** In diesem Feld wird zu jedem Event das Datum und die Uhrzeit des jeweiligen Events gespeichert (in der Form [Jahr-Monat-Tag-Stunde-Minute-Sekunde-Millisekunde])

Diese Angaben ermöglichen es, für jedes Event Nutzungsstatistiken aufzustellen und die Nutzer*innenzahlen abzuleiten und in Verbindung mit der Uhrzeit zu setzen. Da die eindeutigen ID’s gekoppelt an Endgeräte bzw. deren Browsersitzungen sind, ist es möglich, auch zwischen den Events sowie den explizit erhobenen Daten Beziehungen zu untersuchen (z. B. Wie viele Nutzende welcher Altersgruppen haben bevorzugt welche Suchkriterien genutzt?).

Nachfolgend werden die im Dashboard getrackten und herunterzuladenden Events beschrieben und die darin enthaltenen Informationen (die als einzelne Felder neben den o. g. Feldern ProviderID, SessionID und Datum/Uhrzeit erfasst werden) näher erläutert.

- **AppInstalled:** Dieser Datensatz enthält die ProviderIDs der Nutzer*innen, die die App heruntergeladen und installiert haben. Zusammen mit den erfassten Daten von „pageloaded“ kann somit ermittelt werden, wie groß der Anteil von Nutzenden ist, die die Anwendung wie eine native App nutzen.
- **ViewInitialized:** In diesem Datensatz wird als Event gespeichert, sobald die Startseite der App mit seinem User Interface vollständig angezeigt wird. Im Feld „events.properties.time“ wird in [ms] angezeigt, wie lange der Zeitraum zum Aufbau des UIs war.
- **PageLoaded:** Dieser Datensatz enthält Informationen darüber, wann die Startseite der App vollständig geladen ist. Das Feld „events.properties.time“ gibt dabei in [ms] an, wie lange dies gedauert hat. Aus technischer Sicht ist es interessant zu ermitteln, wie lange die Seite im Durchschnitt zum Laden benötigt. Durch Abgleich mit dem ViewInitialized-Datensatz kann analysiert werden, wie viele Nutzende die Seite schließen, noch bevor sie fertig geladen ist. Anhand dieses Events können auch die Anzahl der Nutzenden pro Tag und insgesamt festgestellt werden, indem die unterschiedlichen Provider- bzw. SessionIDs (z.B. pro Tag) gezählt werden. In der Feedback-Ansicht werden Metadaten zu der Grünflächen-ID, auf der sich die Nutzenden befinden und die Stadt, in der das Feedback ausgelöst wurde, angehängt. Erst dadurch kann nachvollzogen werden, auf welche Fläche sich das abgegebene Feedback bezieht. Außerdem wird zum Zeitpunkt des Sucheinstiegs der Standort des Nutzenden bzw. der vom Nutzenden festgelegte Mittelpunkt der Karte aufgenommen.

- **SearchSelected:** Dieser Datensatz zeigt die ausgewählten Sucheinstiege der Nutzenden an. Im Feld „events.properties.type“ ist enthalten, ob Nutzende die Kriterien- oder Aktivitäten-Suche ausgewählt haben. Die Schnellsuche wird dabei bisher noch nicht berücksichtigt.
- **Searched:** Um eine detaillierte Übersicht über die verwendeten Suchanfragen zu erhalten, sollte der Datensatz „Searched“ genutzt werden. Im Gegensatz zu „searchSelected“ gibt dieser Datensatz Aufschluss darüber, welche Sucheinstiege von den Nutzenden tatsächlich gewählt wurden. In Relation mit „searchSelected“ kann somit vergleichend festgestellt werden, in wie vielen Fällen ein Sucheinstieg ausgewählt, die Suche jedoch wieder abgebrochen wurde. Dieser Datensatz bietet die Möglichkeit zur Untersuchung, welche Sucheinstiege gegenüber anderen bevorzugt genutzt werden. Im Feld „events.properties.type“ wird angezeigt, welcher Sucheinstieg (also Schnellsuche, Aktivitätensuche oder Kriteriensuche) gewählt wurde. Darüber hinaus gibt das Feld „events.properties.city“ Aufschluss darüber, ob die Suche in Dresden oder Heidelberg durchgeführt wurde. Für die Schnellsuche wird im Feld „events.properties.sel_name“ angegeben, welcher Suchbegriff verwendet wurde. Hierbei werden allerdings nur die Suchbegriffe, die von der App vorgeschlagen werden, gespeichert. Im Feld „events.properties.timeTillSubmit“ wird die Zeit in [ms] erfasst, die der Nutzende von Beginn bis zum Absenden seiner Suchanfrage benötigt hat.
- **GeolocationStatus:** Dieser Datensatz zeigt an, ob die Nutzer*innen ihren Standort freigeben oder nicht. Hierzu wird das Feld „events.properties.tracking“ mit den Werten „true“ oder „false“ genutzt. Zukünftig wäre es zudem interessant zu wissen, wo der Standort gelegen hat, zumindest in welcher Stadt.
- **CitySelected:** In diesem Datensatz wird angezeigt, welche Stadt die Nutzenden beim Starten der App ausgewählt haben. Hierzu wird dem Feld „events.properties.city“ das Kürzel für die ausgewählte Stadt zugewiesen. Für Dresden lauter das Kürzel „dd“ und für Heidelberg „hd“.
- **RouteSelected:** Dieser Datensatz enthält Ereignisse, welche ausgelöst werden, sobald die Nutzenden sich erfolgreich zu einer Grünfläche navigieren lassen haben. Das ermöglicht es, die gewählten Routen der Nutzenden zu erfassen. Der Datensatz enthält die folgende Felder:
  - Gewählte Route mit den Werten leise, grün und schnell.
  - Länge der Route in Metern.
  - Dauer der Route in Sekunden.
  - ID der Grünfläche zu der navigiert wurde.
  - Start und Zielkoordinaten in Dezimalgrad, jeweils auf 3 Nachkommastellen (Genauigkeit etwa 100 m) gerundet.

### 2.3.3 Front-End

Das Front-End des Feedbacksystems besteht aus drei Komponenten, nämlich dem Dashboard, dem Umfrage-Dialog und dem Ereignis-Tracker. Diese werden im Folgenden aus technischer Sicht genauer betrachtet.

Der Umfrage-Dialog ist eine Webkomponente und basiert somit auf einem W3C-Standard, welcher eine Gruppe von Web-Technologien umfasst, die es ermöglichen, benutzerdefiniert und wiederverwendbare HTML-Elemente zu erstellen. Jegliche Funktionalität des Umfrage-Dialogs ist damit innerhalb eines benutzerdefinierten HTML-Elements gekapselt. Bereitgestellt wird der Umfrage-Dialog als Javascript-Bibliothek und kann über den Paketmanager NPM als Abhängigkeit installiert werden. Nach dem Import der Komponente kann diese über das Einbinden des HTML-Tags *„<feedback-survey></feedback-survey>“* verwendet werden.

Das Dashboard ist eine Single-Page-Webanwendung und dient zur Verwaltung von implizitem und explizitem Feedback. Umgesetzt wurde das Dashboard wie auch die meinGrün-App mit dem Web-Framework Angular. Für jegliche UI-Elemente wie z. B. Eingabefelder und Buttons wurde Angular-

Material eingesetzt. Eine Bibliothek speziell für Angular Anwendungen, welche UI-Elemente im Material Design von Google inc. bereitstellt. Zur Visualisierung von explizitem Feedback wird die Javascript-Bibliothek ChartJS eingesetzt, welche eine Vielzahl an Diagrammtypen für die Visualisierung umfasst.

Der Ereignis-Tracker ist eine Javascript-Bibliothek, welche ebenfalls über den Paketmanager NPM installiert wird. Der Tracker bietet zwei Methoden, um implizites Feedback in Form von Ereignissen zu erfassen:

- Die Funktion *track(),* ermöglicht es Ereignisse zu tracken. Die Funktion erwartet 2 Parameter. Über den Parameter *eventName* wird der Name des Events angegeben und über den Parameter *eventData* können zusätzlich Daten im JSON-Format dem Ereignis mitgegeben werden.
- Die Funktion *trackOnEvent()* ermöglicht es, ein Ereignis abzuschicken, sobald ein definiertes HTML-Event auf einem HTML-Element gefeuert wird. Beispielsweise ein Klick auf einen Button. Die Funktion erwartet zusätzlich zu den Parametern, welche oben beschrieben wurden, den Parameter *htmlEvent,* mit dem angegeben wird, auf welches HTMLEvent gehört werden soll und *htmlElement,* welches eine Referenz auf ein HTML-Element darstellt.

### 2.3.4 Back-End

Bestehend aus einem Node.js Server mit dem Web-Framework Express und der Datenbank MongoDB, einer NoSQL Datenbank, bildet das Back-End die Kernfunktionalität des Feedbacksystems ab und stellt geeignete Schnittstellen für die Kommunikation mit den Front-End-Komponenten bereit. Die Schnittstellen ermöglichen das Senden und Verwalten von explizitem und implizitem Feedback.

Der Datenaustausch findet über das JSON-Format statt. Das hat den Vorteil, dass in Kombination mit der NoSQL Datenbank, sowohl im Front-End als auch im Back-End das JSON-Format verwendet werden kann und keine explizite Konvertierung stattfinden muss.

Für ein einfaches Deployment des Back-Ends wurden für den Server und die Datenbank Docker-Images erstellt und diese mithilfe von Docker-Compose zu einer einzigen Anwendung zusammengefasst. Sofern Docker auf dem Zielsystem installiert ist, besteht somit die Möglichkeit, die Anwendung mit einem Befehl zu starten.

## 2.4 meinGrün-Webportal

### 2.4.1 Anforderungen

Das meinGrün-Webportal (verfügbar unter https://viewer.meingruen.org) stellt vorrangig einen „Schaukasten“ aller im Rahmen des meinGrün-Projektes gesammelten und aufbereiteten Daten zu Grünflächen in den beiden Pilotstädten Dresden und Heidelberg dar. Durch das Webportal werden somit Informationen und Daten, die einerseits im Rahmen der App-Entwicklung entstanden sind und andererseits durch die App-Nutzung im Dashboard generiert werden, visualisiert sowie zur Verfügung gestellt.

Die Grundlage der Daten bilden damit neben (offenen) kommunalen Daten, welche hauptsächlich Informationen zu Grünflächen in kommunalem Eigentum enthalten, weitere Datenquellen, wie z. B. Satellitenbilder (Sentinel-2), Social Media Daten, OpenStreetMap Daten sowie Feedback-Daten der meinGrün-App User. Damit stellt das meinGrün-Webportal neben Informationen zu kommunalen auch Informationen zu halböffentlichen (z. B. zugängliche Wiesenflächen um einen privaten Wohnblock) Grünflächen bereit. Hinsichtlich gesamtstädtischer Fragestellungen, Betrachtungen sowie Planungen kann das meinGrün-Webportal somit neue Potenziale eröffnen und zusätzliches Wissen zur gesamtstädtischen Grünflächenkulisse verfügbar machen.

Insbesondere Stadtverwaltungen und ihre Fachämter (wie z. B. Stadtplanungsamt, Umweltamt, Grünflächenamt), aber auch die interessierte Öffentlichkeit und Wissenschaft stellen die Zielgruppen des meinGrün-Webportals dar. Mögliche praktische Nutzungsfelder der Daten und Informationen werden in Form von unterschiedlichen Anwendungsbeispielen („Use Cases“) im Webportal demonstriert und erläutert. Hier werden beispielhaft stadtplanerische Fragestellungen in den Pilotstädten gestellt und mithilfe der Projektdaten und -services untersucht und beleuchtet. Auf diese Weise wird das Potenzial der zur Verfügung gestellten Daten als eine Form der Arbeitsunterstützung für die Stadtentwicklung aufgezeigt.

Für die Identifikation möglicher praktischer Bedarfe an das Webportal wurde ein zweistufiges Vorgehen gewählt. Zunächst erfolgte eine Bedarfsanalyse bezüglich der Webportal-Inhalte auf Grundlage von Internetauftritten der Stadtverwaltungen beider Pilotstädte. So wurden Internetseiten einzelner Fachämter aus beiden Städten beleuchtet und nach möglichen Anknüpfungspunkten gesucht, bei denen die meinGrün-Daten mögliche Nutzungspotenziale im Arbeitsalltag aufweisen könnten. Zusätzlich wurden weitere Dokumente, vorrangig nationale sowie internationale Strategiepapiere (Masterplan Stadtgrün, Weißbuch Stadtnatur, UN-Nachhaltigkeitsziele), nach allgemeinen, sich potenziell ergebenden Bedarfen für die Stadtplanung gezielt betrachtet. In einem weiteren Schritt wurde eine direkte Bedarfsabfrage innerhalb der assoziierten Stadtverwaltungen durchgeführt. Das partizipative Vorgehen sowie die Ergebnisse sind in Kapitel 4.1.3 beschrieben.

### 2.4.2 Konzept

Das meinGrün-Webportal besteht aus insgesamt vier Komponenten, die sich an die Haupt-Projektwebseite angliedern (Abb. 18). So gelangt man über den Reiter „Webportal“ zu folgenden Komponenten:

- **Viewer**: Visualisierung einzelner meinGrün-Datenlayer zu verschiedenen Themen beider Pilotstädte. Die Daten können über einzelne Layer ein- und ausgeschaltet werden. Außerdem erhalten Nutzende Informationen zu den einzelnen Layern über Kennblätter und können diese herunterladen.
- **Use Cases**: Demonstrationen und Erläuterungen beispielhafter Anwendungsbeispiele, bei der mittels der meinGrün-Daten stadtplanungsrelevante Fragestellungen adressiert werden können.
- **Dienste**: Kurzbeschreibung und Verlinkung zu den Diensten, welche im Rahmen des meinGrün-Projekts (weiter-)entwickelt wurden. Nutzende können über diese Seite auf die extern-eingebetteten Dienste zugreifen.
- **Daten-Überblick**: Auflistung aller zur Verfügung stehender Daten, sodass der Datenzugriff durch User übersichtlich und ohne Umweg über den Viewer ermöglicht wird.

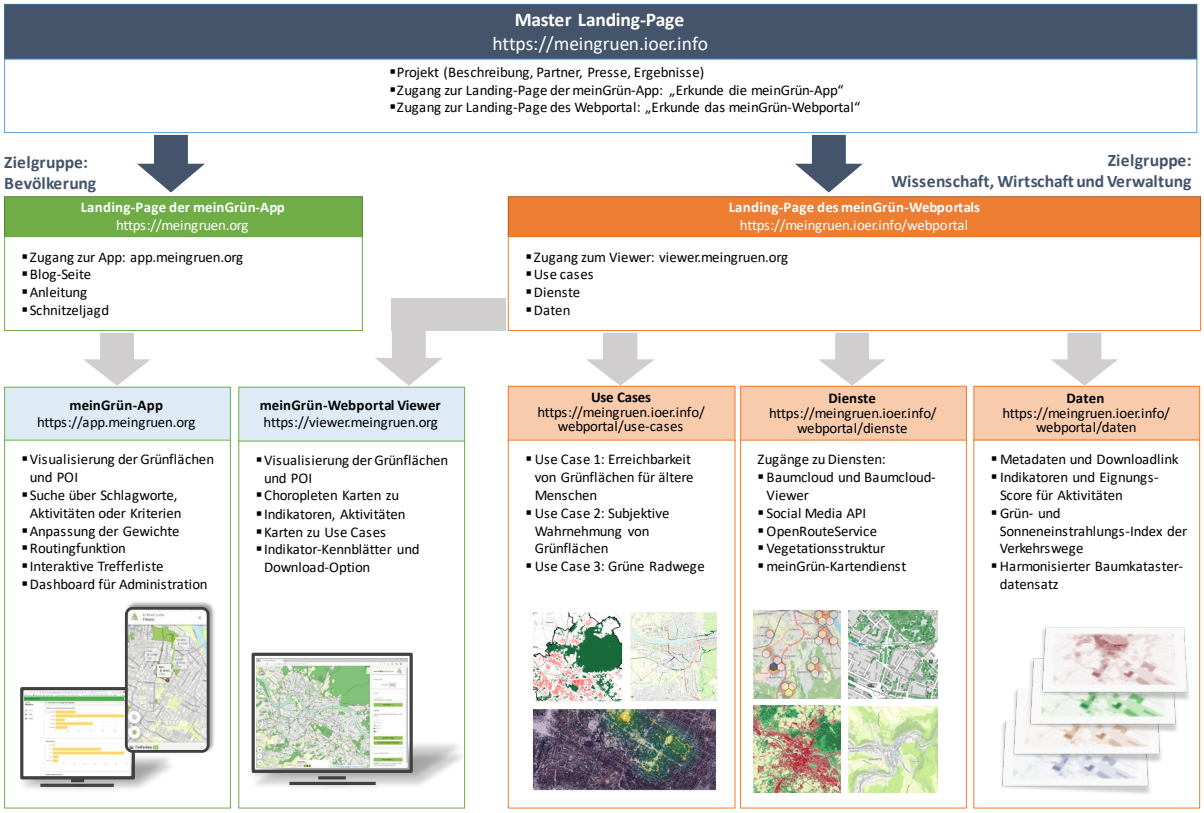


*Abb. 18: Webportal-Architektur und ihre technische Einbettung innerhalb der zugänglichen meinGrün-Internetkomponenten*

### 2.4.3 Front-End

Als Basis für das Front-End des Webportals dient das Front-End der meinGrün-App. Grafische Elemente sowie die Viewer-Funktionalität zur Darstellung der Karte und Grünflächen wurde übernommen und an einigen Stellen an die spezifischen Anforderungen des Webportals angepasst. Das Webportal kann auf Desktop-Geräten als auch auf mobilen Endgeräten verwendet werden. Abb. 19 zeigt die Startseite des Webportals.

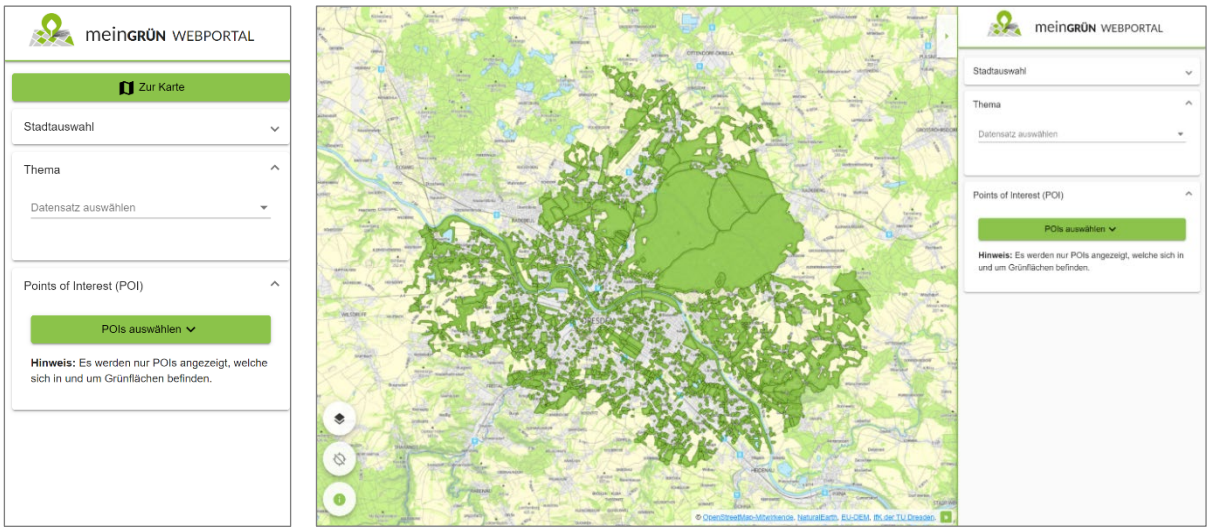


*Abb. 19: User Interface des Webportals. Unterschiedliche Startseite auf Smartphone (links) vs. Desktop (rechts).*

Zwischen den beiden Pilotstädten kann über einen Toggle-Button gewechselt werden (siehe Abb. 20). Beim Wechsel zwischen den Städten werden die dargestellten Layer übernommen und für die jeweils ausgewählte Stadt angezeigt.

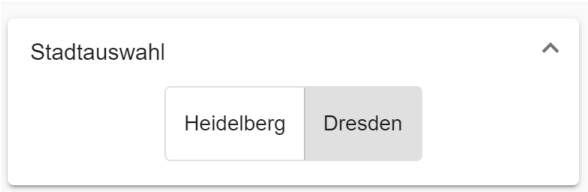


*Abb. 20: Toggle-Button zur Stadtauswahl*

Die Layer des Viewers können über verschachtelte Auswahlmenüs ausgewählt werden. Zu den Auswahlmenüs zählt beispielsweise das Point of Interests (POIs) Menü (Abb. 21). Mit diesem können mehrere POIs selektiert werden, welche dann auf der Karte dargestellt werden.

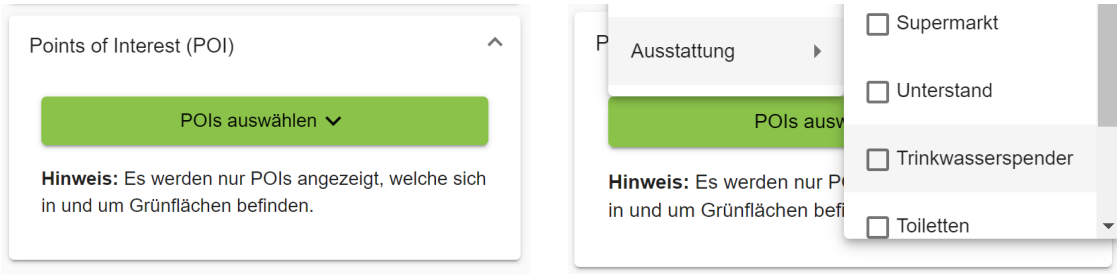


*Abb. 21: Auswahlmenü für POIs: Auf der linken Seite geschlossen und auf der rechten Seite geöffnet.*

Ein weiteres Menü ist das Themen-Menü. Themen werden als Choropleten-Karte in dem Viewer dargestellt. Des Weiteren wird für jedes Thema eine Legende sowie ein Button für den Export der Karte (Geometrien exportieren) und einer für die Anzeige des themenspezifischen Kennblatts (Abb. 22) angezeigt.

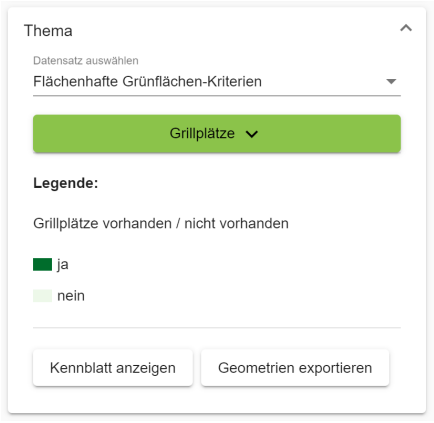


*Abb. 22: Auswahlmenü für Themen - angezeigt wird ein ausgewähltes Thema, die dazugehörige Legende und ein Export- sowie Kennblatt-Button*

Der Zustand der ausgewählten Layer wird in der URL abgebildet, dadurch kann durch Verlinken der URL eine bestimmte Ansicht mit anderen Nutzenden geteilt werden.

### 2.4.4 Back-End

Für das Back-End des meinGrün-Webportals wurden die bereits bekannten Datendienste der MeinGrün-API (siehe Abschnitt 2.2.4.1) genutzt und um neue Schnittstellen erweitert. Über die Schnittstellen werden alle Daten für die Anzeige im Viewer bereitgestellt. Diese umfassen:

- Layer-Daten
- Formulare
- Inhalte der Datenbeschreibung
- Bereitstellung von Klasseneinteilungen und Farbschlüssel

## 2.5 Weitere losgelöste Tools/Dienste

### 2.5.1 BaumCloud und BaumCloudViewer

Kommunen und Landkreise erfassen ihre Stadt- und Straßenbäume in individuell aufgesetzten digitalen oder analogen Baumkatastern. Diese sind unterschiedlich strukturiert, weisen keine einheitliche botanische Nomenklatur auf, liegen in unterschiedlichen Koordinatensystemen vor und die Maßeinheiten sind nicht standardisiert. Auch sind die in Form von Attributen hinterlegten Informationen zu den Einzelbäumen unterschiedlich. Entsprechend inhomogen sind diese Daten, was großflächige Auswertungen erschwert bis unmöglich macht. Homogene Daten sind jedoch für vergleichende Untersuchungen zum Thema Biodiversität, Klimawandel und Ökosystemleistungen von Stadtbäumen notwendig.

#### BaumCloud

Die Terra Concordia gGmbH hat deshalb gemeinsam mit der Pikobytes GmbH ein Tool entwickelt, mit welchem deutsche Baumkatasterdaten in ein einheitliches Format überführt werden können. Das Tool ist unter https://baumcloud.org verfügbar (Abb. 23).

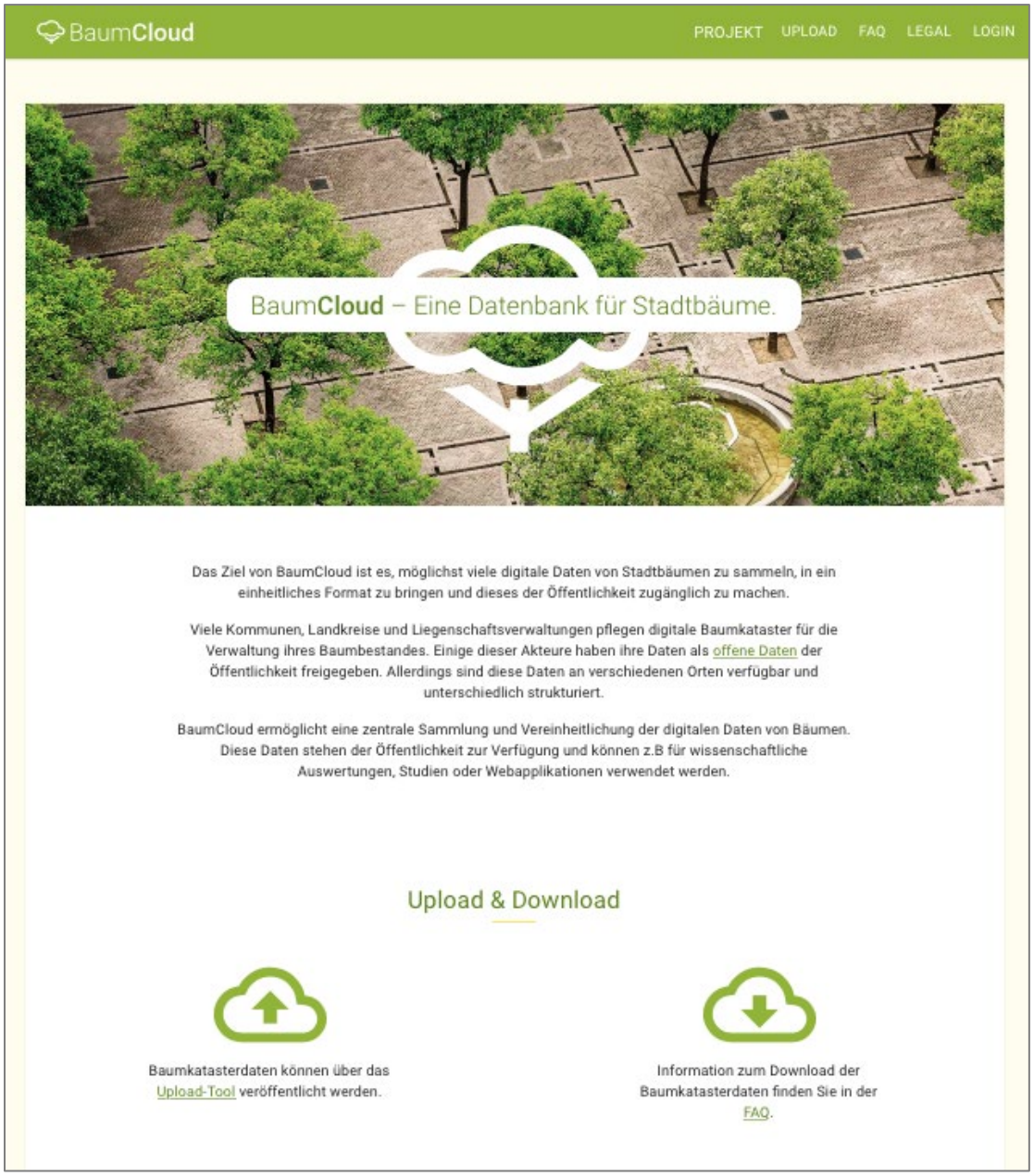


*Abb. 23: Startseite der BaumCloud Webseite (https://baumcloud.org).*

Ziel der Datenmodellierung ist die Überführung unterschiedlicher Datensätze in ein homogenes Zielformat mit konsistenter botanischer Nomenklatur mit einheitlicher Bezeichnung. Das Zielformat beinhaltet die Attribute Gattung, Art, Sorte, Varietät, Unterart und Zuchtform. Weitere Attribute beinhalten Informationen zum geografischen Standort, der Baumhöhe, dem Pflanzjahr, dem Kronendurchmesser und dem Stammumfang.

Die hochzuladenden Datensätze müssen in einem vorgegebenen Dateiformat und als offene Daten vorliegen. Der Nutzende wird durch den Upload über einen benutzerfreundlichen, übersichtlichen und leicht verständlichen, browserbasierten Wizard geführt. Dabei werden Metadaten erhoben, die für die Herstellung der gewünschten Datenkonsistenz einen wichtigen Beitrag leisten. Angaben zum Baumalter werden beispielsweise umgerechnet und das Attribut Pflanzjahr überführt. Die

Harmonisierung der botanischen Bezeichnungen erfolgt über ein automatisches String-Matching der botanischen Namen mithilfe einer Referenzliste des niederländischen Anbieters Naktuinbouw[2].

Es gibt einen Upload- und einen Download-Bereich. Den Upload der Daten können kommunale Mitarbeitende mit Unterstützung eines Administrators der BaumCloud durchführen. Die Daten müssen im CSV-Format und im Koordinatensystem WGS84 in Dezimalgrad vorliegen. Es sollte für Stadtverwaltungen dabei so einfach wie möglich sein, ihre Daten zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund wurde ein Video-Tutorial[3] produziert und auf Youtube hochgeladen, welches die Funktionsweise der BaumCloud an einem Beispiel zeigt. Zum Download bieten sich zwei Optionen. Stadtbaumdaten können einerseits auf https://baumcloud.org über einen WFS-Link heruntergeladen oder in einer Anwendung genutzt werden. Eine weitaus effizientere Möglichkeit zur Visualisierung und dem Download der Daten bietet der BaumCloudViewer (https://baumcloudviewer.meingruen.org), welcher im Folgenden beschrieben wird.

### BaumCloudViewer

Der BaumCloudViewer[4] (Abb. 24) ist eine Webanwendung zur Visualisierung der BaumCloud-Daten mit der Möglichkeit eines performanten Downloads. Wesentliche Features des Kartenclients sind:

- Performante Visualisierung der Baumstandorte in verschiedenen Maßstäben
- Anzeige der Attributdaten beim Klick auf Baumobjekte in der Karte
- Filterfunktion auf Attributdaten und Visualisierung
- Effiziente Export/Download-Funktion

Der BaumCloudViewer wird am IÖR gehostet und ist über https://baumcloudviewer.meingruen.org verfügbar. Die Daten werden wöchentlich über die von der BaumCloud (https://baumcloud.org) bereitgestellte WFS-Schnittstelle aktualisiert. Als Kartenhintergrund wurde ein Vector-Tile-Service verwendet der AdV Smart Mapping[5] verwendet

[2] https://www.naktuinbouw.com/lists-names

[3] https://www.youtube.com/watch?v=nsHheQwthOg

[4] https://baumcloudviewer.meingruen.org

[5] https://www.adv-smart.de

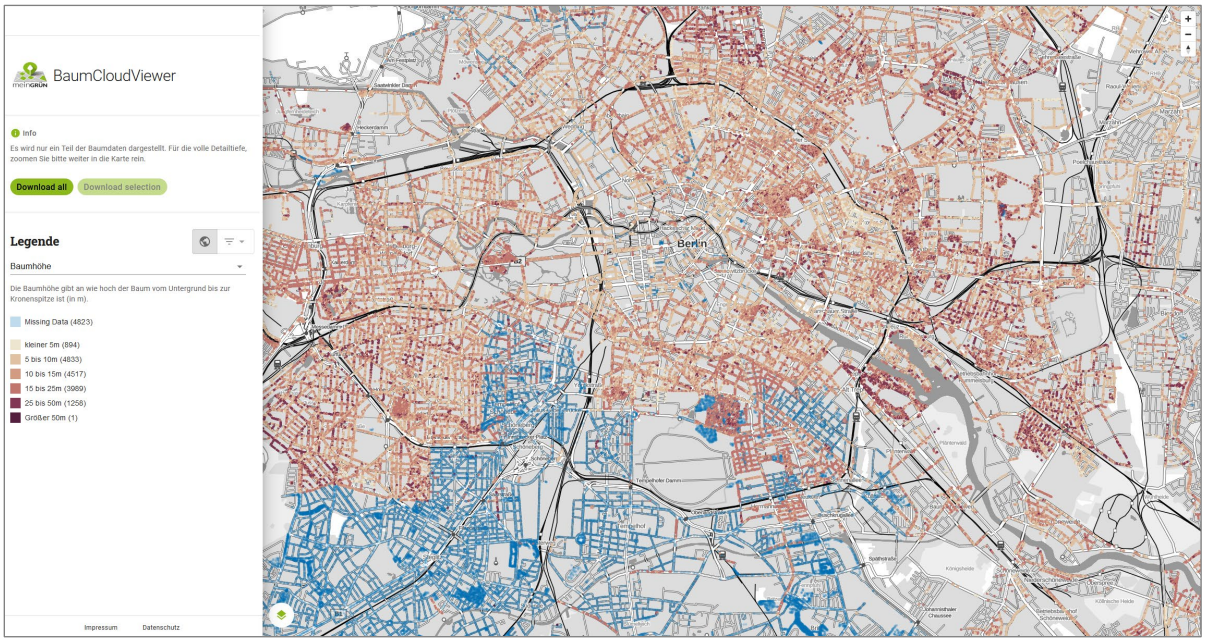


*Abb. 24: Weboberfläche des BaumCloudViewers (Quelle: https://baumcloudviewer.meingruen.org).*

Ein einheitliches Format, wie es mit der baumcloud.org bereitgestellt wird, könnte in Zukunft eine standardisierte Erfassung von Baumdaten fördern und auf das Problem des aktuell vorliegenden „Flickenteppichs“ durch heterogene Datenbestände aufmerksam machen. Zudem werden mit der Anwendung Anreize für Kommunen geschaffen werden, ihre Baumkatasterdaten im Rahmen von kommunalen Open Data Strategien zur Verfügung zu stellen. Mit der BaumCloud und den Visualisierungsmöglichkeiten des BaumCloudViewers werden den Daten eine größere Präsenz und Reichweite gegeben. Im Hinblick auf kommunale Ziele, wie z.B. „Zero Emission“/ $CO_2$-Neutralität, Klimaanpassungs- und Biodiversitätsstrategien, spielen Bäume und ihre Leistungen (z. B. $CO_2$-Bindung, Kühlung, Schatten, Lebensräume) eine wichtige Rolle. Einheitliche Datensätze liefern hierzu wertvolle Informationen für die Bewertung der Leistungen und die Umsetzung solcher Ziele. Die harmonisierten Datensätze ermöglichen außerdem eine Vergleichbarkeit verschiedener Städte und können Grundlage für weitere Forschungen sein.

### 2.5.2 Social Media API

Die entwickelte Social Media API ermöglicht es, quantitative Informationen zur Grünflächennutzung- und Wahrnehmung dauerhaft und aktualisiert als Service zur Verfügung zu stellen. In der Stadtplanung ist so beispielsweise ein Monitoring der Beliebtheit von Parks oder Plätzen möglich. Die Schnittstelle lässt sich nicht nur in der meinGrün-Web-App nutzen, sondern ist auch über andere Tools und Software nutzbar.

Eine API umfasst im engeren Sinne nur die Schnittstelle, über welche Daten von (z. B.) Social-Media-Plattformen abgefragt werden können. Bei dem im Projekt entwickelten Dienst „Social Media API“ sind im weiteren Sinne aber alle daran beteiligten Bausteine, also Tools, Werkzeuge und Verarbeitungsroutinen gemeint.

Die Bausteine sind:

- Abfrage: Social Media Datenabfrage über offizielle APIs (Instagram, Flickr, Twitter)
- Integration: Übertragen der Daten in ein gemeinsames Schema
- Abstraktion: Unmittelbare Konvertierung der Daten in ein quantitatives, statistisches Datenformat (HyperLogLog)

- Aggregierung: Zusammenfassen bestimmter Messwerte (post count, user count, user days) für bestimmte Zielgeometrien
    - OSM-Graph
    - Grünflächen-Polygone
    - Grid-basiert (flächendeckende Heatmap)
- Monitoring: Eintragen und Aktualisieren in Datenbank (PostgreSQL)
- API-Framework
    - User Token/Authentication System
    - Regelsätze (FastAPI)
    - Warteschlange
- Front-End: Interaktive Abfrage

### Abfrage

Social Media APIs sind heterogen und einem fortlaufenden Wandel unterzogen. Es ist daher notwendig, dauerhaft Abfrageroutinen zu aktualisieren. Auch aus rechtlicher Sicht ist die Nutzung der APIs zwingend, da nur diese rechtliche Sicherheit bieten, Daten auch verwenden zu können. Über die APIs können im Allgemeinen nur Daten abgefragt werden, welche öffentlich in den sozialen Netzwerken verfügbar sind und als solche von Benutzer*innen markiert werden. Private Nachrichten sind über diesen Weg nicht verfügbar.

### Integration

Um die Daten verschiedener Sozialer Netzwerke vergleichbar analysieren zu können, wurde eigens hierfür ein gemeinsames Schema entworfen: OpenLBSN.[6] Bei der Abfrage werden Daten in dieses Schema überführt. Die Integration erfolgt mit dem tool lbsntransform.[7]

### Abstraktion

Ein entscheidender Baustein bei der Analyse und dem Monitoring von Social Media Daten ist die statistische Abstraktion. Ziel ist, dass zwar generelle, quantitative Muster zur Grünflächennutzung visualisiert werden können, einzelne Nutzende aber nicht mehr identifizierbar sind. Hierfür wurde eigens ein Datenschema entwickelt, welches auf dem Abstraktionsverfahren HyperLogLog (HLL) basiert (Abb. 25). Daten werden unmittelbar nach der Abfrage von den APIs der Sozialen Netzwerke, noch im Arbeitsspeicher, in dieses Format überführt. Der Gewinn an Privatsphäre wird mit einem Genauigkeitsverlust von 3-5 % erkauft. Dieser Verlust an Genauigkeit bezieht sich auf alle aus Social Media abgeleiteten Zahlen, also zum Beispiel die Anzahl der eindeutigen Nutzer für eine Grünfläche, die Anzahl an Posts oder Fotos in einem Gebiet oder die insgesamt zur Verfügung stehenden Summen (Nutzerzahl, Postzahl, „Nutzer Tage“). Für die vorliegende Nutzung in der meinGrün-App wurden diese Ungenauigkeiten als vernachlässigbar befunden.

Das Format verhindert, dass einzelne Personen identifiziert werden können, selbst wenn die Datenbank versehentlich öffentlich verfügbar wäre. Ein weiterer Vorteil ist, dass die gesammelten Daten, ungleich beispielsweise pseudonymisierter Daten, im Sinne der DSGVO nicht mehr als personenbezogene Daten gelten, sondern als statistische Daten. Für statistische Daten ist festgelegt, dass das Recht auf Vergessen (Art. 17 DSGVO) hier nicht anzuwenden ist, weil Daten einzelner

[6] lbsn.vgiscience.org

[7] lbsn.vgiscience.org/lbsntransform/docs/

Personen nicht mehr eindeutig identifiziert werden können. So ist erheblich weniger Aufwand bei der Betreuung der gewonnenen Daten notwendig. Zudem lassen sich statistische Verzerrungen durch nachträglich gelöschte Datensätze vermeiden. Die genaue Beschreibung des Abstraktionsverfahrens ist in einem Artikel veröffentlicht (Dunkel et al., 2020).

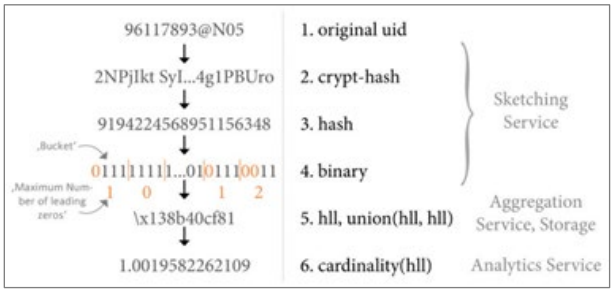


*Abb. 25: Abstraktion von IDs mittels HyperLogLog, am Beispiel einer User ID, zum Schätzen von User Count und User Days (Quelle: Dunkel et al., 2020).*

### Aggregierung

Das HLL Datenformat ermöglicht, schrittweise Daten weiter zu aggregieren und zu verallgemeinern ohne einen weiteren Verlust der Genauigkeit. Eine Umkehrung des Prozesses ist nicht mehr möglich. So werden Daten schrittweise minimiert, was den Grundsätzen der Datensparsamkeit entspricht. Bereits zu Beginn umfassen die gesammelten Daten nur 0,4 % der Originalgröße. Damit ist dieses Datenformat auch für große Datenmengen vorbereitet und kann entsprechend skaliert werden, beispielsweise für ein deutschlandweites Grünflächenmonitoring. Da Social Media Daten in meinGrün an verschiedenen Stellen informativ genutzt werden, gliedert sich der Aggregations-Schritt in mehrere Teilprozesse auf, welche Daten jeweils für unterschiedliche Visualisierungen vorbereiten. Diese Aggregationsroutinen werden im Kapitel 3.2.3 (Nutzung/Wahrnehmung) genauer beschrieben.

### Monitoring

Für jedes Ausgabeformat existiert ein Datenbankschema[8], welches mittels einer Vereinigung (‚HLL Union') fortlaufend aktualisiert werden kann. Gleichzeitig werden statische Ausgaben für bestimmte Abfragen (Service-Endpoints) auf den jeweils letzten Stand aktualisiert. Dies betrifft beispielsweise den GeoJSON Layer für grünflächenbezogene Indikatoren zu Beliebtheit/Frequentierung.

### API-Framework

Die Entwicklung vom API-Framework und das interaktive Front-End war zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Handbuchs noch nicht vollständig abgeschlossen und befand sich in der Entwicklung bzw. Testphase. Über das FastAPI-Framework, welches auch in der meinGrün-App genutzt wurde, können externe Dienste (meinGrün-App; Anwendungen in der Stadtverwaltung etc.) Daten für bestimmte Grünflächen oder flächendeckende Informationen abrufen. Wesentlicher Bestandteil des API-Frameworks ist die Authentifizierung der Nutzenden. Grundlegende, einfache Informationen können anonym abgerufen werden. Spezielle oder aber größere Informationen sind nur durch einen Schlüssel (‚User Token') verfügbar, welcher manuell angelegt werden muss. Für bestimmte Nutzerinnen und Nutzer ist zudem ein interaktiver Zugang geplant, um selektiv komplexe Datenabfragen tätigen zu können, beispielsweise für die Verwendung der Daten in der Stadtplanung.

[8] gitlab.vgiscience.de/lbsn/structure/hlldb

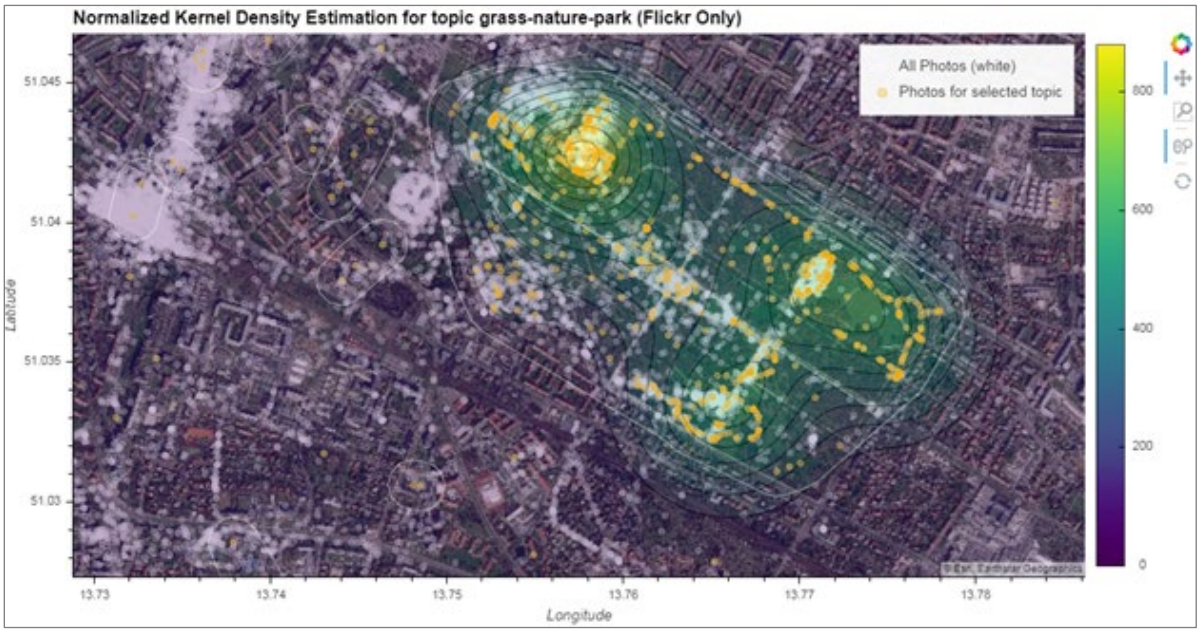


*Abb. 26: Experimentelle Visualisierung basierend auf interaktiv gefilterten Begriffen. Dargestellt ist eine gewichtete Heatmap für den Großen Garten und die Begriffe „grass, nature, park" (gelb) im Verhältnis zu allen verfügbaren Social Media Posts im Gebiet (weiß).*

## Front-End

Ein Front-End für die Darstellung der Daten ist bereits mit der meinGrün-App vorhanden. Einfache Informationen der Social Media API sind aber auch in anderen Situationen interessant und sollen daher auch über ein dediziertes Front-End abrufbar sein, auch ohne Nutzung der meinGrün-App. Beispielsweise wurde im Rahmen einer Masterarbeit (Weckmüller, 2021) ein Front-End entworfen, welches die interaktive Sichtung der Daten mit bestimmten Abfragen ermöglicht (Abb. 27 und Demovideo[9]). Dieses Interface nutzt alleinig die abstrahierten Daten und erfüllt so wichtige ethische Grundregeln für den Einsatz dieser Technologie.

[9] https://drive.google.com/file/d/1tD1fSD3tRVp8QGGNV3Qgnen5mDlHq09A/view

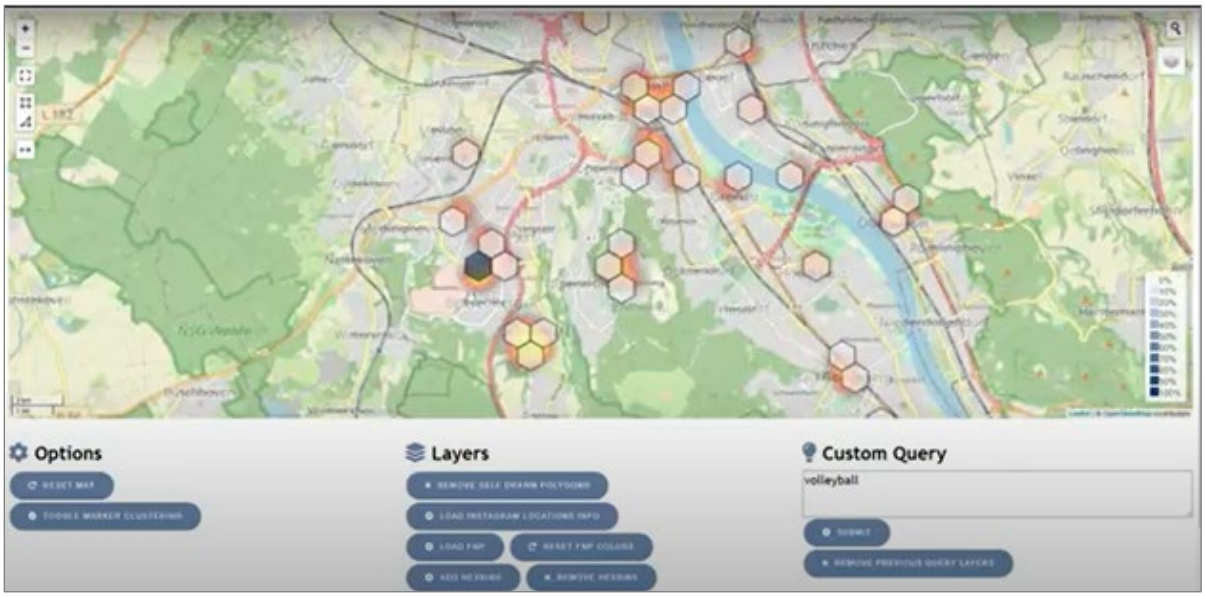


*Abb. 27: Interaktives Interface zur Visualisierung von quantitativen Statistiken für Grünflächen aus Social Media (Dominik Weckmüller), beispielsweise für eine Nutzung in der Stadtplanung.*

### 2.5.3 Vegetationsstruktur

Für die flächenhafte Erfassung und Differenzierung der Grünstruktur wurde ein Ansatz zur Landbedeckungsklassifizierung entwickelt (Weigand et al., 2020) und als EOC Geoservice des Earth Observation Center (EOC) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Produkt „Land Cover DE - Sentinel-2 - Germany, 2015“ veröffentlicht (DLR, 2020). Die Datenbasis bildeten die frei verfügbaren Sentinel-2 Daten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus sowie Referenzpunkte des *Land Use and Coverage Area frame Survey* (LUCAS) vom Statistische Amt der Europäischen Union (Eurostat 2015). Alle drei Jahre werden diese Punkte in situ systematisch für die EU-Staaten erhoben. Die LUCAS-Punkte sind in acht Landbedeckungsklassen mit detaillierteren Subklassen unterteilt. Basierend auf diesen LUCAS- Referenzpunkten von 2015, den Sentinel-2-Bildern aus den Jahren 2015 bis 2017 und zusätzlicher Geodaten, wie OpenStreetMap-Daten und Level-of-Detail-1-Gebäudemodellen, wurde eine Landbedeckungsklassifizierung mit einer räumlichen Auflösung von 10m x 10m abgeleitet. Bei diesem Datensatz werden die folgenden sieben Klassen gebildet: Bebaut, Offener Boden, Laubbäume, Nadelbäume, Ackerland, Wiese und Wasser. Unter https://geoservice.dlr.de/web/maps/de:lcc kann die Klassifikation 2015 kostenlos visualisiert und heruntergeladen werden.

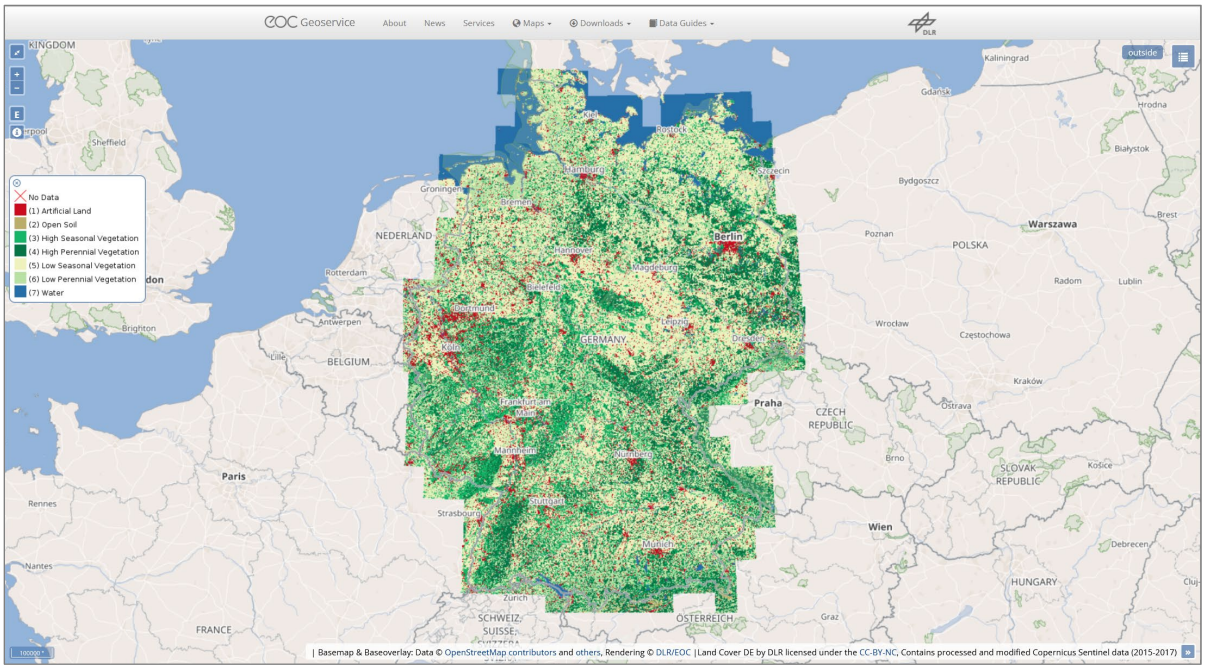


*Abb. 28: Deutschlandweite Landbedeckungsklassifikation Land Cover DE - Sentinel-2 – Germany (2015) im Kartendienst des EOC Geoservice (Quelle: https://geoservice.dlr.de/web/maps/de:lcc)*

### 2.5.4 OpenRouteService

Der Routing-Dienst der meinGrün-App basiert auf dem openrouteservice (ORS, openrouteservice.org), welcher gemeinsam vom HeiGIT und dem Lehrstuhl für Geoinformatik der Universität Heidelberg entwickelt und betrieben wird. Der ORS kann über einen WebClient (https://maps.openrouteservice.org) oder über eine API (https://openrouteservice.org/dev/#/api-docs) für Routenberechnungen oder Isochronengenerierung weltweit genutzt werden. Im Gegensatz zu proprietären Routing-Diensten, wie Google Maps, basiert die Routenberechnung des ORS ausschließlich auf OpenStreetMap Daten, welche weltweit frei und kostenlos verfügbar sind. Zudem ist der Quellcode des ORS offen auf GitHub (https://github.com/GIScience/openrouteservice) verfügbar. Der ORS ist in Java geschrieben und basiert auf dem open-source Softwareprojekt GraphHopper (https://github.com/GIScience/graphhopper).

Neben den gängigen Fortbewegungsmitteln wie Auto oder Fahrrad, bietet der ORS auch spezialisierte Profile wie z. B. für Rollstuhlfahrende. Zudem ist innerhalb von Deutschland die Berechnung von grünen und leisen Fuß- und Fahrradrouten möglich. Im Rahmen des meinGrün Projektes wurden diese Berechnungen verbessert, indem einerseits die Ableitung der Grünheit von Routen verbessert wurde unter Einbeziehung von OSM und Sentinel-2 Daten (Vorprozessierung), andererseits die Gewichtung zwischen den einzelnen Faktoren Weglänge, Grünheit und Lärm optimiert wurde.

Langfristig sollen die Entwicklungen aus dem meinGrün Projekt auch in die Hauptinstant des ORS (https://maps.openrouteservice.org/#/) integriert werden. So könnte die Ableitung der Grünheit der Wege in ganz Deutschland basierend auf OSM und Sentinel-2 Daten geschehen, da diese flächendeckend offen verfügbar sind. Für die Generierung von schattigen Routen muss der Verschattungsgrad des Wegenetzes modelliert werden, was momentan noch sehr rechenintensiv ist und zudem hochqualitative 3D Daten zu Gebäuden und Vegetation voraussetzt. Diese waren für die beiden Pilotstädte vorhanden. Bevor diese Funktionalität jedoch für größere Regionen in der öffentlichen ORS Instanz zur Verfügung gestellt werden kann, muss die Anwendbarkeit der Methodik

basierend auf großflächig verfügbaren, offenen Daten wie OSM genauer evaluiert und angepasst werden.

### 2.5.5 meinGrün-Kartendienst

Für die meinGrün-Web-App wurde ein eigener Kartendienst mit eigenem Kartenstil entwickelt (siehe Kapitel 2.2.4). Ein unter der Domain https://maptiles.geo.tu-dresden.de/ vom Institut für Kartographie gehosteter Kartendienst besitzt jedoch eine größere Abdeckung für ganz Deutschland und kann in anderen externen Anwendungen genutzt werden. Eine Erweiterung und Weiterentwicklung ist geplant und kann somit auf für die meinGrün-App in anderen Städten schrittweise eingesetzt werden.

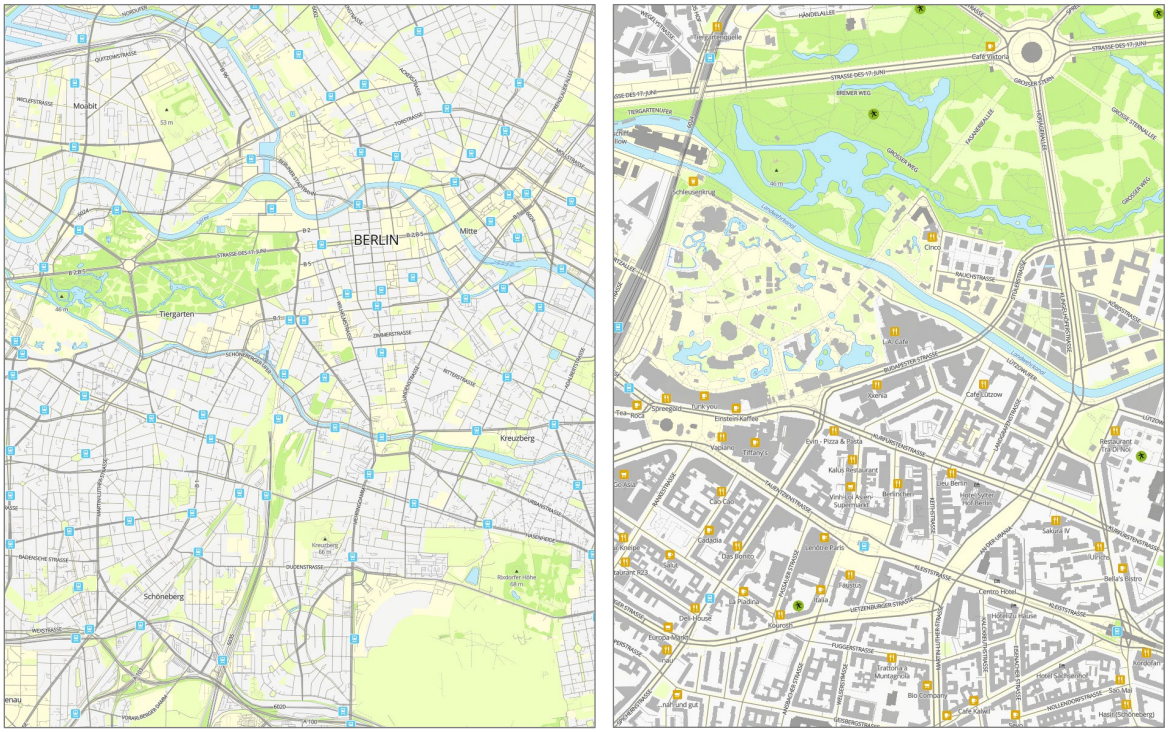


*Abb. 29: Ausschnitt des meinGrün-Kartendienstes am Beispiel von Berlin für unterschiedliche Maßstäbe: Kleiner Maßstab (links) und großer Maßstab (rechts) (Quelle: IfK TU Dresden, EU-DEM, NaturalEarth, OSM-Contributers 2020)*

# 3 Datenquellen/Datengewinnung

Zur Betreibung der meinGrün-Infrastruktur werden Daten benötigt, welche aus verschiedenen Quellen und verschiedenen Ansätzen generiert wurden. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die verwendeten Daten und deren Aufbereitung.

## 3.1 Zielpolygongenerierung

Als räumliche Bezugseinheit für die Berechnung von Indikatoren und für die Definition von Grünflächenzielen in der Web-App wird ein Datensatz in Polygonstruktur benötigt, welcher alle öffentlich erreichbaren Grünflächen enthält. Städtische Daten haben in der Regel raumbezogene Fachdaten zu Grünflächen. Deren Datenstruktur, Semantik und Qualität ist jedoch äußerst heterogen (Feltynowski et al., 2018). Obwohl einige Kommunen ihre Daten offen anbieten, beschränken sich die Datensätze oft auf Informationen zu von der Kommune betriebenen Grünanlagen und Parks und umfassen selten halböffentliche oder informelle Grünflächen (öffentlich zugängliches Grün in genossenschaftlichen Wohnanlagen, Brachflächen, etc.). Die Stadt Dresden bietet beispielsweise ihre Grünanlagen im Open Data Portal an, ausgenommen sind jedoch die Flächen, die nicht in städtischer Hand sind (z. B. Dresdner Heide, Großer Garten) sowie semi-öffentliche Grünflächen. Mit der Web-App sollten aber alle öffentlich zugänglichen Grünflächen berücksichtigt werden, um das vollständige Grünflächenangebot in der Stadt abzubilden. Da auch Grünflächen außerhalb der administrativen Stadtgrenze von der Stadtbevölkerung von Interesse sein können, sollte die Abdeckung um einen Stadtsaum erweitert werden.

Eine Recherche zu möglichen Datenquellen für Zielpolygone ergab, dass es keinen frei verfügbaren, flächendeckend homogenen Datensatz für städtische Grünflächen in Deutschland gibt. Digitale Landschaftsmodelle (ATKIS Basis-DLM) sowie Datensätze des europäischen Copernicus-Programms (Urban Atlas) und deren abgeleitete Produkte besitzen (z. B. aus Sentinel-2 abgeleitete Landnutzungslayer u. a.) einen zu geringen räumlichen und semantischen Detaillierungsgrad. Andererseits bieten einzelne Städte lokal offene Datensätze an, welche jedoch oft nur die Flächen enthalten, die in städtischer Hand liegen. Aus diesem Grunde wurde ein eigener Ansatz zur automatischen Generierung von aussagekräftigen Zielpolygonen unter Berücksichtigung von physischen Barrieren, dem Grünanteil sowie deren öffentlicher Zugänglichkeit entwickelt. Im Ergebnis entstehen zugängliche Grünflächen, die einen eigenständigen Aktivitätsraum bilden.

Der Prozess der Polygongenerierung bestand im Wesentlichen aus zwei Schritten: 1) der Generierung von Baublöcken auf Basis des Verkehrsnetzes (Straße, Schiene, Wasser) und 2) der weiteren Aufteilung in Unterblöcke. Diese wurden auf der Grundlage von Annahmen über physische Barrieren, speziell Grenzen bestimmter benachbarter Landnutzungsklassenkombinationen, gebildet. Der entwickelte Ansatz wird in Ludwig et al. (2021) näher beschrieben. Im Rahmen der Pilotanwendung in Dresden und Heidelberg wurden neben den OSM-Daten weitere Geometriedaten der Städte bei der Prozessierung verwendet (z. B. Blockgeometrie, Grünflächen, Spielplätze etc.).

*Abb. 30: Zielpolygongenerierung. Verkehrsnetz aus OSM (links), Baublöcke aus Verkehrsnetz generiert (mittig), und Unterblöcke, die sich aus Landnutzungsinformationen ergeben (rechts). (Quelle: Ludwig et al., 2021)*

Die Abb. 30 zeigt die Zielpolygongenerierung am Beispiel eines Ausschnittes in Dresden. Im ersten Schritt wurden die Baublöcke anhand des Straßennetzes, der Bahnlinien und der Grenzen großer Wasserstraßen generiert. Die linearen Objekte wurden je nach Art der Straße mit einer bestimmten Breite zwischen 4 (z. B. Wohnstraßen) und 10 m (z. B. Bahngleise) gepuffert. Alle resultierenden Features wurden miteinander verschnitten, um die Stadtblöcke zu bilden. Um Splitterpolygone zu entfernen, wurden alle Polygone, die weniger als 10 m breit waren, mit dem Nachbarpolygon nach dem Kriterium der längsten gemeinsamen Kante zusammengefasst.

Der entwickelte Ansatz wurde angewendet, um die Zielpolygone für Pilotstädte zu erzeugen. Als Definition der Pilotregion wurden die administrativen Grenzen der Städte Dresden und Heidelberg verwendet und um 5 km gepuffert, um auch Grünflächen im unmittelbaren Umland in der Web-App berücksichtigen zu können. Für die Stadtflächen standen neben den OSM-Daten weitere städtische Daten für die Geometrieerzeugung bereit. Für Dresden wurde die Erweiterte Blockkarte (EBK), die Park- und Grünanlagen, sowie Spielplätze des Open Data Portals Dresden (opendata.dresden.de) verwendet. Für das Stadtgebiet Heidelberg standen neben einer Geometrie zu statistischen Blöcken, die Park- und Grünanlagen, Spielplätzen, Friedhöfen, Kleingärten und Wälder zu Verfügung.

Letztendlich wurden mit dem entwickelten Ansatz in Dresden und Umland 26.708 Polygone gebildet, welche 5.908 relevante Zielpolygone, d. h. öffentlich zugängliche Grünflächen, enthalten. In Heidelberg wurden insgesamt 10.233 Polygone generiert, wovon 700 als relevante Ziele identifiziert wurden. In der App werden letztendlich nur die Daten für das Stadtgebiet verwendet, da wegen fehlender Daten nicht alle Indikatoren für das Umland abgeleitet werden konnten. Die Flächensummen und Anzahl der in der Web-App angebotenen Zielpolygone sind Tab. 1 und Tab. 2 differenziert nach Grünflächentypen für Dresden und Heidelberg dargestellt.

*Tab. 1: Grünflächentypen und deren Anzahl und Fläche in Heidelberg nach Zielpolygongenerierung*

| Grünflächentyp | Fläche in qm | Anzahl | Fläche [%] | Anzahl [%] |
|---|---|---|---|---|
| Bolzplatz | 18.749,3 | 8 | 0,02% | 2,52% |
| Friedhof | 604.687,9 | 16 | 0,67% | 5,05% |
| Garten | 24.744,4 | 1 | 0,03% | 0,32% |
| Kleingartenanlage | 2.619.006,1 | 40 | 2,89% | 12,62% |
| Naturschutzgebiet | 412.192,5 | 9 | 0,45% | 2,84% |
| Park | 481.777,7 | 89 | 0,53% | 28,08% |
| Spielplatz | 232.104,8 | 91 | 0,26% | 28,71% |
| Wald | 8.5890.593,3 | 40 | 94,71% | 12,62% |
| Wiese | 406.327,1 | 23 | 0,45% | 7,26% |
| **SUMME** | **90.690.183,0** | **317** | **100,00%** | **100,00%** |

*Tab. 2: Grünflächentypen und deren Anzahl und Fläche in Dresden nach Zielpolygongenerierung*

| Grünflächentyp | Fläche in qm | Anzahl | Fläche [%] | Anzahl [%] |
|---|---|---|---|---|
| Brachfläche | 4.315.012,4 | 328 | 3,04% | 14,30% |
| Friedhof | 1.682.018,3 | 48 | 1,18% | 2,09% |
| Kleingartenanlage | 8.427.792,4 | 359 | 5,93% | 15,65% |
| Landwirtschaftliche Fläche | 6.948.874,9 | 170 | 4,89% | 7,41% |
| Naturschutzgebiet | 2.416.636,9 | 18 | 1,70% | 0,78% |
| Park | 3.722.215,0 | 459 | 2,62% | 20,01% |
| Sonstige Grün- und Freiflächen | 1.579.394,8 | 111 | 1,11% | 4,84% |
| Spielplatz | 456.572,6 | 165 | 0,32% | 7,19% |
| Wald | 89.442.848,2 | 336 | 62,97% | 14,65% |
| Wiese | 23.045.254,7 | 300 | 16,22% | 13,08% |
| **SUMME** | **142.036.620,3** | **2294** | **100,00%** | **100,00%** |

Beide Pilotstädte weisen einen hohen bis sehr hohen Flächenanteil an Wald auf (Heidelberg: 94,71 %; Dresden: 62,97 %), der durch eine geringe Anzahl an Polygonen repräsentiert wird (Heidelberg: 12,62 %; Dresden: 14,65 %). Ein hoher Anteil an Polygonen im Vergleich zum Anteil der abgedeckten Fläche weist darauf hin, dass für diese Gruppe viele kleine Flächen existieren (u. a. Spielplätze, Parks und Kleingartenanlagen). Die Abb. 31 bis Abb. 34 zeigen die Ergebnisse der Zielpolygongenerierung in Form von Karten.

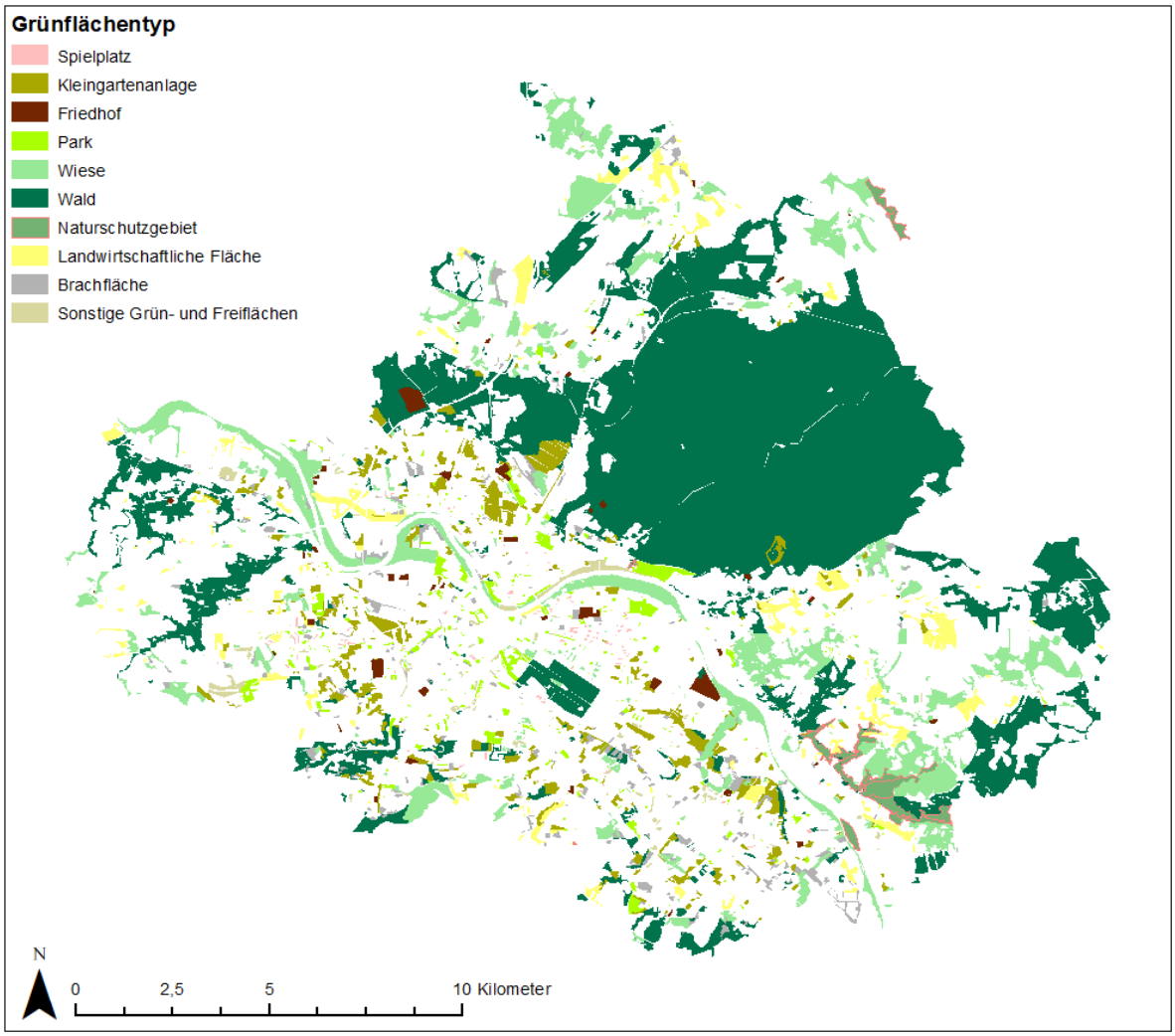


*Abb. 31: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung der Stadt Dresden (Datenquelle: ©OpenStreetMap-Mitwirkende sowie Landeshauptstadt Dresden, dl-de/by-2-0, opendata.dresden.de).*

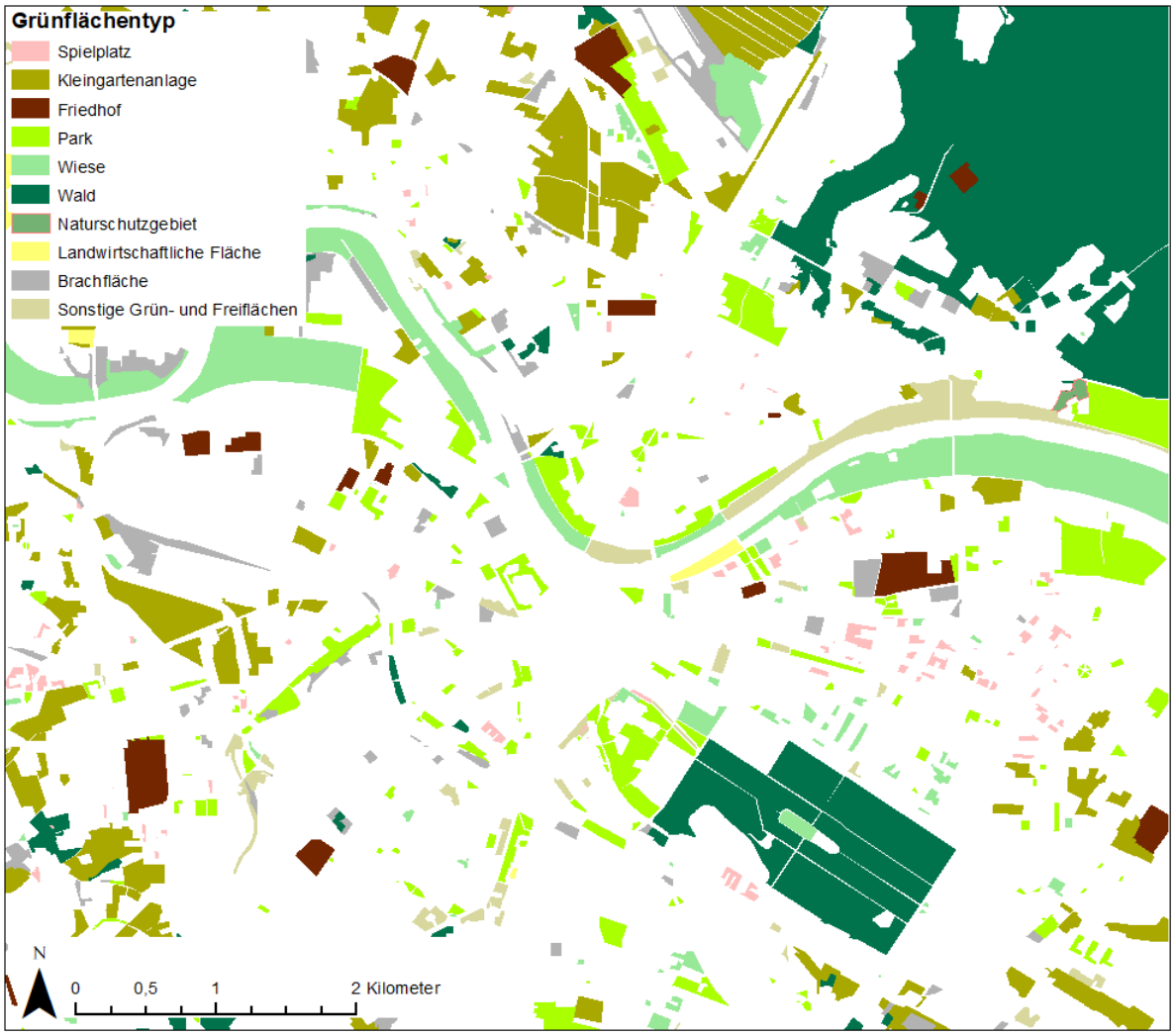


*Abb. 32: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung für einen Ausschnitt im Stadtzentrum von Dresden. (Datenquelle: ©OpenStreetMap-Mitwirkende sowie Landeshauptstadt Dresden, dl-de/by-2-0, opendata.dresden.de).*

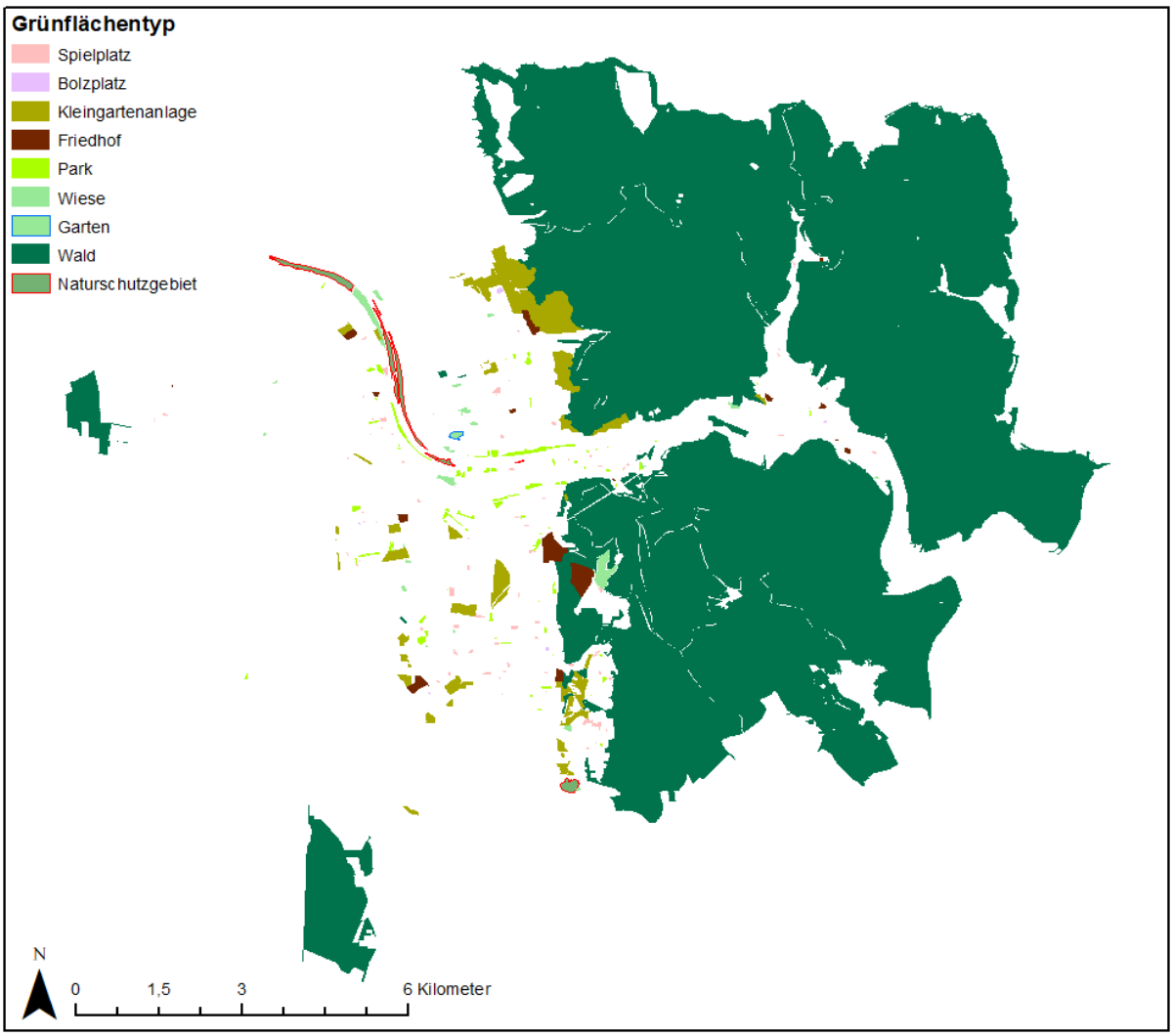


*Abb. 33: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung der Stadt Heidelberg (Datenquelle: ©OpenStreetMap-Mitwirkende sowie Blockkarte und Grünflächen aus Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg).*

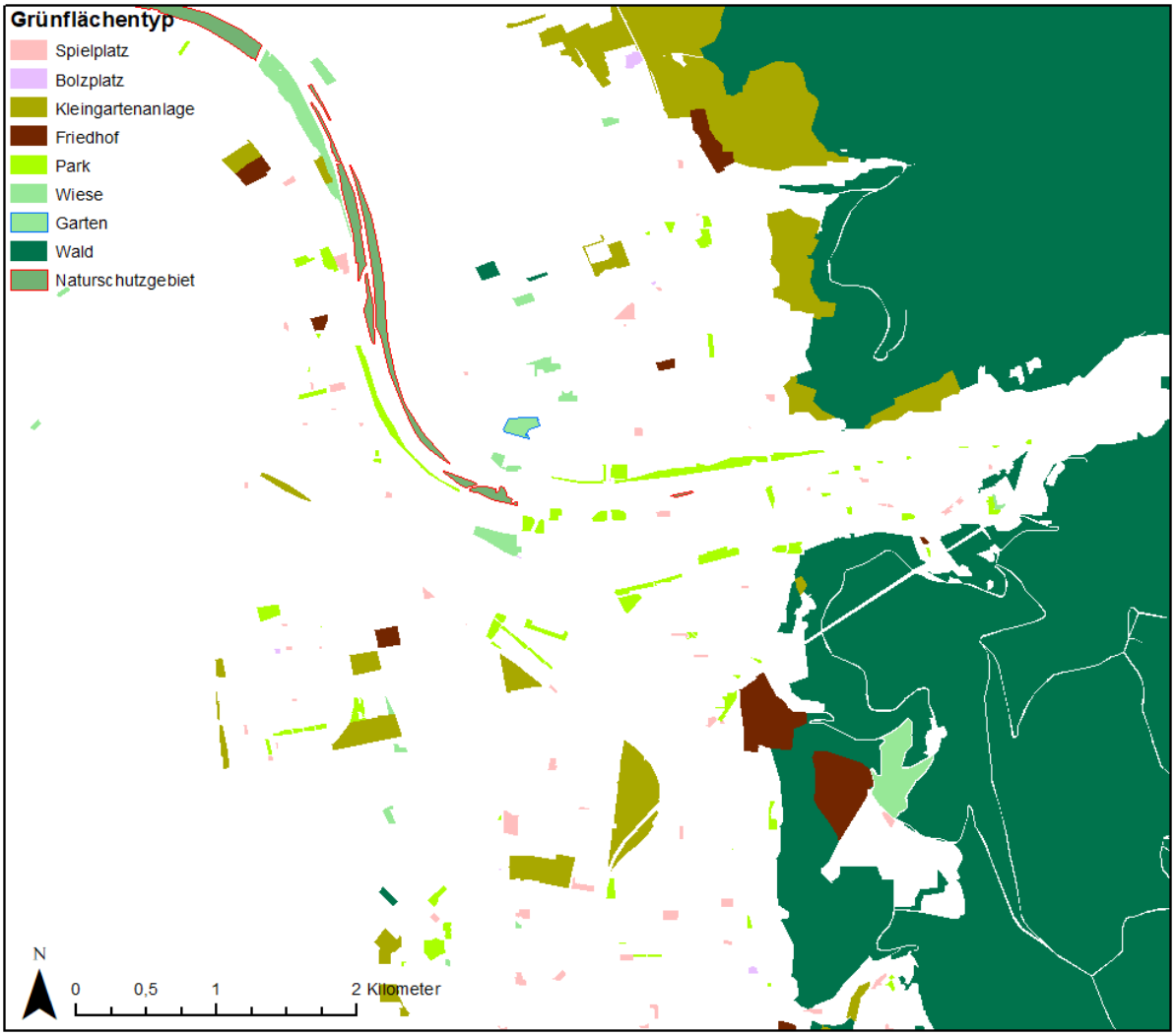


*Abb. 34: Grünflächentypen nach Zielpolygongenerierung für einen Ausschnitt im Stadtzentrum von Heidelberg (Datenquelle: ©OpenStreetMap-Mitwirkende sowie Blockkarte und Grünflächen aus Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg).*

Die Pilotstädte verfügen beide über zusammenhängende Waldflächen sowie Wiesen und Parks entlang der jeweiligen Flüsse Elbe (Dresden) und Neckar (Heidelberg). Sie weisen jeweils Naturschutzgebiete auf. Während im bergigen östlichen Teil der Stadt Heidelberg Wald dominiert, weisen der westliche Teil wie auch das Neckartal ein heterogenes Bild an existierenden Grünflächentypen auf. In Dresden sind bewaldete Flächen der Dresdner Heide im Norden und des Großen Gartens markant.

Eine Untersuchung des abgeleiteten Zielpolygon-Datensatzes für das Stadtgebiet Dresden zeigte, dass flächenmäßig 93,2 % aller identifizierten Grünflächen auch allein auf Basis von OSM-Daten identifiziert hätten werden können. Die restlichen, vor allem kleinere Park- und Grünanlagen und Brachen waren lediglich in den städtischen Daten enthalten. Auch für das Stadtgebiet Heidelberg wurden 96,7 % aller Zielpolygone durch Informationen aus OSM gebildet. Das zeigt, dass nicht allein mittels OSM alle öffentlichen Grünflächen identifizierbar sind und städtische Daten einen wichtigen Beitrag leisten, eine hohe Qualität der Zielpolygonbasis sicherzustellen. Andererseits sind beispielsweise in Dresden nur 21,5 % aller generierten Zielpolygone den offiziellen, städtischen Park- und Grünanlagen sowie Spielplätzen zuzurechnen (Abb. 35). Dies zeigt, wie wichtig es ist, die Zielpolygonbasis um weitere Grünflächentypen zu erweitern und die frei verfügbaren OSM-Daten zu nutzen.

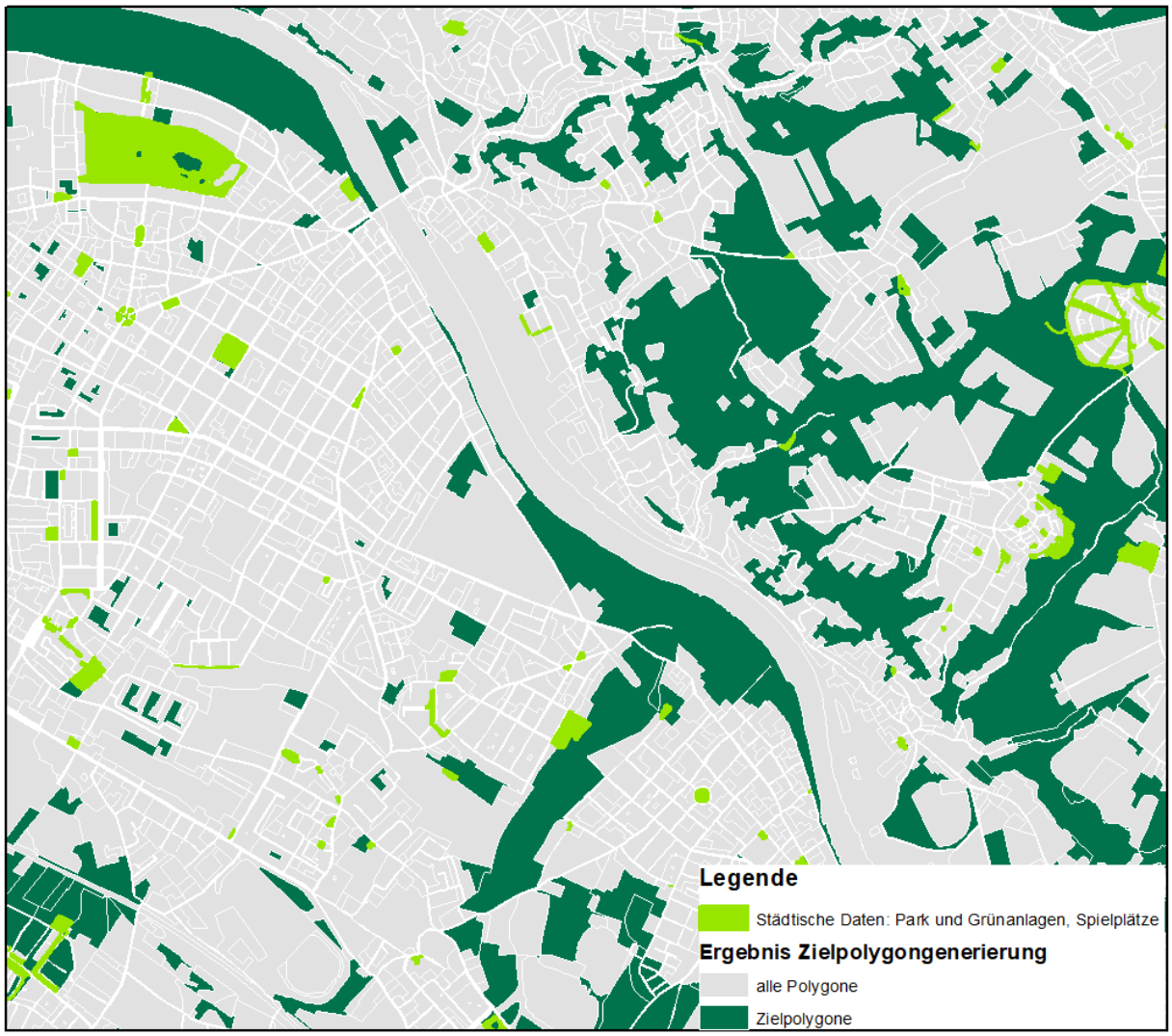


*Abb. 35: Zielpolygone gegenüber den offiziellen Park- und Grünanlagen sowie Spielplätzen aus dem Themenstadtplan von Dresden am Beispiel eines Ausschnittes in Dresden.*

## 3.2 Indikatoren und Prozessierung

Aus den Befragungen der Anforderungserhebung (s. Kapitel 4.1) wurde eine Liste von Kriterien ermittelt, welche für die Nutzung von städtischen Grünflächen allgemein bzw. im Speziellen für bestimmte Aktivitäten relevant sind (vgl. Abb. 4 in Kapitel 2.2.1). Mit der Indikatorenentwicklung werden Messgrößen (Indikatoren) definiert, mit denen der Grad der Erfüllung eines jeden Kriteriums quantifiziert werden kann. Dies ist die Grundlage für die Bewertung einer Grünfläche in der App über ein oder mehrere Kriterien mittels des entwickelten multikriteriellen Bewertungssystems (Cakir et al., 2021a). Mithilfe des über die Befragung gewonnenen Wissens zu den Präferenzen der Nutzerinnen und Nutzer (Gewichte) kann letztendlich auch die Eignung zur Ausübung einer bestimmten Aktivität für eine Grünfläche bewertet werden (vgl. Kapitel 3.3.).

Zur Berechnung der Indikatoren ist die Verfügbarkeit und vor allem auch Zugänglichkeit geeigneter Datensätze entscheidend (Feltynowski et al., 2018). Zur Bewertung werden vor allem Indikatoren genutzt, welche die physische Struktur, die Ausstattung aber auch die Nutzung und Wahrnehmung von Grünflächen beschreiben. Dabei spielen verschiedene Datenquellen eine Rolle:

- (Open) Government Data, also amtliche Daten, die von Behörden (z. B. Kommune, Land) zur freien Nutzung, Wiederverwendung und Weiterverteilung zur Verfügung gestellt werden (Open Data Charter, 2015). Neben den lokalen Behörden stellen zunehmend auch die Landesvermessungsämter ihre Geodaten und Karten zur Verfügung. Die Datenqualität variiert in Abhängigkeit von der Art der Datenerhebung und der Häufigkeit der Aktualisierungen, ist aber in der Regel in den Metadaten gut dokumentiert.
- VGI-Daten, wie OpenStreetMap oder aus Wikidata. Dies sind freiwillig von Einzelpersonen gesammelte und bereitgestellte Geoinformationen. OpenStreetMap (OSM) ist dabei die meistgenutzte, analysierte und zitierte VGI-Plattform (Neis und Zielstra, 2014) die darauf abzielt, kollaborativ eine frei editierbare Karte der Welt zu generieren. Diese enthalten vor allem Informationen zur Ausstattung wie Bänke, Spielplätze und Wege. Die Datenqualität von VGI ist sehr heterogen.
- Frei verfügbare Fernerkundungsdaten des europäischen Copernicus-Programms, speziell der Sentinel-2-Mission
- Standortbezogene Social-Media-Daten von Flickr, Instagram und Twitter analysiert (Dunkel et al. 2020)

Die Tab. 3 gibt in einer Übersicht Aufschluss darüber, welche Datenquellen herangezogen wurden, um die Indikatoren für die beiden Städte zu berechnen. Die Indikatoren für die wurden teilweise selbst entwickelt und teilweise aus der Literatur abgeleitet. Zwei der Kriterien (Naturnähe und Ruhe) werden über zwei Indikatoren bewertet. Die Datenverfügbarkeit sowie die eher subjektive Wahrnehmung der Menschen ist der Grund, warum einige Kriterien auch durch mehr als einen Indikator beschrieben werden können. Ruhe kann beispielsweise durch den Lärmpegel von nahegelegenen Straßen ausgedrückt werden, der in der physikalischen Einheit Dezibel (Db) gemessen werden kann und sich in Lärmkatasterkarten wiederfindet. Da Menschen Ruhe jedoch auch oft mit der Anzahl an Menschen, die sich gleichzeitig auf einer Grünfläche befinden, in Verbindung gebracht werden, ziehen wir einen zweiten Indikator in Betracht, der die Anzahl der Social-Media-Posts auf der Grünfläche bezogen auf die Gesamtgröße der Grünfläche anzeigt. Dieser Indikator drückt die Beliebtheit des Ortes aus und erlaubt daher einen Näherungswert für die Anzahl der Personen, die an diesem Ort zu erwarten sind. Die Erfüllung der anderen Kriterien wird jeweils mit nur einem Indikator bestimmt. Ein paar der Kriterien stehen nicht in Verbindung mit einer Aktivität, sind aber dennoch als relevante Kriterien identifiziert worden (z. B. Unterstand). Für genauere Informationen zur Indikatorenentwicklung siehe Krellenberg et al. (2021).

*Tab. 3: Übersicht über die verwendeten Kriterien, dazugehörigen Indikatoren und verwendeten Datenquellen in den beiden Städten*

| Kriterien | Indikatoren | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Ausstattung | | | |
| Bänke | Anzahl der Bänke pro Quadratmeter | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0 (2019),<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Grillplätze | Vorhandensein eines Grillplatzes | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0 | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Hundewiese | Vorhandensein einer Hundewiese | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0 (2019) | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Kottütenspender | Vorhandensein von Kottütenspendern | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Lokal | Anzahl der Lokale in einem Umkreis von 50 Metern um die Grünfläche | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Mülleimer | Anzahl der Mülleimer pro Quadratmeter | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0 (2019),<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg (2019) |
| Sehenswürdigkeiten | Anzahl der Sehenswürdigkeiten pro Quadratmeter | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Spielplatz | Vorhandensein eines Spielplatzes | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |

| Kriterien | Indikatoren | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Toiletten | Vorhandensein einer Toilette | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Trinkwasser | Vorhandensein eines Trinkwasserbrunnens oder eines Lokals mit kostenfreier Auffüllungmöglichkeit von Flaschen | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Unterstand | Vorhandensein eines Unterstandes | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| WLAN Hotspots | Vorhandensein eines WLAN-Hotspots | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de (2019) unter dl-de/by-2-0 | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Eigenschaften | | | |
| Abstand zur Straße | Mittlere Entfernung der Grünfläche zur Straße | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Artenvielfalt | Angepasster Shannon-Index nach Fischer & Mölder (2017) | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| Ästhetik | Anzahl der Social Media Posts auf der Grünfläche nach Tieskens et al. (2018) | standortbezogenen Social-Media-Daten (01.01.2015-31.10.2020), Nur abgeleitete Daten (Statistiken)<br><br>(Flickr, Instagram, Twitter) | standortbezogenen Social-Media-Daten (01.01.2015-31.10.2020), Nur abgeleitete Daten (Statistiken)<br><br>(Flickr, Instagram, Twitter) |
| Asphaltfreie Wege | Anteil der asphaltfreien Wege an der Gesamtweglänge | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Asphaltierte Wege | Anteil der asphaltierten Wege an der Gesamtweglänge | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |

| Kriterien | Indikatoren | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Flache Wege | Mittlere Steigung der Wege | Digitales Geländemodell (DGM2) - Freistaat Sachsen,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Digitales Geländemodell Gitterweite 10 m (DGM10) © GeoBasis-DE / BKG (2019)<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Flache Wiese | Mittlere Steigung der Wiesenfläche | Digitales Geländemodell (DGM2) - Freistaat Sachsen,<br><br>Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Digitales Geländemodell Gitterweite 10 m (DGM10) © GeoBasis-DE / BKG (2019)<br><br>Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| Flächengröße | Größe der Grünfläche | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Naturnähe | Naturbelassenheit:<br><br>Anteil der Baumfläche an der Gesamtfläche | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| | Einheimische Arten:<br><br>Anteil der einheimischen Bäume an der Gesamtbaumzahl | Baumkatasterdaten von Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft | Baumkatasterdaten der Stadt Heidelberg |
| Ruhe | Anzahl der Social Media Posts auf der Grünfläche | standortbezogenen Social-Media-Daten (01.01.2015-31.10.2020), Nur abgeleitete Daten (Statistiken)<br><br>(Flickr, Instagram, Twitter) | standortbezogenen Social-Media-Daten (01.01.2015-31.10.2020), Nur abgeleitete Daten (Statistiken)<br><br>(Flickr, Instagram, Twitter) |
| | Mittlere Dezibelzahl der Grünfläche nach Jabben et al. (2015) | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0, | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |

| Kriterien | Indikatoren | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Schatten | Anteil der Baumfläche an der Gesamtfläche | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| Viel Grün | Mittleres Grünvolumen der Grünfläche nach Schulze et al. (1984) | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| Weglänge | Die gesamte Weglänge, die von Fußgänger*innen oder Radfahrer*innen genutzt werden können bzw. dürfen. | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Naturelemente | | | |
| Bäume | Anteil der Baumfläche an der Gesamtfläche | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| Gewässer | Vorhandensein eines Wasserelements | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0 (2019) | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Tiere | Anzahl der Social Media Posts zum Thema "Wildtiere" auf der Grünfläche | Standortbezogenen Social-Media-Daten (01.01.2015-31.10.2020), Nur abgeleitete Daten (Statistiken)<br><br>(Flickr, Instagram, Twitter) | Standortbezogenen Social-Media-Daten (01.01.2015-31.10.2020), Nur abgeleitete Daten (Statistiken)<br><br>(Flickr, Instagram, Twitter) |
| Wald | Vorhandensein eines Waldes | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0,<br><br>Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Wiesenfläche | Anteil der Wiesenfläche an der Gesamtfläche | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |
| Große Wiese | Die größte zusammenhängende Wiesenfläche einer Grünfläche | Grünvolumen 2017 © Landeshauptstadt Dresden | Landbedeckungs-klassen aus Land Cover DE - Sentinel-2 (2015) unter CC BY-NC 4.0 |

| Kriterien | Indikatoren | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Sportmöglichkeiten | | | |
| Basketballplatz | Vorhandensein eines Basketballplatzes | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Fitnessgeräte | Vorhandensein von Fitnessgeräten | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Fußballplatz | Vorhandensein eines Fußballplatzes | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Radwege | Vorhandensein von Radwegen | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Skateanlage | Vorhandensein einer Skateanlage | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Tischtennisplatte | Vorhandensein einer Tischtennisplatte | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |
| Volleyballfeld | Vorhandensein eines Volleyballfeldes | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL |

### 3.2.1 Fernerkundungsdaten

Grünstrukturen einer Stadt können auf unterschiedliche Weisen erhoben werden wobei die manuelle Vermessung der Grünflächen dabei eine zeit- und kostenintensive Methode ist. Automatisierte Ansätze basierend auf Fernerkundungsdaten bieten dafür eine kosten- und zeiteffiziente Alternative. Beispielsweise verfügt der Satellit Sentinel-2 über einen multispektralen Sensor und stellt in zeitlich engen Wiederholzyklen und einer hohen räumlichen Auflösung von 10 m kostenfrei Satellitendaten bereit. Womit diese zum jetzigen Zeitpunkt die höchstaufgelösten frei verfügbaren globalen Satellitendaten darstellen. Der Radarsatellit Sentinel-1 gehört wie Sentinel-2 zum europäischen Erdbeobachtungsprogramm Copernicus. Eine Kombination dieser Daten zur Ableitung von Grünstrukturen würde durch ein Resampling auf die geringer aufgelösten Daten von Sentinel-1 mit einem Informationsverlust einhergehen. Insgesamt ist die hohe Auflösung der Sentinel-2 Satelliten für eine Bestimmung verschiedener Grüntypen ausreichend und ein Mehrwert durch die Hinzunahme von Sentinel-1 Daten nicht gegeben.

Für die Differenzierung verschiedener Vegetationsklassen wurde sich an den LUCAS-Klassen sowie deren spektralen Eigenschaften orientiert. Unterschieden werden sollen vor allem Laubbäume, Nadelbäume, Ackerland und Wiese. Eine Klasse für Sträucher wurde nicht gebildet, da nur ca. 1 % der LUCAS-Referenzpunkte reine Strauchlandschaften darstellen und dadurch die Anzahl für ein Training des Klassifikators zu gering war. Außerdem konnten durch hochauflösende Referenzdaten des IÖR für Dresden festgestellt werden, dass die Fläche der Sträucher nur ca. 1 % der Stadtfläche einnimmt und nur < 0,1 % dieser Strauch-Pixel mehr als 50 % eines Sentinel-2 Pixels bedecken. Somit ist auch die Mindestkartiereinheit von 100 m² (Sentinel-2 Pixel), besonders in urbanen Gebieten, oft nicht gegeben. Abb. 36 zeigt den Bertolt-Brecht-Platz in Dresden mit einer hochauflösenden Referenzkartierung. Die Klasse der Sträucher ist nur sehr gering vorhanden und nimmt kaum die Fläche eines Sentinel-2 Pixels ein.

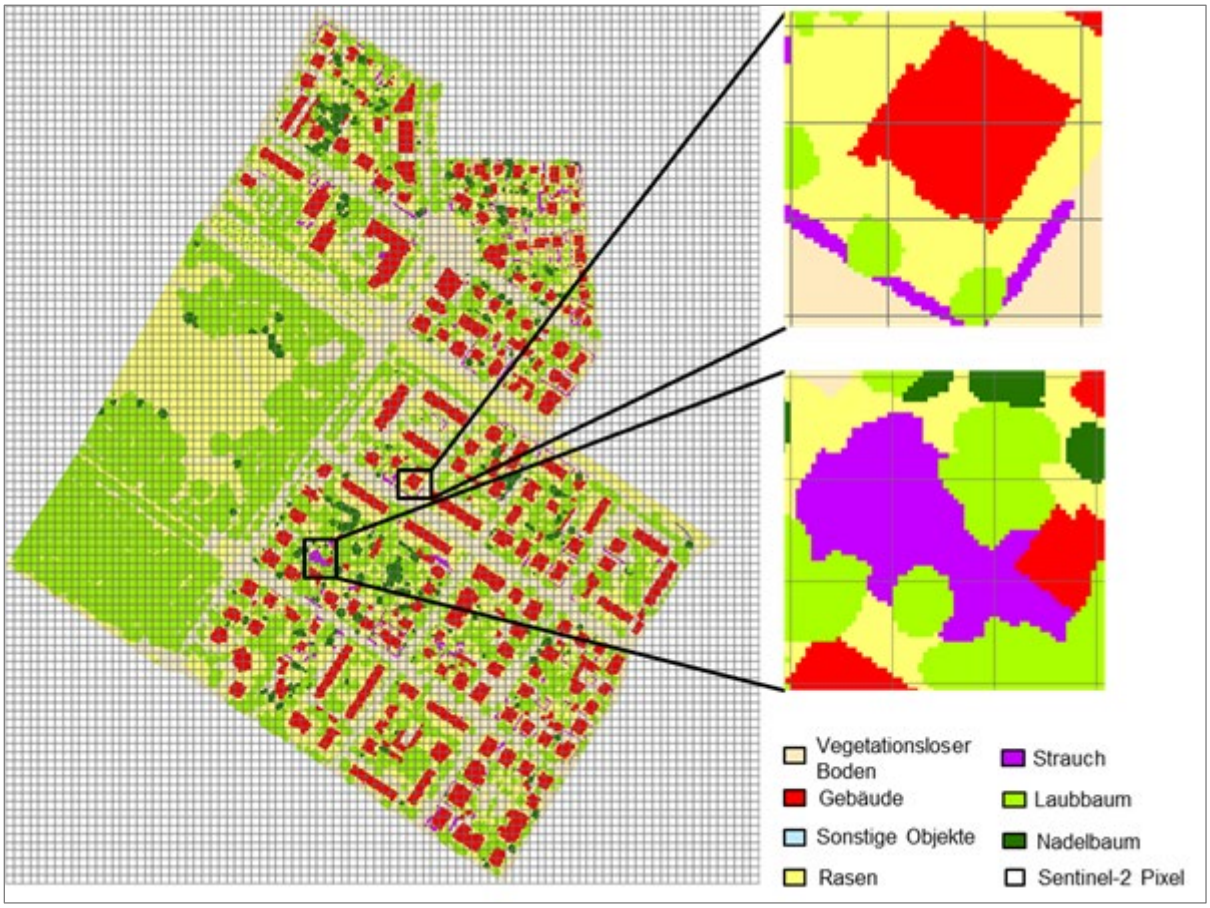


*Abb. 36: Bertolt-Brecht-Platz in Dresden mit hochauflösender Referenzkartierung des IÖR; Gitterzellen stellen Sentinel-2 Pixel (10 x 10m) dar.*

Für die Wolkendetektion wurde, basierend auf dem QA-Band der Sentinel-2 Satellitendaten, eine Wolkenmaske erstellt (Tenikl et al., 2019). Anschließend konnte durch eine Überlagerung der Kacheln ein wolkenfreies Bildmosaik aus dem Median aller sich überlagernden Grauwerte pro Bildpunkt (Pixel) für den Zeitraum 2015-2017 und für das Jahr 2018 gebildet werden. Ein zweiter Zeitschnitt wurde angestrebt, um eine mögliche Veränderung der Grünflächen zu detektieren. Dieses Medianmosaik wurde für die spektralen Bänder 2, 3, 4 und 8 erstellt. Durch die Verwendung des Medians wird sichergestellt, dass keine statistischen Ausreißer die Analyse beeinflussen. Im nächsten Schritt wurden drei unterschiedliche Indizes berechnet sowie weitere Bildmerkmale (>200), um die Vorhersagekraft des verwendeten maschinellen Lernverfahrens, speziell dem Random Forest-Algorithmus, zu verbessern. Für das Training des Algorithmus wurden 80 % der LUCAS-

Referenzpunkte genutzt. Die restlichen 20 % der Referenzpunkte dienten in weiteren Schritten der Validierung. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik zur Ableitung der Landbedeckungsklassifikation ist in Tenikl et al. (2019) sowie Weigand et al. (2020) zu finden. Die Abb. 37 das Ergebnis der Klassifikation für die beiden Pilotstädte.

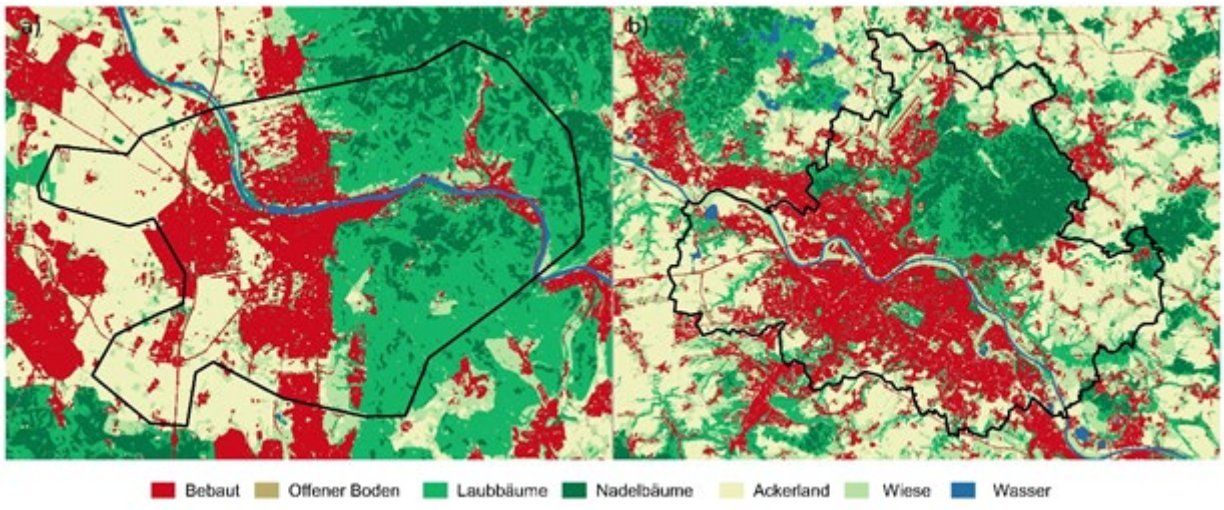


*Abb. 37: Ergebnis der Landbedeckungsklassifikation basierend auf Sentinel-2 und LUCAS (2015) mit administrativen Grenzen für Heidelberg (links) und Dresden (rechts).*

Die Validierung der Klassifikationsprodukte wurde nach vorheriger Konzeption und objektiv angelegten Qualitätskriterien anhand der 20 % der LUCAS-Referenzpunkte durchgeführt. Die Gesamtgenauigkeit beträgt für den Zeitschnitt 2015 93,6 % und für 2018 91,4 %. Des Weiteren konnten für Dresden vom IÖR sehr hochauflösende Referenzdaten basierend auf LiDAR-Daten bereitgestellt werden. Auch eine Validierung mit diesen Daten zeigte ein zufriedenstellendes Ergebnis, obwohl die räumliche Auflösung der Referenzdaten mit 0,25 m² im Gegensatz zu der Klassifikation mit 100 m² einen großen Unterschied darstellt. Auch der Vergleich der Landbedeckungsklassifikationen 2015 und 2018 deutet auf einen stabilen Klassifikator hin. Satellitenszenen mit unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten können besonders in der Phänologie auf landwirtschaftlich genutzten Flächen enorme Unterschiede aufweisen. Der Algorithmus klassifiziert diese Flächen sehr zuverlässig. Dies lässt sich mit dem Medianmosaik erklären, welches durch die Vielzahl an Satellitenszenen von unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten die phänologische Entwicklung der Vegetation im Jahresverlauf berücksichtigt. Die in der Fachliteratur bekannten Möglichkeiten zur Erkennung von Veränderungen zwischen den Klassifikationen wurden anhand unterschiedlicher Methoden, wie Objektbildung oder Flächenvergleichen auf administrativen Ebenen, dargestellt. Die Untersuchung der Veränderungen zeigt insgesamt eine sehr geringe Dynamik der natürlichen und gebauten Landschaft in Deutschland, wie sie bereits auch in vergleichbaren Datensätzen zum Monitoring der Landschaft wie z. B. im European Urban Atlas im Zeitraum von sechs Jahren durchgeführt wurden, dargestellt werden.

Je nach Fragestellung könnten andere sehr hochauflösende Satellitendaten von Vorteil sein, da damit kleinräumige Grünflächen detaillierter erfasst werden könnten. Diese hochauflösenden Daten sind jedoch kostenintensiv und benötigen viel Speicherplatz bei der Prozessierung und standen bei der Entwicklung nicht im Fokus.

### 3.2.2 VGI und (offene) kommunale Daten

Wie oben beschrieben, wurden die relevanten Ausstattungskriterien in einer Befragung erhoben. Durch Literatur und eigene Überlegungen wurden Indikatoren entwickelt, mit denen der Erfüllungsgrad der Kriterien mit einem Maß quantifiziert werden kann (vgl. Tab. 3). Vor allem zur Berechnung der Indikatoren zur Ausstattung spielte sowohl offene und nicht-offene städtische Daten, sowie VGI-Daten von OpenStreetMap (OSM) eine zentrale Rolle, wobei Unterschiede zwischen beiden Städten zu verzeichnen sind. Dabei wurden VGI und (offene) kommunale Daten miteinander kombiniert mit dem Ziel, unvollständige Datensätze jeweils zu ergänzen. Städtische Daten existieren beispielsweise nicht für das Umland, weswegen hier allein OSM Daten zur Berechnung der Ausstattungsindikatoren verwendet wurden. Andererseits ist man bei der Nutzung von städtischen Daten darauf angewiesen, dass diese vorliegen und entweder frei verfügbar oder von der Stadt beziehbar sind.

Die OSM Daten unterliegen ihrerseits einigen Limitationen, beispielsweise in ihrer Vollständigkeit. Um das zu überprüfen, wurde eine Analyse zur Datenqualität in Dresden durchgeführt. Hierzu wurde die Anzahl verschiedener POIs der städtischen und der OSM Daten auf Ebene der städtischen Grünflächen verglichen. Bei den meisten der untersuchten Ausstattungsmerkmale liegen in OSM weniger Daten vor als bei den städtischen Daten. Die geringste Vollständigkeit von sieben untersuchten Ausstattungsmerkmalen aller städtischen Park- und Grünanlagen hat der Indikator Mülleimer mit nur knapp einer Vollständigkeit von 30 %. Auch bei Bänken ist gesamtstädtisch betrachtet nur knapp jede zweite in OSM kartiert. Im Gegensatz dazu gibt es auch Ausstattungsmerkmale wie Tischtennisplatten, von denen in OSM sogar mehr eingetragen sind, als in den städtischen Daten Dresdens. Dies kann an einer verminderten Aktualität der städtischen Daten liegen oder an einer fälschlichen Eintragung in OSM (beispielsweise eine doppelte Eintragung der gleichen Tischtennisplatte). Insgesamt zeigte die Auswertung, dass die OSM Daten die städtischen Daten gut ergänzen können, jedoch keine alleinige verlässliche Quelle bietet und deren Qualität vor der Verwendung stets überprüft werden sollte.

### 3.2.3 Standortbezogene Social-Media-Daten

Traditionelle Methoden der empirischen Sozialforschung wie Umfragen, Interviews, und Teilnehmenden-Beobachtungen sind etablierte Methoden zur Erhebung von nutzerabhängigen Daten zu Nutzungsmustern, Wahrnehmung und Wertschätzung der städtischen Grünflächen. Obwohl die mit diesen Methoden gesammelten Informationen oft zuverlässig sind, weisen sie erhebliche Einschränkungen in Bezug auf die hohen Kosten der Implementierung und ihre begrenzte zeitliche und räumliche Abdeckung auf. In den letzten Jahren hat die Verwendung von standortbezogenen Social-Media-Daten als effizientere Alternative für die Untersuchung der Erholung im Freien und der Interaktionen zwischen Mensch und Umwelt an Fahrt gewonnen. Standortbezogene Social-Media-Daten beziehen sich auf webbasierte Dienste (wie Flickr, Twitter, Instagram, Facebook, etc.), mit denen die Nutzer*innen Beiträge erstellen, mit expliziten geografischen Informationen (geotags) versehen und in Online-Communities teilen können. Sowohl der Inhalt der Bilder/Videos als auch der Text, den die Menschen auf diesen Plattformen teilen, enthalten unter anderem auch eine Fülle von Informationen über die Orte, die die Menschen schätzen und die Bedeutungen, die sie den Orten zuschreiben. Da ein großer Teil dieser Daten in städtischen Gebieten erstellt und geteilt wird, kann die Vielzahl dieser digitalen Spuren, die Social-Media-Nutzer*innen hinterlassen, neue Einblicke in die kollektive Wahrnehmung und Nutzung der städtischen Grünflächen ermöglichen.

Trotz ihrer Einschränkungen in Bezug auf die inhärente Selektionsverzerrung und Datenqualität, wurde das Potenzial dieser relativ leicht verfügbaren und räumlich- und zeitlich-skalierbaren Daten für die Untersuchung der Interaktionen zwischen Menschen und ihrer Umgebung in vielen Studien

nachgewiesen. Nachdem Wood et al. (2013) gezeigt haben, dass die Dichten der standortbezogene Social-Media-Daten im Vergleich zu beobachteten Besuchsmustern ein zuverlässiger Indikator für die Besuchshäufigkeit in Nationalparks sind, haben sich explizit geokodierte Social-Media-Daten als potenziell wertvolle Datengrundlage für die Untersuchung der kollektiven Nutzungsmustern sowohl von Naturschutzgebieten (Hausmann et al., 2018; Sessions et al., 2016; Tenkanen et al., 2017) als auch von städtischen Grünflächen (Donahue et al., 2018; Hamstead et al., 2018) herausgestellt. Darüber hinaus, ausgehend von der Annahme, dass es einen direkten Zusammenhang zwischen der Dichte der von den Nutzer*innen aufgenommenen Fotos und der ästhetischen Wertschätzung von Kulturlandschaften gibt, wurde in einigen Studien die Dichte der geokodierte Fotos als Proxy für den ästhetischen Wert von Landschaften verwendet (Casalegno et al., 2013; Langemeyer et al., 2018; Tieskens et al., 2018; van Zanten et al., 2016).

Social-Media-Posts enthalten eine Fülle von semantisch reichhaltigen Informationen darüber, was Nutzer*innen in ihrer Interaktion mit ihrer Umgebung als sinnvoll halten (z. B. die Landschaften und die Merkmale, die sie mögen oder die ihre Aufmerksamkeit erregen). Zudem kann der Inhalt von Social-Media-Daten auch die verschiedenen Interessen und Aktivitäten der Nutzern*innen widerspiegeln. Daher kann die Inhaltsanalyse von Social-Media-Daten neue und wertvolle Erkenntnisse über die Interaktionen zwischen Menschen und der Umwelt (Di Minin et al., 2015) sowie über die Präferenzen der Menschen für Naturerlebnisse (Hausmann et al., 2018; Oteros-Rozas et al., 2018) aufdecken. Forschungsarbeiten, die den Inhalt von mit Geotags versehenen Fotos oder Texten untersuchen, haben gezeigt, dass diese Daten eine effektive Datenquelle sind, um die Nachfrage nach kulturellen Ökosystemleistungen zu bewerten (Guerrero et al., 2016; Lee et al., 2019; Oteros-Rozas et al., 2018; Richards and Friess, 2015; Ruiz-Frau et al., 2020), die unterschiedlichen Arten von in Grünflächen ausgeübten Freizeitaktivitäten aufzudecken (Dai et al., 2019; Heikinheimo et al., 2020) oder sogar Informationen über die kollektive Wahrnehmung von verschiedenen Landschaften abzuleiten (Dunkel, 2015).

Aufgrund der Nichtverfügbarkeit empirischer Daten über die kollektive Nutzung, Wertschätzung und Wahrnehmung von städtischen Grünflächen in Heidelberg und Dresden, für die Quantifizierung der Beliebtheit, Ästhetik und Tiere Indikatoren, wurden standortbezogene Social-Media-Daten von Instagram, Flickr und Twitter (einschließlich Fotos, die mit Text versehen sind und Textnachrichten) verwendet. Die Daten wurden anhand der eingebetteten Standortinformationen und eines benutzerdefinierten Bounding Box für jede der Städte identifiziert und über die von jeder der Plattformen zur Verfügung gestellte API abgerufen und erfasst. Es wurden nur öffentlich verfügbare Social-Media-Posts, die zwischen dem 1. Januar 2015 und dem 31. Oktober 2020 veröffentlicht wurden, berücksichtigt und als CSV-Datei zusammen mit Metainformationen wie Benutzer-ID, Koordinaten, Beschriftungen, Aufnahme- und Upload-Datum gespeichert. Duplikate wurden entfernt und nach der Verschneidung des Datensatzes mit den Zielpolygonen umfassten die endgültigen Datensätze 782.310 Social-Media-Posts (59.101 Tweets und 664.925 Instagram und 58.284 Flickr Beiträge) für Dresden bzw. 308.496 Posts (28.886 Tweets und 245.992 Instagram und 33.618 Flickr Beiträge) für Heidelberg (Tab. 4).

Die Auswahl der Plattformen wurde hauptsächlich von der Beliebtheit der Social-Media-Kanäle und der Spezifität der jeweiligen Inhalte bestimmt. Social-Media-Plattformen werden je nach den Bedürfnissen oder dem Verhalten der Nutzenden unterschiedlich verwendet. Während Instagram im Allgemeinen verwendet wird, um alltägliche Aktivitäten, Erfahrungen oder Erinnerungen in Echtzeit über eine mobile Anwendung zu erfassen, zu veröffentlichen und zu teilen, wird Twitter eher zum Teilen von Gedanken und Ideen verwendet. Flickr, die bei Fotograf*innen sehr beliebt ist, wird am häufigsten verwendet, um qualitativ hochwertige Bilder hochzuladen. Um ein breiteres Anwender*innen-Spektrum abzudecken, wurden die drei Datenquellen kombiniert, was durch die erhöhte Datenbreite zu robusteren Ergebnissen führte.

*Tab. 4: Übersicht der verwendeten Social-Media-Daten für Quantifizierung der meinGrün Indikatoren zur Nutzung und Wahrnehmung*

| | Dresden | | | Heidelberg | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Instagram** | **Flickr** | **Twitter** | **Instagram** | **Flickr** | **Twitter** |
| Gesamt Anzahl Social-Media-Posts (Beliebtheit/Ruhe) | 664.925 | 58.284 | 59.101 | 245.992 | 33.618 | 28.886 |

Die verschiedenen informellen Nutzungen von Social Media in meinGrün werden im Folgenden anwendungsbezogen vorgestellt.

### Beliebtheit/Frequentierung Grünflächen (Ruhe Indikator)

Die Beliebtheit der städtischen Grünflächen in Dresden und Heidelberg wurde anhand der Dichte von standortbezogenen Social-Media-Posts gemessen. Dieser Ansatz lässt es leider nicht zu, zwischen Frequentierung und Beliebtheit eindeutig zu unterscheiden. Entsprechend Song et al. (2020) ist es so, dass beliebte Flächen auch öfter frequentiert werden und Flächen mit hoher Frequentierung in der Tendenz auch eher eine höhere Beliebtheit aufweisen. Jedoch gibt es Ausnahmen. Es ist daher nicht möglich, Verallgemeinerungen zu treffen. Nur weil eine Fläche in den Sozialen Netzwerken nicht diskutiert wird, bedeutet dies beispielsweise nicht, dass diese Fläche nicht beliebt ist. Umgekehrt kann eine hohe Frequentierung auch andere Gründe haben (z. B. bei zentralen Verkehrsknotenpunkten wie den Hauptbahnhöfen).

Dennoch können die Muster aus Sozialen Netzwerken einen wichtigen Indikator darstellen. Für die meinGrün-App wurden zwei Ansätze verfolgt. Zum einen kann die Frequentierung im Routing genutzt werden, um explizit beliebte Routen zu wählen oder gegengesetzt, zum Vermeiden von hoch frequentierten Routen (Abb. 39). In ganz ähnlicher Art lassen sich die Daten für Polygone nutzen (Abb. 38). Die Verarbeitung der Daten für Grünflächen ist in einem Notebook dargelegt und beschrieben.[10] Die Verarbeitung für den OSM Graphen mit Zielnutzung durch das OSM Routing in einem anderen Notebook.[11] Die Verarbeitungsprozesse sind parametrisiert und lassen sich sowohl auf verschiedene Granularitäten als auch auf beliebige Gebiete anwenden. Das Einbinden in die Social Media API steht derzeit noch aus.

[10] https://wwwpub.zih.tu-dresden.de/~s7398234/vis/zielgeometrien-intersect_v6.html

[11] https://wwwpub.zih.tu-dresden.de/~s7398234/vis/osm_frequency_map_V3.html

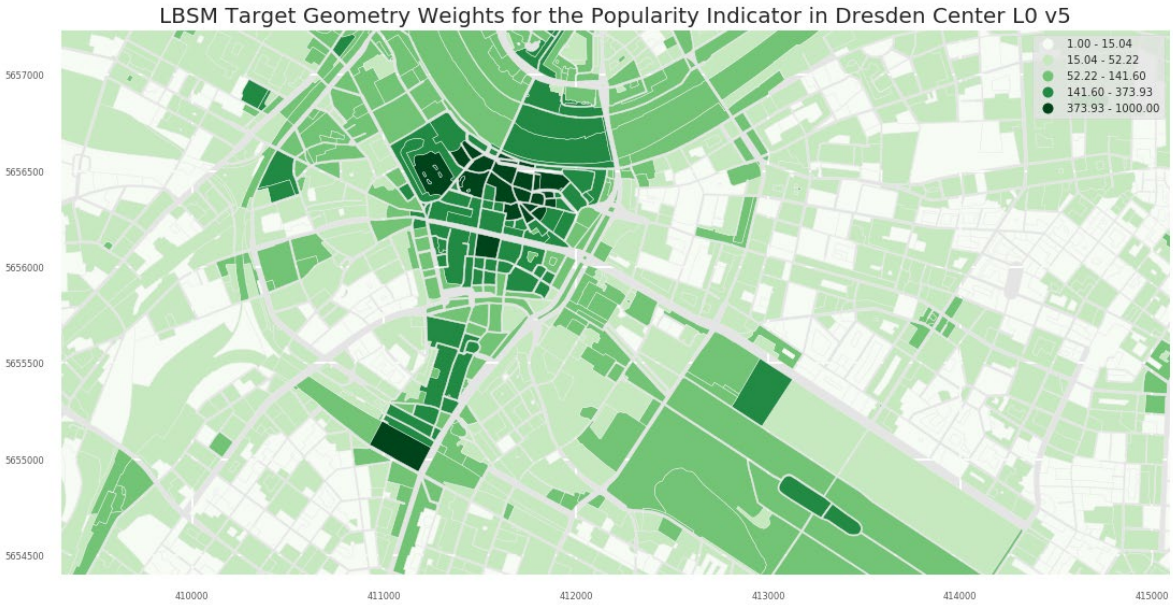


*Abb. 38: Beispielauswertung für die Beliebtheit/Frequentierung von Flächen in Dresden. Dunklere Grüntöne deuten auf eine höhere Frequentierung/Beliebtheit hin, wogegen hellere Töne eine geringere Beliebtheit/Frequentierung vermuten lassen.*

*Abb. 39: Beispielauswertung für die Beliebtheit/Frequentierung des OSM-Graphen in Heidelberg. Dunklere Rottöne deuten auf eine höhere Frequentierung/Beliebtheit hin, wogegen hellere Töne eine geringere Beliebtheit/Frequentierung vermuten lassen.*

### Ästhetik-Indikator

In Anlehnung an frühere Arbeiten liegt dem Ansatz zur Quantifizierung der ästhetischen Qualität von städtischen Grünflächen in den beiden Pilotstädten die grundsätzliche Annahme zugrunde, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Dichte von Fotos und der ästhetischen Wertschätzung von kulturellen Stadtlandschaften besteht. Einige der beigetragenen Fotos oder Tweets stehen jedoch nicht im Zusammenhang mit der natürlichen Umgebung oder den wahrgenommenen Landschaften. Daher wird hier als Verbesserung zu bestehenden methodischen Ansätzen vorgeschlagen, dass die Identifizierung und Mitberücksichtigung nur der Posts deren textliche Beschreibung darauf hinweist, dass sie sich auf Natur, Außenumgebungen und Landschaftsfotografie beziehen, die Qualität der Analyse und die Gültigkeit der Ergebnisse verbessern würde. Folglich wurden die Social-Media-Posts thematisch klassifiziert und nur die als Ästhetik-bezogen klassifizierten Posts wurden für die Berechnung des Ästhetik-Indikators berücksichtigt. Da Social-Media-Plattformen häufig zu Marketing- und Selbstdarstellungszwecken genutzt werden, besteht zudem ein erheblicher Teil der auf diesen Plattformen geteilten Inhalte aus Fotos von Personen oder Porträts ("Selfies"). Diese Inhalte sind für unsere Analyse nicht relevant, so dass sie aus unserem Datensatz herausgefiltert werden mussten.

Um die Social-Media-Posts zu identifizieren, die sich auf die ästhetischen Werte städtischer Grünflächen und das Vorhandensein von Wildtieren beziehen, wurde eine neuartige Methodik entwickelt, die auf unüberwachter Textklassifikation und gezielter Filterung von Social-Media-Beiträgen basiert (Gugulica & Burghardt, in Bearbeitung). Das Ergebnis der Prozessierung ist in Abb. 41 am Beispiel von Heidelberg dargestellt. Der entwickelte Python Textklassifikation-Algorithmus (Abb. 40) implementiert modernste NLP-Techniken und stützt sich auf die Berechnung der semantischen Textähnlichkeit zwischen den relevantesten Wörtern in der Überschrift eines Social-Media-Posts und einem Wörterbuch mit Schlüsselwörtern, die ein Thema (in unserem Fall Ästhetik oder Wildtiere) und seine semantische Dimension widerspiegeln. Die Idee hinter dem Algorithmus war es, eine numerische Darstellung von Wörtern zu erstellen, die ihre Bedeutungen, semantischen Beziehungen und die verschiedenen Kontexte, in denen sie verwendet werden, erfasst. Dazu wurden sogenannte Word2Vec  Word Embeddings (Mikolov et al., 2013) erstellt. Der Word2Vec-Ansatz verwendet maschinelles Lernen und auf neuronalen Netzen basierende Techniken, um Wörter in entsprechende Vektoren umzuwandeln, und zwar so, dass die semantisch ähnlichen Vektoren im N-dimensionalen Vektorraum nahe beieinander liegen, wobei N die Dimensionen des Vektors angibt. Durch die Berechnung des Kosinus-Ähnlichkeitsmaßes zwischen zwei Average Word Embeddings, von denen das eine das Thema und das andere den Social-Media-Post repräsentiert, wird also bestimmt, ob der Post mit dem jeweiligen Thema in Verbindung steht (Binäre Klassifikation). Für jedes der Themen wurde ein Topic Dictionary mit repräsentativen Begriffen bzw. Listen von Schlüsselwörtern (Tags), die ästhetische Werte von natürlichen Umgebungen und Landschaften oder Wildtieren in deutscher und englischer Sprache beschreiben, definiert. Zudem wurden unter Verwendung von Word Embeddings weitere semantisch ähnliche Begriffe erfasst und die Topic Dictionaries erweitert. Die Relevanz der Wörter in den Bildunterschriften bzw. Tweets wird mit dem Tf-idf-Maß (von Englisch *term frequency* 'Vorkommenshäufigkeit' und *inverse document frequency* 'inverse Dokumenthäufigkeit') - ein statistisches Maß, das im Information Retrieval zur Beurteilung der Relevanz von Begriffen in Dokumenten einer Dokumentensammlung verwendet wird, bestimmt. Die Skalierbarkeit und Übertragbarkeit dieses Ansatzes ist möglich und hängt nur von der Verfügbarkeit von Social-Media-Daten ab.

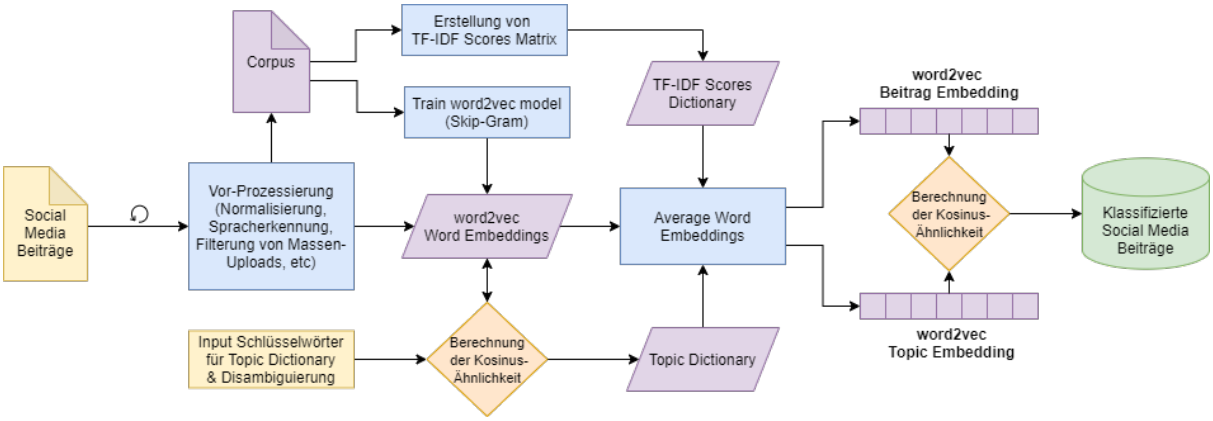


*Abb. 40: Überblick über den in Python implementierten Textklassifikation-Algorithmus*

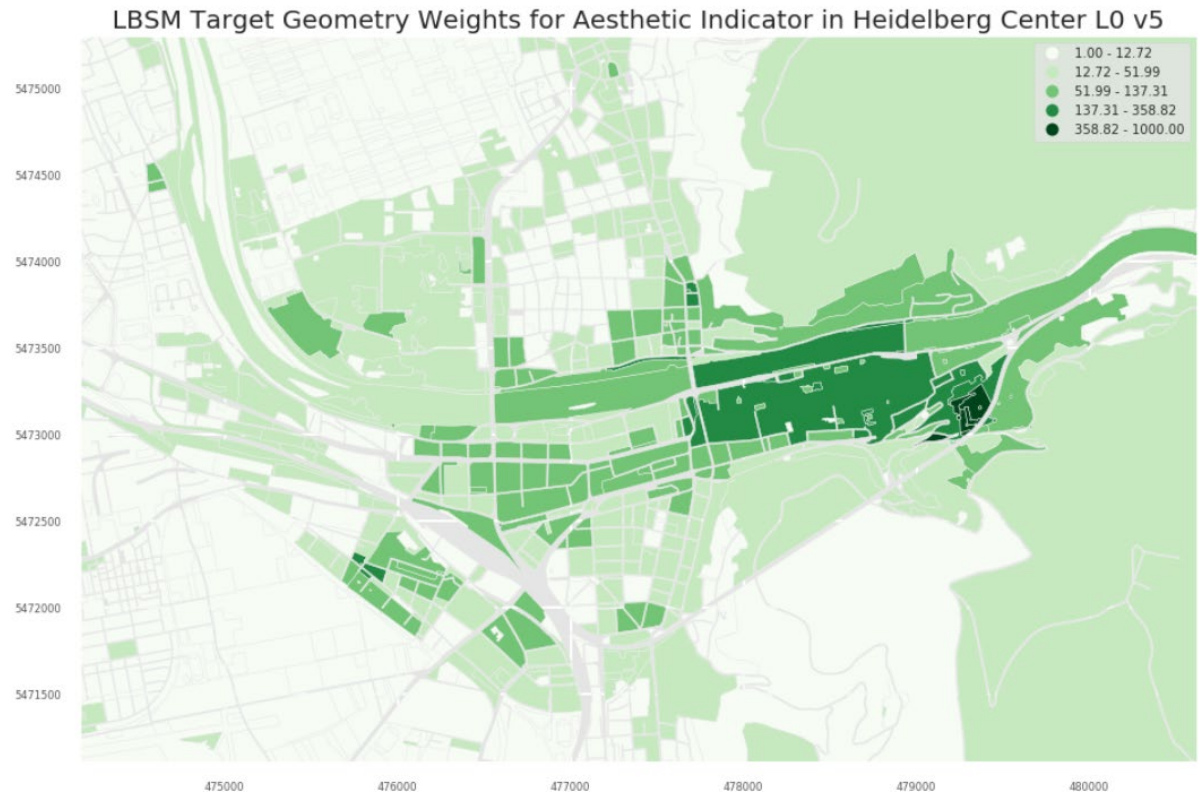


*Abb. 41: Beispielhafte Auswertung für den Ästhetik-Indikator der Grünflächen in Heidelberg Zentrum. Dunklere Grüntöne deuten auf eine höhere Dichte an Ästhetik-bezogenen Social-Media-Posts hin, wogegen hellere Farbtöne auf eine geringere Häufigkeit hindeuten.*

## Tiere Indikator

In ähnlicher Weise basiert die Quantifizierung des Tiere-Indikators (siehe Tab. 5 und Abb. 42) und auf der grundlegenden Annahme, dass Dichten von Social Media Posts, die sich auf Wildtiere und Wildtierfotografie beziehen, potenziell die Nachfrage nach Wildtierbeobachtung widerspiegeln und Hotspots für diese Aktivität anzeigen (Mancini et al., 2018; Mancini et al., 2019). Um die relevanten Social-Media-Posts für die Berechnung des Indikators zu identifizieren, wurde der gleiche Textklassifikation-Algorithmus verwendet. Hierbei ist es wichtig zu erwähnen, dass es zunehmend Hinweise dafür gibt, dass die Beobachtung von Wildtieren, wenn sie nicht ordnungsgemäß verwaltet wird, negative Auswirkungen auf die Umwelt haben kann (Pirrota & Lusseau, 2015). Daher sollten

Daten aus sozialen Medien in diesem Fall mit Vorsicht verwendet werden, um einen höheren Druck und ökologisch störende Auswirkungen zu vermeiden. Nichtsdestotrotz kann die Quantifizierung der zeitlichen und räumlichen Muster der Wildtierbeobachtung mit Hilfe sozialer Medien das Management unterstützen, indem es Gebiete, die unter hohem Druck durch diese Aktivitäten stehen, und Gebiete, die nachhaltig entwickelt werden könnten, um diesen Druck umzuverteilen, identifiziert.

Nach der Prozessierung der Social-Media-Posts wurden für jede der Pilotstädte ca. 8 % (bzw. 67344 Posts für Dresden und 24765 Posts für Heidelberg) des Gesamtvolumens der gesammelten Daten zur Quantifizierung des Ästhetik-Indikators verwendet und für die Quantifizierung des Tiere-Indikators wurden weniger als ein Prozent (bzw. 4773 Posts für Dresden und 2524 Posts für Heidelberg) der Datensätze betrachtet. Obwohl die auf Instagram geteilten Social-Media-Beiträge die Datensätze deutlich dominieren (was vor allem auf die gestiegene Popularität der Plattform zurückzuführen ist), konnte bei den Flickr-Nutzenden eine höhere Häufigkeit der Wildtiere-bezogenen Fotos festgestellt werden.

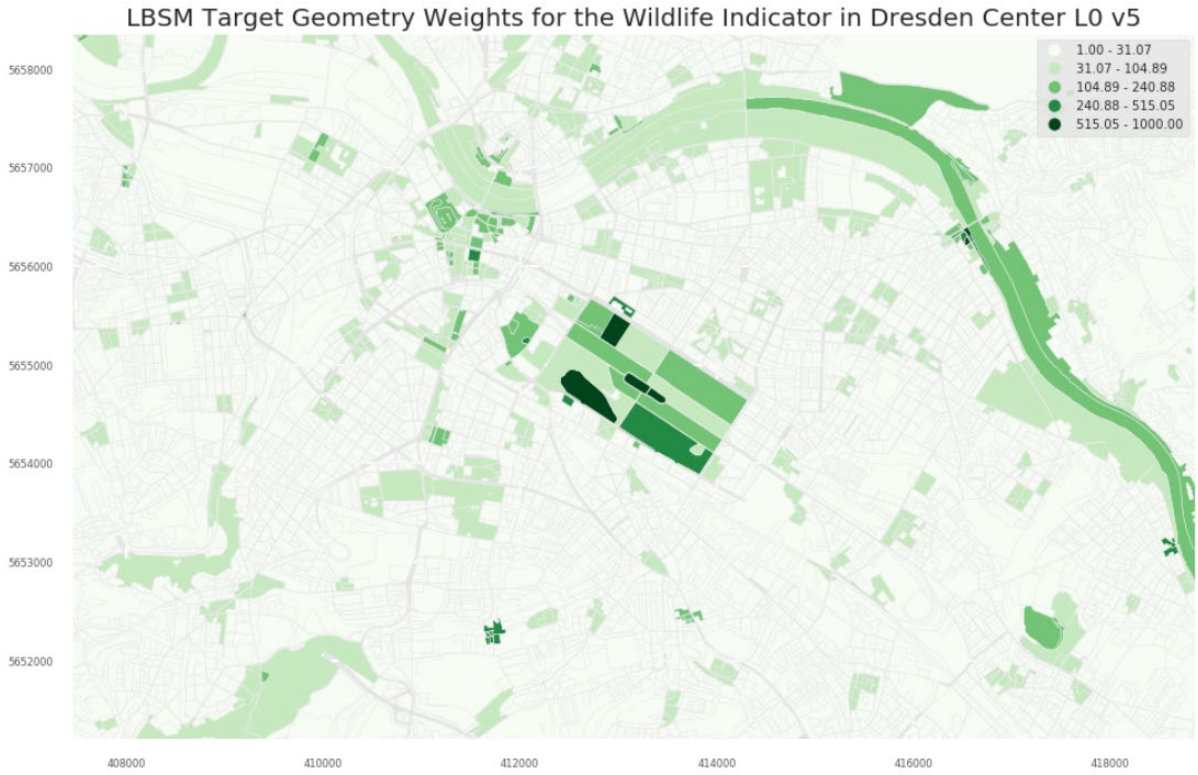


*Abb. 42: Beispielhafte Auswertung für den Wildtiere-Indikator der Grünflächen im Dresdner Zentrum. Dunklere Grüntöne kennzeichnen Gebiete, in denen in einer höheren Anzahl von Social-Media-Beiträgen über Wildtiere berichtet wurde, wogegen hellere Farbtöne Gebiete kennzeichnen, in denen die Häufigkeit von Wildtiere-bezogenen Social-Media-Posts geringer ist.*

*Tab. 5: Verwendete Social Media Daten für die Quantifizierung der Ästhetik- und Tiere - Indikatoren*

| | Dresden | | | Heidelberg | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Instagram** | **Flickr** | **Twitter** | **Instagram** | **Flickr** | **Twitter** |
| Anzahl Social-Media-Posts zum Thema „Ästhetik“ | 61.570 | 5.031 | 743 | 21.891 | 2.371 | 503 |
| Anzahl Social-Media-Posts zum Thema „Wildtiere“ | 2.065 | 2.674 | 34 | 849 | 1.648 | 27 |

### 3.2.4 Prozessierung der Aktivitäten-Scores

Nach der Entwicklung der Indikatoren sollen diese genutzt werden, um die um die Grünflächen zu bewerten. Hierfür wird in der meinGrün-App mit Hilfe eines berechneten ein Wert (Score) für die Grünflächen berechnet, der anzeigt, wie geeignet diese Grünflächen in Bezug auf die Durchführung einer ausgewählten Aktivität sind. Bei der Berechnung dieses Scores für die Eignung werden folgende Eingaben berücksichtigt: a) die normierten Indikatorwerte der Kriterien und b) die von den Nutzenden definierte Gewichtung für die Kriterien. Die Details sind im Kapitel 2.2.4.1 zu finden.

Ein Beispiel zur Berechnung des Grünflächen-Scores ist in der Abb. 43 zu sehen. Es stellt die Eignung von Grünflächen für die Aktivität „Essen und Trinken“ in Dresden dar. Je grüner eine Fläche dargestellt ist, desto geeigneter ist sie für diese Aktivität.

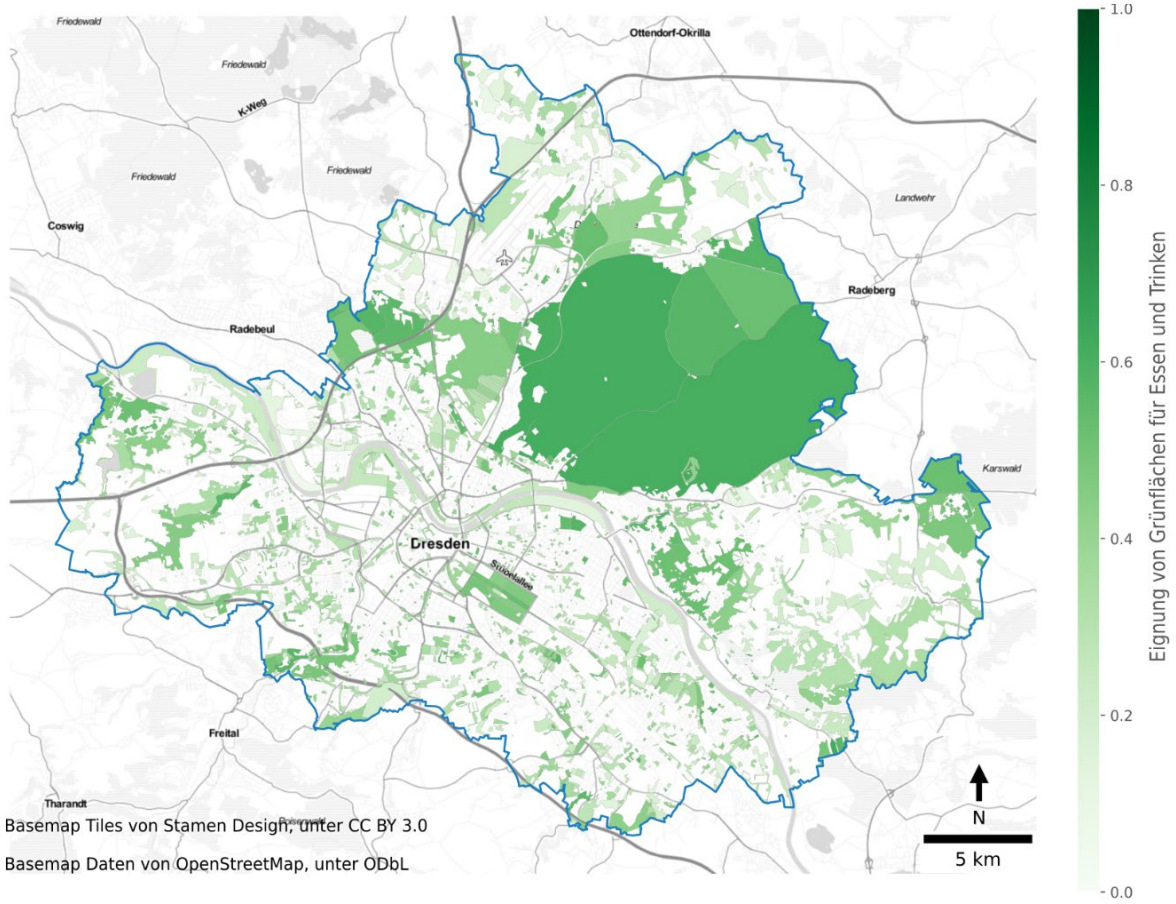


*Abb. 43: Darstellung der Eignung von Grünflächen für die Aktivität „Essen und Trinken" in Dresden.*

Vor der Score-Berechnung wurden wissensbasierte Regeln in Form von Filtern definiert, welche Grünflächen für die Nutzung für bestimmter Aktivitäten ausschließen (Tab. 6). Neben diesen Regeln wurden zusätzliche Filterregeln für bestimmte Aktivitäten nach Grünflächentypen definiert. Dies erfolgte in Abstimmung mit den Stadtverwaltungen der Pilotstädte. Die konkret implementierten Filterregeln für die beiden Städte sind in der Dokumentation der publizierten Datensätze zu finden (Cakir et al., 2021b, Cakir et al., 2021c).

*Tab. 6: Beispiel-Regeln zum Ausschluss von Grünflächen für bestimmte Aktivitäten*

| **Aktivität** | **nach Kriterium filtern** |
|---|---|
| Joggen | Flächengröße > 3 ha |
| Fußball spielen | Große Wiese > 0,04 ha |
| Rad fahren | Flächengröße > 5 ha |
| Skaten | Weglänge > 500 m, sofern kein Skatepark vorhanden ist |
| Natur beobachten | Flächengröße > 1 ha |

## 3.3 Vorprozessierung Routing

Für die meinGrün-App wurde eine eigene Instanz des OpenRouteService (ORS) (siehe 2.5.4) aufgesetzt und auf dieser Basis weiterentwickelt und um Funktionalitäten erweitert. Dazu zählt die Verbesserung der Datengrundlage für die Berechnung von grünen Routen sowie die Generierung von

schattigen Routen, welche bislang noch nicht in der öffentlichen ORS Instanz möglich ist. Das dem Routing zugrunde liegende Straßen- und Wegenetz basiert ausschließlich auf OSM. Während die Bestimmung der Lärmbelastung entlang der Route auf ein auf OSM-Daten trainiertes Regressionsmodell zurückgreift (Novack et al., 2018; Wang et al., 2020), mussten für die Ableitung der Grünheit und der Schattigkeit der Straßen und Wege weitere Datenquellen hinzugezogen werden.

Im Allgemeinen wird die Routenberechnung auf Grundlage eines Netzwerkgraphen durchgeführt, welcher aus Kanten (Straßen) und Knoten (Kreuzungen) besteht. Die Benutzung einer Kante, sprich das Zurücklegen einer Strecke im Straßennetz, ist mit Kosten verbunden. Diese werden durch eine Kostenfunktion berechnet, welche unterschiedlich definiert werden kann. Um die kürzeste Route zu berechnen, werden die Kosten durch die Länge des Straßensegments bestimmt; für die schnellste Route wird die Reisezeit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des jeweiligen Fortbewegungsmittels genutzt. Ein Routingalgorithmus findet, basierend auf diesen Graphen und den assoziierten Kosten, die optimale Route (z. B. schnellste Route). Hierfür gibt es verschiedene Algorithmen wie den Dijkstra oder A* Algorithmus. Letzterer wurde im Routingdienst der meinGrün-App verwendet.

Für die Berechnung der grünen, leisen und schattigen Routen wurden die Kostenfunktionen für den Routinggraphen so angepasst, dass neben der Weglänge oder Reisezeit auch die Grünheit, der Lärmpegel und die Sonneneinstrahlung berücksichtigt werden. Um beispielsweise eine schattige Route zu berechnen, werden die Kosten der Wegsegmente, welche eine hohe Sonneneinstrahlung aufweisen erhöht, sodass diese bei der Routenberechnung vermieden werden.

Die Personalisierung der Route erfolgt durch die Gewichtung der einzelnen Kriterien basierend auf den Bedürfnissen der Nutzenden. Im einfachsten Fall wird die Wichtigkeit jedes Kriteriums durch einen Faktor zwischen 0 und 1 bestimmt, welcher dann mit den Kosten des jeweiligen Kriteriums multipliziert wird (gewichtete Summe). In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass sich die einzelnen Zieldimensionen substituieren lassen. Im Falle von harten Ausschlusskriterien, wie zum Beispiel der Unpassierbarkeit eines Straßensegments (z. B. Bordsteinkante für Rollstuhlfahrer), kann die entsprechende Kante entweder komplett aus dem Routinggraphen ausgeschlossen werden oder der Kante ein sehr hoher zusätzlicher Kostenfaktor zugewiesen werden, wodurch sie dann bei der Berechnung der optimalen Route ausgeschlossen wird.

Im Folgenden wird die Herleitung der Datengrundlage für die Berechnung der grünen und schattigen Routen genauer beschrieben.

### 3.3.1 Grüne Routen

Um für die Berechnung der Grünheit sowohl öffentliche als auch private Grünflächen zu berücksichtigen, hat sich im Projekt eine Fusionierung der Fernerkundungsdaten und der OSM Landnutzungsklassen mit Hilfe der Dempster-Schaefer Theorie (Shafer, 1976) als zuverlässig herausgestellt (Ludwig et al., 2021). Ergänzt wurden diese Informationen durch Standorte von Einzelbäumen aus OSM und durch städtische Baumkatasterdaten. Die Grünheit eines einzelnen Wegsegments wurde anhand des Anteils an bewachsenen Flächen in einem Umkreis von 30 Metern um den Weg berechnet. In Dresden basiert die Berechnung der Grünheit auf einem Datensatz zum Grünvolumen, welcher von 3D Lasercandaten abgeleitet wurde (Hecht et al., 2008). Ein Vergleich zwischen dieser Datengrundlage und der OSM basierten Datengrundlage ergab eine ausreichend gute Übereinstimmung für die Berechnung von plausiblen grünen Routen. Damit kann davon ausgegangen werden, dass eine auf OSM basierte Abschätzung der Grünheit von Wegsegmenten einen gangbaren Weg für andere Städte darstellt, falls die Vollständigkeit der relevanten OSM

Klassen vergleichbar mit Dresden ist. Genauere Informationen zur Methodik und eine Evaluation der grünen Routen im Vergleich zur jeweils schnellsten kann in Ludwig et al. (2021) nachgelesen werden.

### 3.3.2 Schattige Routen

Der Verschattungsgrad der Verkehrswege, welcher für die Generierung von schattigen Routen benötigt wird, wurde basierend auf einem 3D Modell der Gebäude und Vegetation in den beiden Pilotstädten berechnet. Zur Vorprozessierung der Daten wurde Python[12] verwendet, für die Berechnung der Normalen der 3D Punktwolke die Software OPALS[13] und für die Modellierung der Sonneneinstrahlung die Software VOSTOK[14]. Auf Grundlage des 3D Modells kann mit dieser Prozessierungskette der Schattenwurf in Abhängigkeit vom Sonnenstand berechnet werden, der wiederum vom Datum und von der Uhrzeit abhängig ist. Die Beschattung der Straßensegmente geht dann in die Berechnung der Gewichte im Routinggraphen ein.

Für Dresden und die umliegenden Gemeinden erfolgte die Schattenmodellierung auf Basis von offen verfügbaren 3D Laserscandaten des Landes Sachsen. Für Heidelberg waren 3D Laserscandaten nur für das Stadtgebiet verfügbar. Für die umliegenden Gebiete wurde ein 3D Modell der Gebäude und Vegetation basierend auf OSM Daten generiert. Da in OSM die Höhe für die meisten Gebäude bisher nicht verfügbar ist, wurde diese basierend auf dem Gebäudetyp, welcher in OSM angegeben ist, geschätzt. Bäume, Baumreihen und Wälder sind in OSM als Punkte, Linien oder Polygone kartiert. Diese wurden in 3D Objekte konvertiert basierend auf einfachen Annahmen über die Höhe und den Kronendurchmesser durchschnittlicher Bäume ohne Berücksichtigung der Baumart oder des Alters, da diese Informationen meistens nicht in OSM vorhanden sind. Um die Verschattung der Straßensegmente zu berechnen, wurden die in OSM als Linien kartierten Straßen und Wege basierend auf deren Breite in Polygone konvertiert. Da die Straßenbreite jedoch nur bei den wenigsten OSM Objekten angegeben ist, wurde diese basierend auf dem Straßentyp und dem Abstand zu den umliegenden Gebäuden geschätzt.

Die Übertragbarkeit des Ansatzes auf andere Städte hängt von der Verfügbarkeit von Gebäudehöhen, ausreichend hoch aufgelösten digitalen Geländemodellen oder 3D Laserscandaten ab. Dies wird in zukünftigen Studien untersucht.

## 3.4 Generierung des Kartenhintergrunds

Für die Erstellung der Tiles für den Kartenhintergrund war ein komplexer Arbeitsablauf notwendig, welcher in aller Kürze dargestellt wird (Abb. 44). Die Grundlage für die Karte bilden Daten von OpenStreetMap und NaturalEarth in Abhängigkeit vom Maßstab. Zur Erzeugung der Kartendaten ist zunächst der Import der Daten in eine PostgreSQL-Datenbank mit der räumlichen Erweiterung PostGIS notwendig. Im Anschluss werden mittels der Software t-rex[15] aus den Daten sogenannte Vektor Tiles erzeugt - ein auf Visualisierung optimiertes Datenformat, welches am besten in einer MBTiles Datei gespeichert wird. Dafür ist eine umfangreiche Konfiguration von t-rex notwendig, welche im Zusammenspiel mit PostgreSQL/PostGIS die Daten passend für den jeweiligen Maßstab aufbereitet. Schließlich werden die Daten vom TileServer GL anhand des entwickelten Kartenstils ausgeliefert bzw. als Raster Tiles visualisiert und können dann in der meinGrün-Anwendung oder in jedem beliebigen GIS angezeigt werden.

[12] Python Software Foundation. Python Language Reference, version 3.6. Available at http://www.python.org

[13] https://opalsinfo.net/

[14] https://github.com/GIScience/vostok

[15] https://t-rex.tileserver.ch/

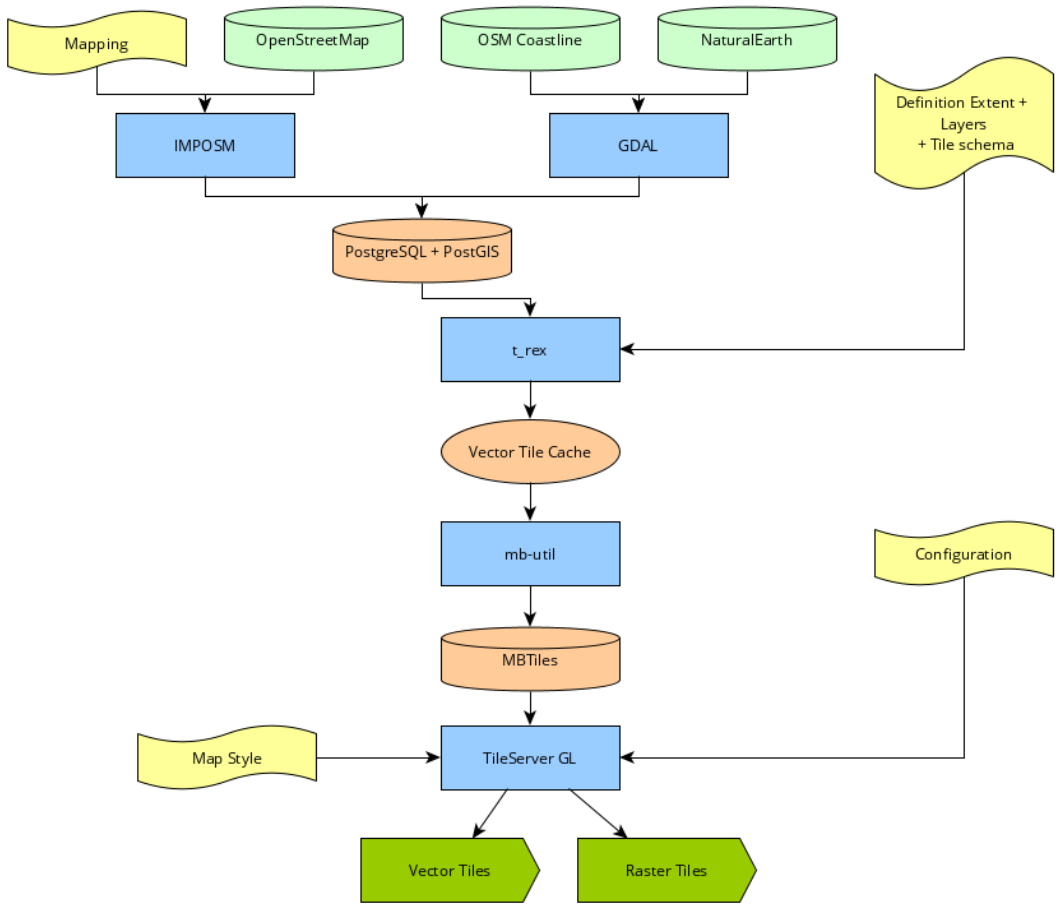


*Abb. 44: Datenquellen und Prozessierungsschritte für die Erstellung der Kartenkacheln*

Die Schummerung (Geländedarstellung mittels eines simulierten Schattenwurfs) wird als separater Layer im Stil eingebunden und damit unabhängig von der weiteren Kartendarstellung. Es ist somit nicht möglich, die Schummerung in den fertig gerenderten Kartenkacheln ein- oder auszublenden. Technisch gesehen handelt es sich dabei um eine Schräglichtschummerung, welche mittels GDAL[16] (Geospatial Data Abstraction Library) aus freien Geländemodellen generiert und in eine MBTiles-Datei für Deutschland vorgerechnet wird. Zunächst wird dafür eine Schummerung gerechnet und diese dann eingefärbt und teilweise transparent gemacht, um eine Kombination mit der Karte zu ermöglichen. Im Anschluss werden dann die MBTiles erzeugt, welche später durch den TileServer GL ausgeliefert werden (Abb. 45).

[16] https://gdal.org/

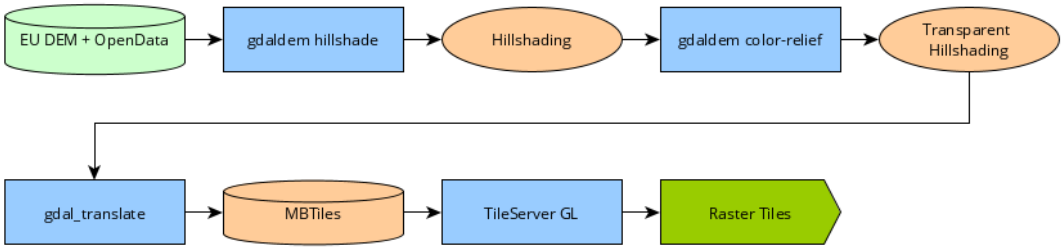


*Abb. 45: Herstellung der Kacheln für die Reliefdarstellung mittels Schummerung.*

## 3.5 POI-Daten

Für eine detaillierte Beschreibung der öffentlichen Grünflächen innerhalb der Web-App sollen in der interaktiven Karte relevante *Points of Interests* (POIs) ergänzend visualisiert werden. Diese punktförmigen Geometrien und ihre verknüpften Sachdaten erweitern das Informationsangebot zu den Grünflächen und dienen zusätzlich einer besseren Orientierung. Die Visualisierung wurde durch geeignete Icons realisiert. In einem ersten Arbeitsschritt wurden relevante Themen für eine mögliche punktbezogene Darstellung in Form von Positionssignaturen erörtert und gewünschte Sachdaten definiert (siehe Tab. 7). Als adäquate Datenquellen boten sich amtliche Geodaten wie auch Volunteered Geographic Information (VGI) an.

Amtlichen Geodaten lassen sich über Geoportale/Open Data Portale von Kommunen oder Ländern recherchieren. Oft ist jedoch auch eine Anfrage bei entsprechenden Geoinformations-/Vermessungsämtern oder direkt bei den Fachämtern zielführend. Neben Aspekten der Nutzungsrechte und Lizenzen könnten über diesen Weg unter Umständen auch weitere, noch nicht veröffentlichte Geodatensätze und deren mögliche Nutzung besprochen werden. Hierbei kann auch deutlich werden, bei welchen POI Themen sich das datenhaltende Amt eine Mischung/Verschneidung ihrer Daten mit anderen Datenquellen vorstellen kann. Auch kann im Gespräch geklärt werden, für welche Themen die Notwendigkeit vorliegt, den amtlichen Datensatz unverändert anzuwenden, wenn beispielsweise in der zu entwickelnden meinGrün-Web-App ausschließlich offiziell zulässige Grillplätze erscheinen sollen. Wichtig ist generell herauszuarbeiten, welche Flächen im Zuständigkeitsbereich der jeweiligen Behörde liegen. So kann die Abdeckung und damit die Vollständigkeit eines Datensatzes genauer bewertet werden.

Wesentliche Quelle für VGI ist die OpenStreetMap Plattform. Aus dieser weltweit abdeckenden Datenbank können von der Gemeinschaft in unterschiedlicher Qualität kartierte Geodaten extrahiert werden. Weitere Datenquellen können auch zum POI Thema passende Webseiten sein, in denen Nutzende Ihre Erfahrungen und Standorte passend zum Thema eintragen. Eventuell existieren auch weitere lokale Initiativen, die angefragt werden können und eine Nutzung der Daten genehmigen.

Zur Steigerung der Vollständigkeit kann eine Datenfusion von offenen amtlichen Geodaten und OpenStreetMap-Daten erwogen werden. Lizenzrechtliche Aspekte – wie eine Namensnennung oder die Weitergabe unter gleichen Bedingungen (Share Alike) – sind dabei zu berücksichtigen und für die originären Lizenzen zu prüfen. OpenStreetMap-Daten unterliegen der Open Database License (ODbL) Version 1.0[17] und sind an eine Share-Alike-Klausel gebunden. Im Dialog mit den datenhaltenden Stellen der Stadt Dresden konnte beispielsweise für den Fall der Fusion mit Daten unter der „Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“[18] eine zusätzliche Namensnennung als

[17] https://opendatacommons.org/licenses/odbl/1-0/ (abgerufen am 13.10.2021)

[18] https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0 (abgerufen am 13.10.2021)

Lösung gefunden werden[19]. Der fusionierte Datensatz darf dennoch unter der Lizenz ODBL 1.0 geführt werden. Als geometrische Ansätze zur Datenfusion haben sich sowohl eine Aufteilung in klar definierte Flächen („regional cut“) wie auch die Anwendung eines Fangradius als räumliches Entscheidungskriterium bewährt.

*Tab. 7: Übersicht über die verwendeten POIs und deren weitere Details, verwendeten Datenquellen in den beiden Städten*

| POI Thema | Infotyp / Sachdaten | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Fitnessgeräte | Öffnungszeiten, Gerätetypen | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: leisure=fitness_station` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: leisure=fitness_station` |
| Fußballplatz | Öffnungszeiten des zugehörigen Spielplatzes | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=soccer` | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Bänke | keine Info nötig | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0, OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=bench`<br><br>15 m Puffer um amtliche Daten | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=bench` |
| Basketballkorb | Öffnungszeiten des zugehörigen Spielplatzes | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=basketball` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=basketball` |
| Kottütenspender | keine Info nötig | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: vending=excrement_bags` | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Eisdiele | Öffnungszeiten, Name | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=ice_cream`<br><br>`50 m Puffer um Grünflächen` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=ice_cream`<br><br>`50 m Puffer um Grünflächen` |

[19] https://opendata.dresden.de/informationsportal/Nutzungsbedingungen.html (abgerufen am 13.10.2021)

| POI Thema | Infotyp / Sachdaten | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Lokale (verschiedene Kategorien) | Öffnungszeiten, Name | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>amenity=bar OR<br>amenity=biergarten OR<br>amenity=cafe OR<br>amenity=fast_food OR<br>amenity=ice_cream OR<br>amenity=pub OR<br>amenity=restaurant<br><br>50 m Puffer um Grünflächen | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>amenity=bar OR<br>amenity=biergarten OR<br>amenity=cafe OR<br>amenity=fast_food OR<br>amenity=ice_cream OR<br>amenity=pub OR<br>amenity=restaurant<br><br>50 m Puffer um Grünflächen |
| Mülleimer | keine Info nötig | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de (2019) unter dl-de/by-2-0, OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>amenity=waste_basket<br><br>15 m Puffer um amtliche Daten | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Skateanlage | Öffnungszeiten des zugehörigen Spielplatzes (falls Überschneidung mit einem Spielplatz vorliegt) | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>sport=skateboard | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>sport=skateboard |
| Supermarkt | Öffnungszeiten, Name | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>shop=supermarket OR<br>shop=mall OR<br>shop=department_store | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>OSM Tag:<br>shop=supermarket OR<br>shop=mall OR<br>shop=department_store |

| POI Thema | Infotyp / Sachdaten | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Tischtennis-platten | Öffnungszeiten des zugehörigen Spielplatzes (falls Überschneidung mit einem Spielplatz vorliegt) | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0, OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=table_tennis`<br><br>70 m Puffer um amtliche Daten | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=table_tennis` |
| Toiletten | Öffnungszeiten, Kosteninforma-tionen,<br><br>Adresse | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=toilets` | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Trinkwasser-spender | keine Info nötig | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de (2019) unter dl-de/by-2-0,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=drinking_water`<br><br>`30 m Puffer um amtliche Daten` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=drinking_water` |
| Unterstand | keine Info nötig | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=shelter` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=shelter` |
| Volleyballfeld | keine Info nötig | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=volleyball` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: sport=volleyball` |
| WLAN-Hotspots | keine Info nötig | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de (2019) unter dl-de/by-2-0 | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Grillplatz | Hinweis zur Nutzung (Erlaubnis) | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0 | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |

| POI Thema | Infotyp / Sachdaten | Datenquellen Dresden | Datenquellen Heidelberg |
|---|---|---|---|
| Spielplatz | Nutzungszeiten, Ausstattung, Altersgruppe | Landeshauptstadt Dresden opendata.dresden.de unter dl-de/by-2-0,<br><br>OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: leisure=playground` | Geographisch Technisches Informationssystem der Stadt Heidelberg |
| Sehenswürdig-keiten | keine Info nötig | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=fountain tourism=artwork tourism=attraction historic=memorial` | OpenStreetMap-Mitwirkende (2020) unter ODbL<br><br>`OSM Tag: amenity=fountain tourism=artwork tourism=attraction historic=memorial` |

# 4 Pilotierung von meinGrün

## 4.1 Partizipative Anforderungserhebungen

Im Rahmen der Entwicklung von der meinGrün-Web-App sowie dem meinGrün-Webportal wurden potenzielle Nutzende sowie Mitarbeitende der Verwaltungen in den Pilotstädten in unterschiedlichen Formen aktiv eingebunden und ihre diversen Bedürfnisse und funktionalen Anforderungen erfasst. Aus diesem Vorgehen ist eine Vielzahl unterschiedlicher Partizipationsformate hervorgegangen. So wurden verschiedene Befragungskampagnen durchgeführt, welche zum Teil online und im Rahmen diverser Veranstaltungen stattfanden. Andererseits wurden eigene Mitmachaktionen, wie zum Beispiel Betatest-Events oder Schnitzeljagden, umgesetzt und auf diese Weise Interessierte zur Beteiligung animiert. Die Abb. 46 stellt einen Zeitstrahl dar, welcher die einzelnen Kampagnen und Aktionen als chronologische Stationen aufzeigt. Im folgenden Kapitel werden die gewählten Partizipationsformate näher beschrieben sowie Ergebnisse und Folgerungen für die Anwendungsentwicklungen der Web-App sowie des Webportals aufgezeigt.

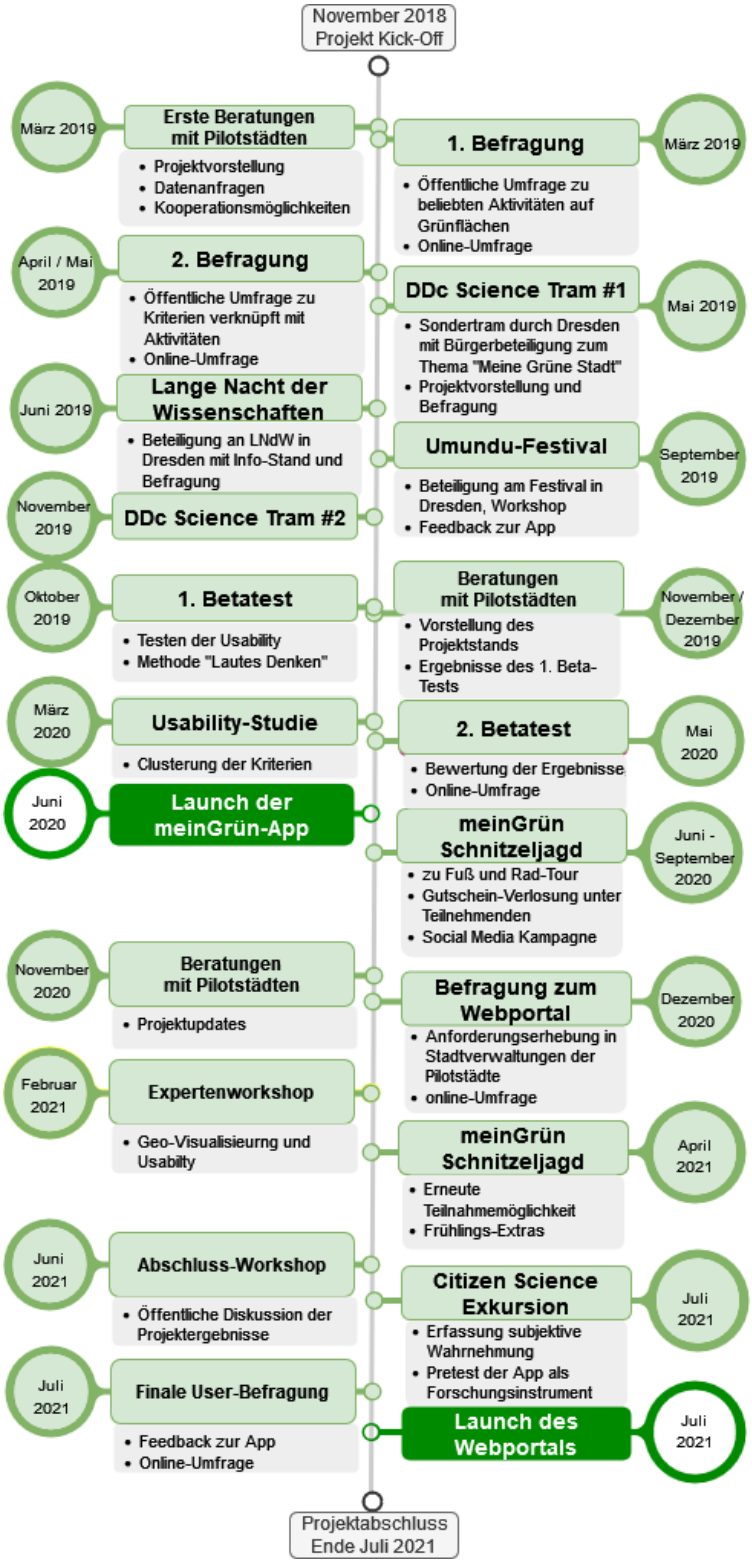


*Abb. 46: Darstellung der unterschiedlichen Veranstaltungen, Mitmachaktionen und Befragungen als Zeitstrahl.*

### 4.1.1 Bedarfsabfrage zur Web-App: Aktivitäten, Kriterien und Gewichte

Bürgerinnen und Bürger der Pilotstädte und darüber hinaus wurden in diversen Befragungen in die Entwicklung der Indikatoren zur Bewertung der Grünflächeneignung eingebunden. Zunächst wurde im März 2019 erfragt, welche Aktivitäten sie auf Grünflächen durchführen. Die resultierende Liste von 42 genannten Aktivitäten wurde anschließend priorisiert und auf die 20 wichtigsten Aktivitäten

reduziert (s. Tab. 8). Zudem wurde erhoben, welche Kriterien Grünflächen aufweisen sollten, damit die Grünflächennutzerinnen und -nutzer sie besuchen.

*Tab. 8: Übersicht über die aus den Befragungen definierten Aktivitäten in der meinGrün-App*

| Nr. | Aktivität | Nr. | Aktivität |
|---|---|---|---|
| 1 | Basketball | 11 | Joggen |
| 2 | Entspannen | 12 | Lesen |
| 3 | Essen und Trinken | 13 | Natur beobachten |
| 4 | Federball | 14 | Rad fahren |
| 5 | Fitness | 15 | Skaten |
| 6 | Freunde treffen | 16 | Sonnenbaden |
| 7 | Frisbee | 17 | Spazieren gehen |
| 8 | Fußball | 18 | Auf den Spielplatz gehen |
| 9 | Gassi gehen | 19 | Tischtennis |
| 10 | Grillen | 20 | Volleyball |

In einer zweiten Befragung wurden die beiden Aspekte (Aktivitäten, Kriterien) zusammengebracht, indem die Teilnehmenden befragt wurden, welche Kriterien für eine bestimmte Aktivität erfüllt sein müssen. Dabei schwankte die Anzahl der relevanten Kriterien zwischen maximal 15 und mindestens vier verschiedenen Kriterien je Aktivität. Von diesen Kriterien wurden alle entfernt, die von weniger als 5 % aller Befragten genannt wurden oder nicht über Indikatoren abgebildet werden können. Dies resultierte abschließend in insgesamt 36 Kriterien.

In der dritten Befragung wurden den Teilnehmenden die Aktivitäten mit den wichtigsten Kriterien aus Befragung 2 vorgegeben. Diese sollten auf einer Skala von 0 – 10 (gar nicht wichtig - sehr wichtig) nach der jeweiligen subjektiven Wichtigkeit bewertet werden. Daraus wurden die Gewichte der einzelnen Kriterien entwickelt, die schlussendlich auch in die Web-App nachfrageseitig einflossen und als Standard-Gewichte fungieren. Weitere Details zum Befragungsdesign und den Ergebnissen sind in Krellenberg et al. (2021) beschrieben.

### 4.1.2 Betatests der Web-App

Im Rahmen der Pilotierung fanden zwei Betatests statt. Der erste Betatest erfolgte im Rahmen von Events in den Pilotstädten, der zweite Betatest pandemiebedingt als reine Online-Aktion.

#### Erster Betatest

Der erste Betatest der Web-App wurde im Oktober 2019 in beiden Pilotstädten durchgeführt. Mit ihm sollten die Usability und User Experience der App sowie Weiterentwicklungspotentiale erhoben werden. Dazu wurden zwei Fragebögen erstellt, wobei einer vorab an angemeldete Testpersonen verschickt wurde. Der zweite Fragebogen bestand aus Testaufgaben, die die Testpersonen vor Ort

(im IÖR in Dresden sowie in der Volkshochschule in Heidelberg) durchführen sollten. Für eine ausgewählte Gruppe von Testpersonen wurde die Methode „Lautes Denken“ angewendet (van Someren et al., 1994). Eine beobachtende Person notierte sich dabei die geäußerten Gedanken der Testpersonen. In Dresden nahmen 18 Testpersonen teil, von denen wiederum 10 zum „Lauten Denken“ aufgefordert waren. In Heidelberg waren es 10 Testpersonen von denen 5 ihre Gedanken durch das „Laute Denken“ äußerten. Die Stichprobe war nicht ganz ausgeglichen in ihrer Soziodemografie. Frauen, Jüngere und Gebildete waren etwas überrepräsentiert.

Die Tests wurden teilweise am Smartphone und am Laptop durchgeführt. Die Testpersonen wurden zu ihrem Verständnis folgender App-Funktionen befragt: Sucheinstieg, Icons und Routingfunktion.

- Sucheinstieg: Der erste Betatest ergab, dass die Sucheinstiege in der Web-App optimiert werden mussten. Die Testpersonen hatten Schwierigkeiten, die richtigen Kategorien für die Auswahl einer gewünschten Aktivität bzw. eines Kriteriums zu finden. Aus diesem Grund wurde bei der weiteren App-Entwicklung auf die Funktion der „Detailsuche“ verzichtet und lediglich die beiden Wahloptionen „Aktivitäten“ und „Kriterien“ angeboten sowie zusätzlich die Option einer Stichwort-/bzw. Schnellsuche ermöglicht.
- Icons: Die verwendeten Icons bereiteten den Testpersonen kaum Probleme, weshalb wir hier keine Anpassungen vornahmen.
- Routingfunktion: Bei dem Begriff „ruhige Route“ kam es teilweise zu Missverständnissen, weshalb statt „ruhig“ der Begriff „leise“ verwendet wurde. Bei der Routendarstellung kam es ebenfalls zu Fehlern, sodass die Erwartungen nicht erfüllt wurden. Die Routingfunktion wurde daraufhin überarbeitet und vereinfacht. Die Eigenschaft der Route lässt sich nun nicht mehr gewichten. Zudem kann das Fortbewegungsmittel „zu Fuß“ oder „Fahrrad“ gewählt werden.

Neben technischen Fehlern, waren die Testpersonen aber auch teilweise mit den Ergebnissen unzufrieden, da ungeeignete Grünflächen angezeigt wurden. Daraus wurde gefolgert, dass die Indikatoren überarbeitet, aber auch Einschränkungen bezüglich der Grünflächentypen implementiert werden mussten. Beispielsweise braucht es für das Fußballspielen eine größere Wiese, sodass große zusammenhängende Waldflächen bei der Ergebnisanzeige ignoriert werden sollten.

Zusätzlich zu den vorbereiteten Fragen wurde am Ende des Fragebogens allgemeines Feedback der Testpersonen gesammelt. Dieses bezog sich vor allem auf:

- Design & Logik der App
- Handhabung der App
- Ergebnisdarstellung
- inhaltliche Korrektheit der Ergebnisse
- Darstellung der Kriterien/Werte in der App
- Auswahl von Aktivitäten und Kriterien
- zusätzliche Informationen in der App
- Weiterentwicklung der App

Insgesamt wurden verteilt über die neun Kategorien 115 Anmerkungen gegeben. Die meisten davon wurden nur von einer einzigen Testperson genannt. Die Häufigkeit der Nennungen war ein wichtiger Punkt bei der Entscheidung, welche Anmerkungen umgesetzt werden und welche nicht. Insgesamt wurden 70 Anmerkungen umgesetzt. Die wichtigsten Änderungen waren:

- Kürzung und Clusterung der Liste an Aktivitäten und Kriterien
- Klarere Sucheinstiege (Aktivitäten-, Kriterien- und Schnellsuche)

- Karte anstatt Liste als erste Ergebnisanzeige
- Ergebnisse können nach verschiedenen Kriterien sortiert werden (Ranking)
- Entfernung der Ergebnisse in Kilometern wird angezeigt
- Ausgewählte Flächen werden visuell deutlicher hervorgehoben
- POIs werden mit Zusatzinformationen auf ausgewählter Fläche angezeigt
- Bei den Routen werden Weglänge und Zeit angezeigt

#### Zweiter Betatest

Im zweiten Betatest stand vor allem die Bewertung der als Ergebnisse vorgeschlagenen geeigneten Grünflächen in der meinGrün-App im Fokus. Der zweite Betatest fand im Mai 2020 statt und war als Online-Fragebogen konzipiert, so dass ihn die Testpersonen pandemiebedingt zu Hause durchführen konnten. Insgesamt füllten zwölf Testpersonen den Fragebogen vollständig aus, davon acht am Smartphone, eine am Tablet und drei am Laptop. Im Vergleich zum ersten Betatest kamen deutlich weniger Verbesserungsvorschläge zur App zurück. Dies kann an der geringeren Teilnehmendenzahl liegen, aber auch an der verbesserten App-Version. Der Rücklauf bezüglich der Qualität der angezeigten Grünflächen fiel relativ gering aus. Nur acht Grünflächen wurden von den Testpersonen bewertet, wobei diese als „passend“ bzw. als „zu niedrig bewertet“ eingeschätzt wurden. Der Betatest gab somit keinen Anlass die Berechnungsverfahren umfänglich zu überarbeiten. Der zweite Betatest ließ dadurch eher weniger Schlüsse zur Weiterentwicklung der App zu. Jedoch zeigte er auch, wie wichtig die Reihenfolge der gestellten Fragen ist und welche Vorteile ein Event-Format, wie beim ersten Betatest, bietet.

### 4.1.3 Bedarfsabfrage zum Webportal

Für die Entwicklung und Inhaltaufbereitung des Webportals wurde zuvor eine Bedarfsabfrage unter den assoziierten Stadtverwaltungen Dresden und Heidelberg durchgeführt. Aufgrund der Corona-Situation und der damit verbundenen erschwerten Kontaktaufnahme und Terminvereinbarung mit den assoziierten Partnern wurde eine online Mini-Umfrage (Dauer: etwa 5-7 Minuten) konzipiert, welche mit geringem Zeitaufwand von den Teilnehmenden beantwortet werden kann. Diese mittels der Online-Plattform Sosci Survey erstellte Mini-Umfrage erzielte eine Bedarfsabfrage zu allgemeinen sowie konkret projektbezogenen Stadtgründaten. Nachdem eine amtsübergreifende Streuung des Befragungsprojektes innerhalb beider Projektstädte scheiterte, wurde der Befragungslink direkt an relevante Fachamtsmitarbeitende mit der Bitte um weitere Streuung versendet. Insgesamt wurden durch die Befragung sieben gültige Antworten seitens Mitarbeitenden der befragten Stadtverwaltungen in Dresden und Heidelberg (Umwelt-, Stadtplanungs-, Gesundheitsamt) verzeichnet. Es folgte eine Auswertung der gesammelten Daten für die Identifikation relevanter Inhalte für das geplante Webportal.

Die Befragung ergab, dass allgemein ein großes Interesse und ein Bedarf insbesondere für zukünftige Arbeiten hinsichtlich Daten zur physischen Grünflächenstruktur, der Grünflächennutzung sowie der Wahrnehmung von Grünflächen bestehen. Somit hat die Bereitstellung der im Rahmen des meinGrün-Projektes aufbereiteten Informationen und Daten zu Stadtgrün das Potenzial, die Verwaltungsmitarbeitenden in ihrer Arbeit unterstützen zu können. Als konkrete Arbeitsbereiche, in denen meinGrün-Daten Anwendung finden könnten, wurden u. a. die Ausweisung „ruhiger Gebiete“ im Rahmen der Lärmminderungsplanung (§ 47d BImSchG/EG-Umgebungslärm-RL), die Datennutzung für ein Integriertes Stadtentwicklungskonzept oder für die Planung von Stadtteilrundgängen für Senior*innen genannt. Auf Grundlage dieser Bedarfsabfrage erfolgten die weiteren Entwicklungsarbeiten für das meinGrün-Webportal, wie in Kapitel 2.4 beschrieben.

## 4.2 Launch und Bewerbung der meinGrün-Web-App und des meinGrün-Webportals

Im Folgenden werden die Planungen und Umsetzungen zahlreicher Aktionen rund um die Veröffentlichung der meinGrün-Web-App sowie des meinGrün-Webportals vorgestellt. Diese können als Inspiration und Ideensammlung für weitere, ähnliche Projektvorhaben dienen. Aus diesem Grund werden zudem Herausforderungen und Schwierigkeiten bei den erfolgten Planungen beleuchtet.

### 4.2.1 Launch und Bewerbung der Web-App

#### Geplante offline Maßnahme

Ursprünglich war der Launch der Web-App als Event auf ausgewählten Grünflächen in den beiden Pilotstädten geplant. Dazu sollten sichtbare, aufmerksamkeitserregende Aktionen im öffentlichen Raum durchgeführt werden, die zur Nutzung und zum spielerischen Entdecken der App anregen. Gleichzeitig sollte auch Feedback von den Testenden eingeholt werden. Über verschiedene Medien und Kanäle, auch mit Unterstützung der Pilotstädte, wäre auf die Aktionen hingewiesen worden.

Die Bewerbung der Events wurde über folgende Kanäle geplant:

- Stadtmöblierung
- Kultur- bzw. Litfaßsäulen (vgl. Abb. 47)
- Bürgerämter
- Verkehrsmittelwerbung
- Städtische Veranstaltungskalender
- Stadtmagazine Print und Online

In Dresden und Heidelberg sollte jeweils eine Entdecker-Challenge stattfinden. Ziel dieser Challenge war es, auf die App und auf das Projekt „meinGrün“ aufmerksam zu machen und die Öffentlichkeit zu animieren, die App im Stadtraum zu nutzen. Erfahrungen sollten direkt am Veranstaltungsort oder online durch einen Fragebogen gesammelt werden. Die Fragen sollten zum einem der Weiterentwicklung der App dienen können, aber zugleich ebenfalls Erkenntnisse für das Forschungsprojekt und möglicher Änderungen des Mobilitätsverhaltens liefern.

*Abb. 47: Plakat-Entwurf für die Bewerbung des Entdecker-Events in Heidelberg (Quelle: urbanista)*

Ein Szenario dieser Entdecker-Challenge war es, die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von Grünanlagen im Kleinen zu „simulieren“. So würde das Digitale im Analogen dargestellt, um die App zu erläutern, einen schnellen Zugang zu ermöglichen und die Passanten zu motivieren, sich mit dem Projekt auseinander zu setzen. Die Gestaltung des Ortes sollte zum Verweilen einladen, ohne dass sich die Besucher*innen unbedingt mit der App beschäftigen müssen. Die App wäre zugleich allgegenwärtig durch die Gestaltung der Flächen (Schilder, Banner etc.). Beispielsweise würden Picknickdecken, Fußballtore, Basketballkörbe, eine Bar usw. auf einer prominenten Grünfläche platziert werden. Zusätzlich waren digitale Medien (Datentische, Tablets etc.) geplant, die die direkte Erprobung der App ermöglichen sollten (Abb. 48). Neben diesen Elementen war eine Art „Ausstellung“ des Projekts geplant, die auf ein bis zwei Stellwänden das Projekt erläutert und die Anwendung beschreibt. Um Kosten zu sparen, war zudem eine Zusammenarbeit mit lokalen Initiativen, wie dem Rosenwerk Konglomerat e.V. und dem Maker Space aus Dresden oder dem Begeisterhaus aus Heidelberg, angedacht. Diese waren bereit, mit kostengünstigen Materialien (Paletten, Sitzmöglichkeiten) zu unterstützen.

*Abb. 48: Auflistung und Kostenabschätzung der benötigten Utensilien für die Entdecker-Challenges. (Quelle: urbanista)*

## Online-Maßnahme

Pandemiebedingt konnte der App-Launch nicht vor Ort auf den geplanten Grünflächen durchgeführt werden. Stattdessen musste ein Online-Launch vorbereitet werden. Hierfür wurde zunächst ein Datum fixiert, an welchem die App offiziell freigeschaltet werden sollte. So konnte dieses Datum gezielt beworben werden, sowohl in Zeitungsartikeln als auch auf der Webseite und den Social-Media-Kanälen mit einem Countdown. Mit dem Start der App wurde zudem eine Schnitzeljagd durch das Team konzipiert, die ein spielerisches Kennenlernen der App ermöglicht mit der einhergehenden Möglichkeit, einen Preis zu gewinnen. Eine ähnliche Aktion wäre auch bei einem lokalen Event am Tag des App-Launchs geplant gewesen.

Ein großer Nachteil bei einem Online-Launch ist, dass der direkte Kontakt mit potenziellen Nutzenden der App fehlt und aufwändige Online-Maßnahmen benötigt werden, um die App zu bewerben. Das reine Freischalten der App auf einer Internetseite ist trotz Bewerbung auf Social Media und in Zeitungen nicht ausreichend, um die gewünschte Aufmerksamkeit zu zielen. Durch die zusätzliche Produktion eines Werbe-Kurzfilms wurde die digitale Kampagne von meinGrün deshalb aufgewertet.

*Abb. 49: Screenshot des Werbe-Kurzfilms für die Bewerbung der meinGrün-App. (Quelle: KF | Animation)*

### meinGrün-Schnitzeljagd

Um den technischen Aufwand für die Integration der Schnitzeljagd in die App so gering wie möglich zu halten und somit Kapazitäten für die App-Optimierung beizubehalten, wurde die Schnitzeljagd in Form einer separaten Online-Anleitung umgesetzt. Die Teilnehmenden erhielten eine Aufgabe über das Online-Formular und müssen diese mithilfe der meinGrün-Web-App lösen. So wurden die Teilnehmenden beispielsweise aufgefordert, die nächste Grünfläche mit einer Sehenswürdigkeit mittels meinGrün zu finden und sich dorthin zu begeben. Dort angekommen, mussten standortspezifische Fragen beantwortet werden, woraufhin sie erneut zu einer nächsten Grünfläche in der Stadt gelotst wurden. Die richtigen Antworten bildeten ein Lösungswort, welches für die Teilnahme an einer Gutschein-Verlosung berechtigte. Es wurden jeweils Geldwert-Gutscheine lokaler, kleiner Geschäfte in Dresden und Heidelberg angeboten.

Insgesamt wurden vier unterschiedliche Schnitzeljagd-Optionen in den Pilotstädten angeboten: jeweils eine Route für Fußgänger (Länge: 4 km) sowie jeweils eine Rad-Route (Länge: 13 km).

Auf der meinGrün-Blogwebseite wurde eine Seite speziell für die Schnitzeljagd angelegt. Hier gibt es allgemeine Informationen zu den Schnitzeljagd-Optionen, Verlosungen sowie den Teilnahmebedingungen. Beworben wurden die Schnitzeljagden über die Social Media Kanäle, Zeitungsbeiträge, die Kontaktaufnahme zu lokalen Schulen, Vereinen, Universitäten und sonstigen lokalen Initiativen/Verbänden. Außerdem wurden Flyer und Postkarten gedruckt, welche an geeigneten Stellen (wie Geschäfte, Lokale, Einrichtungen) aufgehängt oder ausgelegt wurden.

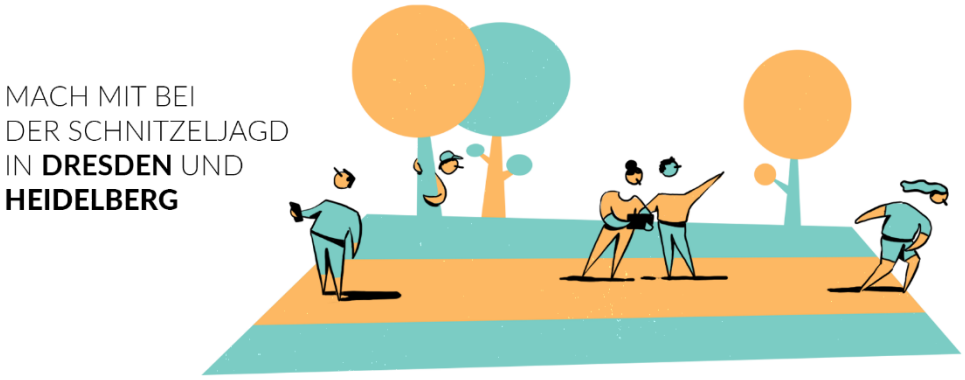


*Abb. 50: Grafik für die Bewerbung der meinGrün-Schnitzeljagd. (Quelle: KF | Animation)*

### Bewerbung über Social Media

Für die Bewerbung der App wurden zunächst die Social-Media-Kanäle aktiv bespielt. Posts und Bilder wurden gepostet und Verlinkungen zu anderen Gruppen hergestellt. Eine zentrale Strategie im Social Media Marketing ist es, die Zielgruppe genau zu erforschen und anzusprechen. Ansatzpunkte zur Bestimmung der Zielgruppe war die Identifizierung von allgemeinen Grundbedürfnissen / Aktivitätsszenarien innerhalb von Grünflächen. Die Grundbedürfnisse, die an Grünräume gestellt werden sind: zur Ruhe kommen, Natur erleben, Sport und Spiele, kulturelle Aktivitäten, zusammen Zeit verbringen, unterwegs mit dem Hund sein, spazieren gehen, sonnen und baden, mit Kindern unterwegs sein, essen im Grünen und Leute kennenlernen.

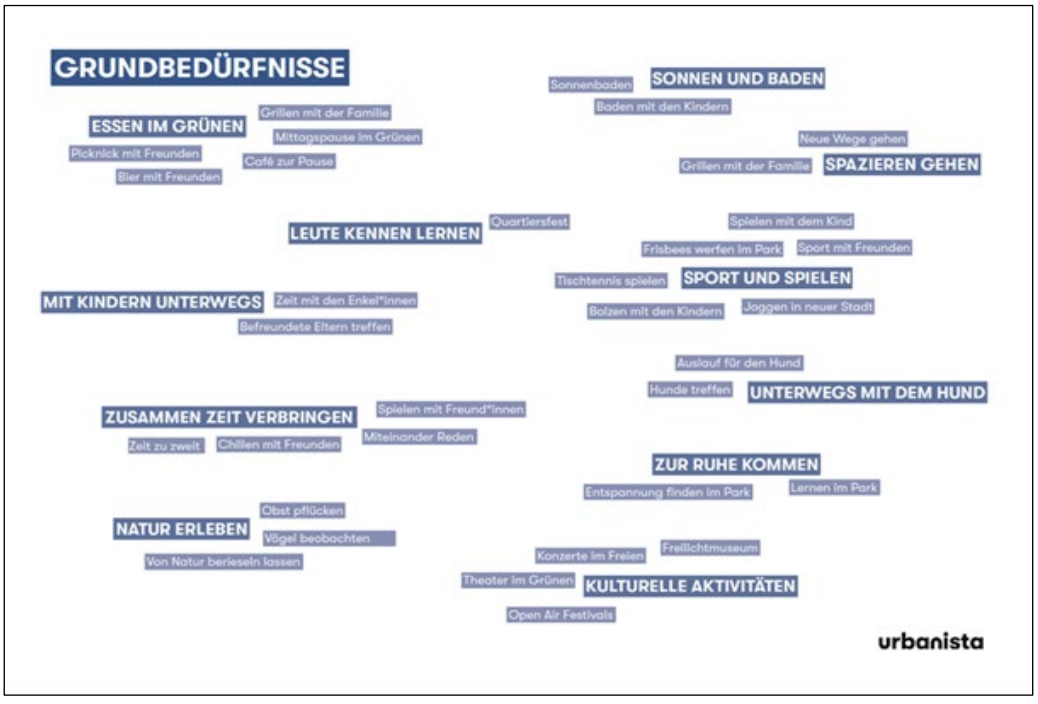


*Abb. 51: Identifizierte Grundbedürfnisse / Aktivitätsszenarien auf den Grünfläche. (Quelle: urbanista)*

Um die Kampagne zu erstellen, wurde für Instagram und Facebook ein Werbemanagement Account angelegt, von dem aus die Social Media Kampagne gesteuert und ausgewertet wird. Bei dem Design von Social Media Kampagnen auf Facebook und Instagram können der Zielgruppe bestimmte

Merkmale zugeordnet werden. Diese Merkmale konnten nicht frei gewählt werden, sondern wurden aus einem vorgegebenen Katalog ausgewählt. Folgende Merkmale wurden der Zielgruppe zugeordnet: Outdoor, Tiere, Jogging, Park, Spielplatz, Natur, Grün, Laufen, Radfahren, Tourismus, Navigation, Erholung oder Mobile App.

Für die Städte Heidelberg und Dresden wurde ein Geo-Targeting im Bereich um jeweils 30 Kilometer um die Stadt erstellt. Innerhalb dieses Radius waren alle Personen mit den genannten Merkmalen potenzielle Adressaten der Kampagne. In Heidelberg umfasste diese Gruppe ca. 610.000 Personen; in Dresden ca. 270.000 Personen. Die genannten Zahlen sind Einschätzungen von Facebook zur potenziellen Reichweite. Die tatsächlich erreichten Personen sind abhängig von der aufgewendeten Geldsumme.

Die Umsetzung der professionellen Werbekampagne diente als eine Art Pretest und Erfahrungsgewinn für die nachfolgende, eigens gesteuerte Kampagne. Ergänzend wurden vor sowie nach dem „bezahlten“ Werbezeitraum eigens erstellte Werbe-Postings auf Facebook sowie Instagram geschaltet. Auf diese Weise konnten auf Facebook einzelne Interessengruppen zielgerichtet angesprochen und somit auch außerhalb des bezahlten Zeitraums weitere Nutzer*innen generiert werden. Dies erfolgte durch Postings innerhalb von Facebook-Gruppen, welche vorab auf Grundlage der definierten Zielgruppen-Merkmale durch das Projektteam identifiziert wurden. Beide Kampagnen wurden im Nachgang verglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden bei der Fortführung der Bewerbung von meinGrün-Inhalten auf Social Media angewendet.

Aus der Auswertung der demographischen Angaben geht hervor, dass zukünftig ein besonderes Augenmerk darauf gerichtet werden muss, wie Altersgruppen unter 45 über Soziale Medien angesprochen werden können. Die Strategie der Netzwerkbildung innerhalb der Plattformen hat bei meinGrün gut funktioniert, ist aber sicherlich ausbaufähig. Besonders auf Facebook kann eine deutlich größere Reichweite durch zielgruppenspezifisches Teilen der Beiträge in Facebook-Gruppen erreicht werden. Regelmäßige Posts am späten Nachmittag generieren, wenn die höchste Aktivität bei Facebook und Instagram zu verzeichnen ist, eine höhere Aufmerksamkeit. Zusätzlich war auf der Plattform Instagram zu erkennen, dass mehr „Likes“ für reale Bilder als für Plakate, gestellte Bilder oder Loops vergeben wurden. Im Rahmen des Projektes wurden spezielle Hashtags verwendet: #meingruendd #meingruenhd #meingruenDD #meingruenHD. Des Weiteren ist das gering eingesetzte Werbebudget (100 €) zu beachten. Bei einer langfristigen Etablierung der App ist ein deutlich höheres Budget aufzuwenden, um einen größeren Teil der Bevölkerung erreichen zu können. Sinnvoll erscheint ein Einsatz digitaler als auch analoger Medien, um das Produkt weithin bekannt zu machen.

### 4.2.2 Launch und Bewerbung des Webportals

Das Webportal wurde zum Projektende Ende Juli 2021 fertiggestellt und veröffentlicht. Hierzu wurde eine Pressemitteilung sowie Blogeinträge auf dem meinGrün-Blog und den Social Media Kanälen (insbesondere Twitter) verfasst und gestreut. Zusätzlich wurden die Ansprechpersonen und die Verwaltungen der Pilotstädte Dresden und Heidelberg über direktem Wege kontaktiert, um das Webportal und seine Funktionen vorzustellen und die Potenziale für die Praxis aufzuzeigen. Zuvor wurde das Webportal im Rahmen eines meinGrün-Workshops beim Dresdner Flächennutzungssymposium (DFNS) vorgestellt und der offizielle Launch beworben (Brzoska et al, 2021). Dadurch konnten zusätzlich weitere Interessierte aus der Praxis (z. B. öffentliche Behörden, Planungsbüros) erreicht und auf das Webportal aufmerksam gemacht werden.

Als Pendant zu dem Werbevideo zur meinGrün-Web-App wurde außerdem ein Werbeclip für das Webportal entwickelt (Abb. 52), welcher die Anwendungsmöglichkeiten und Inhalte des Webportals in verständlicher und anschaulicher Weise bewirbt. Dieser Clip wurde einerseits auf der

Projektwebseite und dem meinGrün-Blog eingebettet und andererseits auf den Social Media Kanälen und bei der generellen Bewerbung des Webportals verwendet.

*Abb. 52: Screenshot des Werbe-Kurzfilms für die Bewerbung des meinGrün-Webportals. (Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=Kvkc_u9SET0*

## 4.3 Evaluierungen

### 4.3.1 Nutzendenzahlen und Suchstatistiken zur Web-App

Wenn die App das erste Mal gestartet wird, erscheint ein Mini-Fragebogen, der erhebt, wie die Nutzenden auf die App aufmerksam geworden sind, welches Alter und Geschlecht die Nutzenden haben und ob sie gelegentlich das Auto zur Anreise auf Grünflächen nutzen (s. Kapitel 2.3.2).

Insgesamt haben 1.214 Personen im Zeitraum zwischen dem Launch am 19.6.2020 und dem 14.6.2021 den Mini-Fragebogen ausgefüllt. Davon ist der Großteil (46,9 %) durch das Internet auf die App aufmerksam geworden und zwischen 30 und 65 Jahre alt (54,4 %). Knapp die Hälfte der Nutzenden ist weiblich und 42 % männlich. Mehr als ein Drittel nutzt das Auto nie zum Erreichen einer Grünfläche. Ebenfalls ein Drittel nutzt das Auto für einen Ausflug in die Natur. Für weitere Aktivitäten, wie Sport, Freunde treffen oder Gassi gehen, wird das Auto nur sehr selten verwendet.

Das implizite Feedback wird erst seit dem 16.9.2020 gespeichert, weshalb sich die nachfolgenden Auswertungen auf den Zeitraum zwischen dem 16.9.2020 und dem 14.6.2021 beziehen. Die App wurde insgesamt 1.802 Mal geöffnet und eine der beiden Städte Dresden oder Heidelberg gewählt. 48 davon führten keine Suchanfrage durch. Am häufigsten wird über die Aktivitätensuche gesucht (43,3 %), gefolgt von der Kriteriensuche (33,9 %) und der Schnellsuche (22,8 %). Betrachtet man die Suchinhalte, wird sogar noch häufiger nach Aktivitäten gesucht. 1005 der 1.754 Suchanfragen betrafen Aktivitäten (57,3 %). Offensichtlich wird die Schnellsuche verstärkt für die Suche nach Aktivitäten eingesetzt. 37,3 % aller Suchanfragen richten sich an Kriterien und nur in 5,4 % der Fälle wird nach Details (Grünflächennamen) gesucht.

Von den insgesamt 644 Suchanfragenstellenden[20] (zwischen dem 16.9.2020 und dem 14.6.2021) führten die meisten nur an einem Tag mindestens eine Suchanfragen durch (89,9 %). 6,5 % führten

[20] Suchanfragenstellende sind all jene Personen, die mindestens einmal die Suchfunktion genutzt haben bzw. eine Suchanfrage abgeschickt haben. Davon unterscheiden sich die Nutzenden. Nutzende sind all jene Personen, die die App mindestens einmal geöffnet haben. Sie müssen keine Suchanfrage gestellt haben, sondern haben sich beispielsweise nur auf der Karte orientiert. Die Zahl der Nutzenden liegt

an zwei Tagen Suchanfragen durch und 3,6 % an mehr als zwei Tagen. Die häufigste Nutzung in Bezug auf Tage mit Suchanfragen waren sieben Tage.

Die Zahlen der Nutzenden werden wöchentlich seit dem Launch der App untersucht. Dabei wurde unterschieden zwischen (1) allen Nutzenden, die die App in der jeweiligen Woche genutzt haben, (2) neuen Nutzenden, die in der jeweiligen Woche zum ersten Mal von einem Gerät aus auf die App zugegriffen haben und (3) wiederkehrenden Nutzenden, die die App in einer Woche vor der jeweiligen Woche genutzt haben (Abb. 53). Laut den Zählungen lässt sich zeigen, dass die App seit ihrem Launch von durchschnittlich 93 Nutzenden pro Woche verwendet wurde, von denen etwa 71 % die App zum ersten Mal nutzen (d. h. neue Nutzende) und 29 % die App schon vorher genutzt haben (d. h. wiederkehrende Nutzende) (Tab. 9).

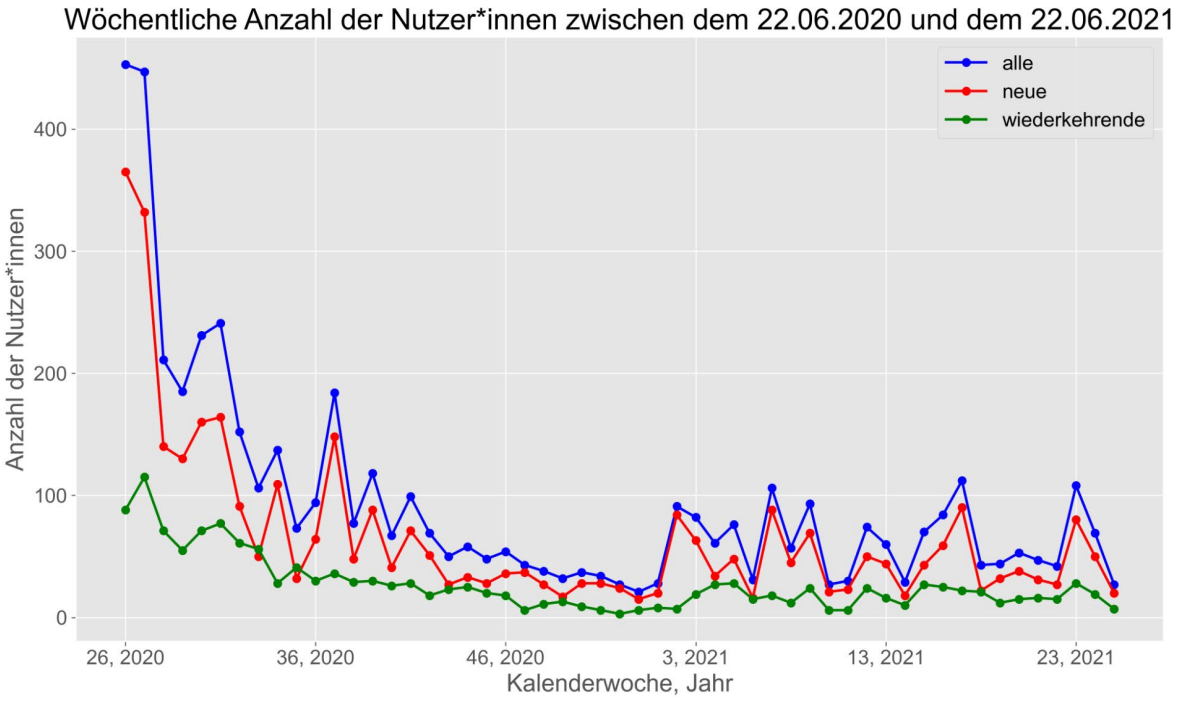


*Abb. 53: Darstellung der wöchentlichen Anzahl der Nutzer*innen insgesamt (blau), der wöchentlichen neuen Nutzer*innen (rot) und der wöchentlich wiederkehrenden Nutzer*innen (grün) zwischen dem 22.06.20 und dem 22.06.21.*

Seit dem Launch wurde die App in der ersten Woche am meisten genutzt (insgesamt 453 Nutzende), davon waren 365 neue und 88 wiederkehrende Nutzende. Bis zur 42. Woche des Jahres 2020 zeigte die Anzahl der wöchentlichen Nutzenden eine fluktuierende Tendenz. Ein größerer Abfall, der wahrscheinlich auf saisonale Effekte zurückzuführen ist, wurde gegen Ende des Jahres 2020 beobachtet. Durch Social-Media-Kampagnen zu Beginn des Jahres 2021 stieg die Zahl der wöchentlichen Nutzenden jedoch wieder an.

folglich über der Zahl der Suchanfragenstellenden. Zudem werden die Suchanfragen erst seit drei Monate nach dem App-Launch aufgezeichnet.

*Tab. 9: Die wöchentliche durchschnittliche Anzahl und die Gesamtzahl der Nutzenden zwischen dem 22.06.2020 und dem 22.06.2021*

| | alle Nutzer*innen | neue Nutzer*innen | wiederkehrende Nutzer*innen |
|---|---|---|---|
| wöchentlicher Durchschnitt | 93 | 66 | 27 |
| Gesamt | 4930 | 3499 | 1427 |

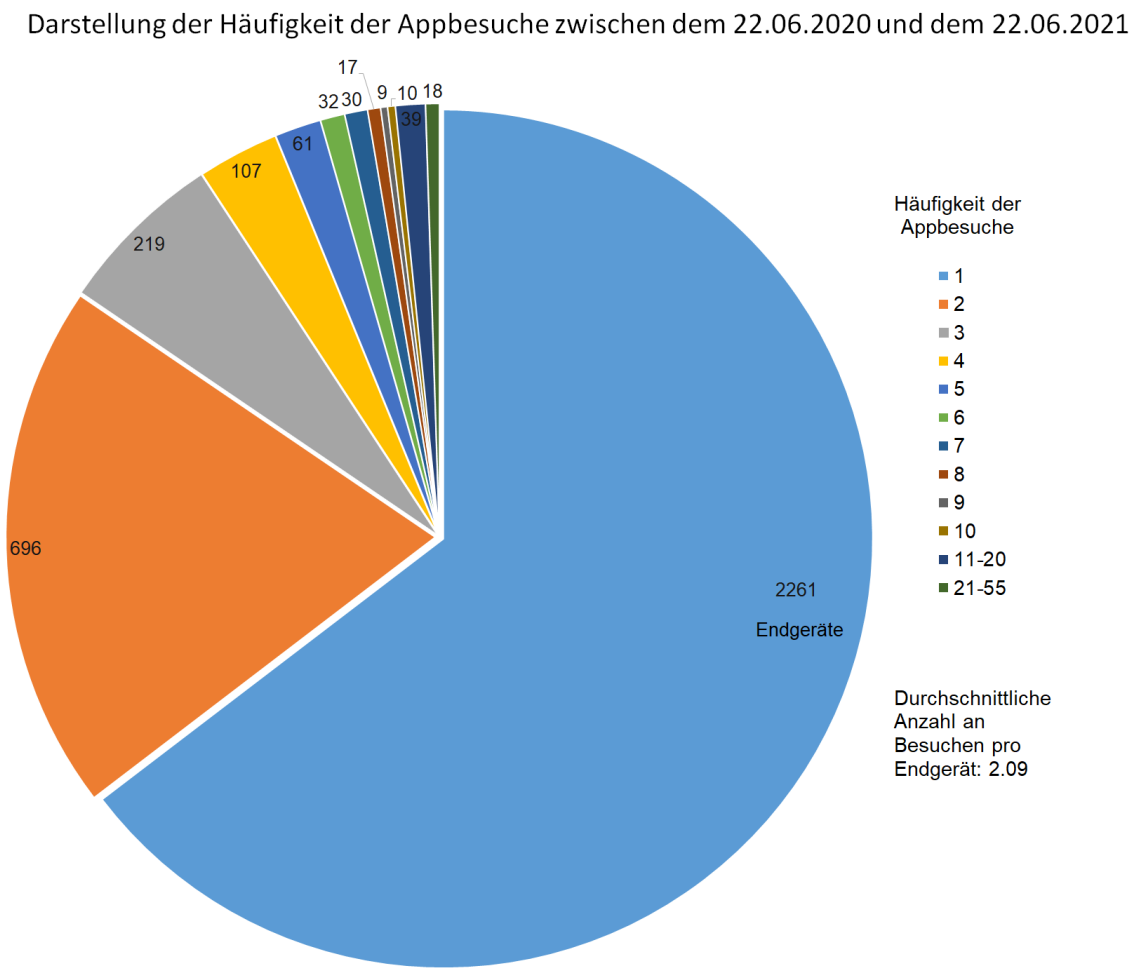


*Abb. 54: Darstellung der Häufigkeit der App-Besuche, die von den Nutzer*innen zwischen dem 22.06.2020 und dem 22.06.2021 durchgeführt wurden.*

Das Tortendiagramm (Abb. 54) zeigt die Verteilung der Anzahl der Besuche (z.B. einmalige, zweimalige, usw. Nutzende) zwischen dem 22.06.2020 und dem 22.06.2021. Es ist deutlich zu beobachten, dass die Mehrheit von ihnen die App nur ein einziges Mal besucht hat.

### 4.3.2 Implizites und explizites Feedback zur Web-App

#### Implizites Feedback

Zwei Drittel aller Aktivitätensuchen wurden in der Stadt Dresden durchgeführt. Insgesamt wurde am häufigsten nach Joggen (116x), Fitness (98x) und Spazieren gehen (80x) gesucht. Dies wird vor allem durch die Suchanfragen aus Dresden geprägt. Dort sind die Top-Aktivitäten ebenfalls Joggen (89x),

Fitness (73x) und Spazieren gehen (60x). In Heidelberg weichen die Aktivitäten ein wenig ab. Hier sind die am häufigsten gesuchten Aktivitäten Federball (35x), Entspannen (32x) und Joggen (27x). Am seltensten wurde nach den Aktivitäten Sonnenbaden (10x) und Lesen (15x) gesucht.

Da in Dresden generell mehr Suchanfragen durchgeführt wurden, sollten die relativen Suchanfragen verglichen werden. Ein solcher Vergleich, wie in Abb. 55 dargestellt, zeigt, welche Aktivitäten in welcher der beiden Pilotstädte besonders nachgefragt sind. In Dresden werden im Vergleich zu Heidelberg häufiger die Aktivitäten Joggen, auf den Spielplatz gehen, Fitness, Spazieren gehen und Freunde treffen gesucht. In Heidelberg wird im Vergleich zu Dresden wiederum relativ häufiger nach Federball, Entspannen, Basketball und Gassi gehen gesucht.

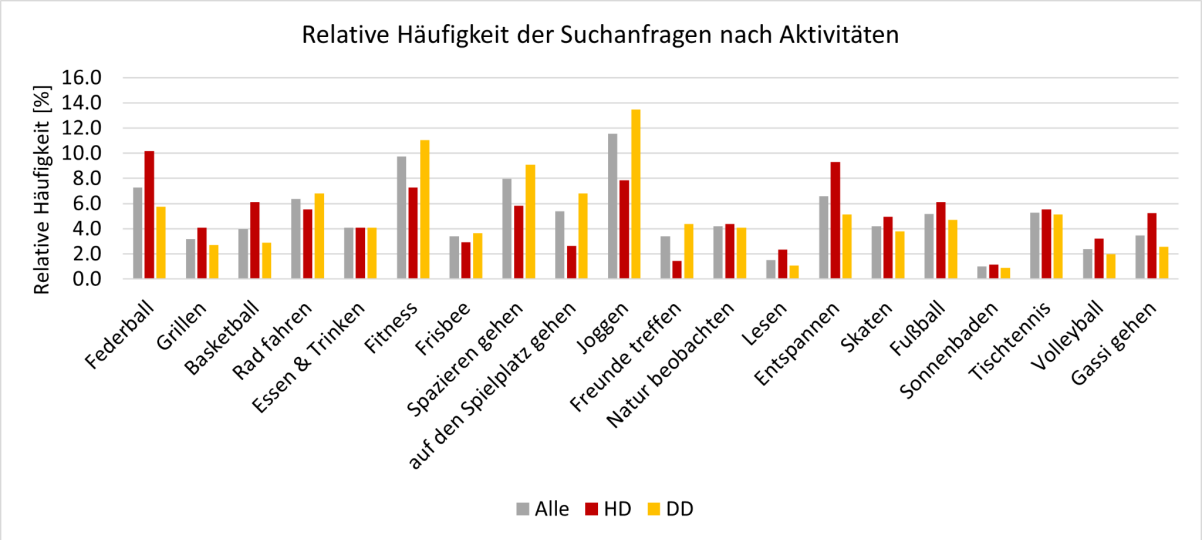


*Abb. 55: Relative Häufigkeit der Suchanfragen nach Aktivitäten unterschieden nach den Pilotstädten Dresden (DD) und Heidelberg (HD) im Zeitraum 16.9.2020 und 14.6.2021*

Ebenso wie bei den Aktivitätensuchen wurden auch knapp zwei Drittel aller Kriteriensuchen in Dresden durchgeführt (Abb. 56). Die Kriterien, nach denen insgesamt am häufigsten gesucht wurde, sind Bäume (100x), Bänke (88x) und Gewässer (83x). Diese Reihenfolge ist in beiden Städten ähnlich. Am seltensten wurde insgesamt nach asphaltieren Wegen (3x), flachen Wegen (7x), Trinkwasserbrunnen (8x) und Volleyballplätzen (8x) gesucht. In Dresden wird im Vergleich zu Heidelberg häufiger nach den Kriterien Bäume, Gewässer und WLAN gesucht. In Heidelberg wird im Vergleich zu Dresden wiederum relativ häufiger nach Rampen, Ruhe und Mülleimern gesucht.

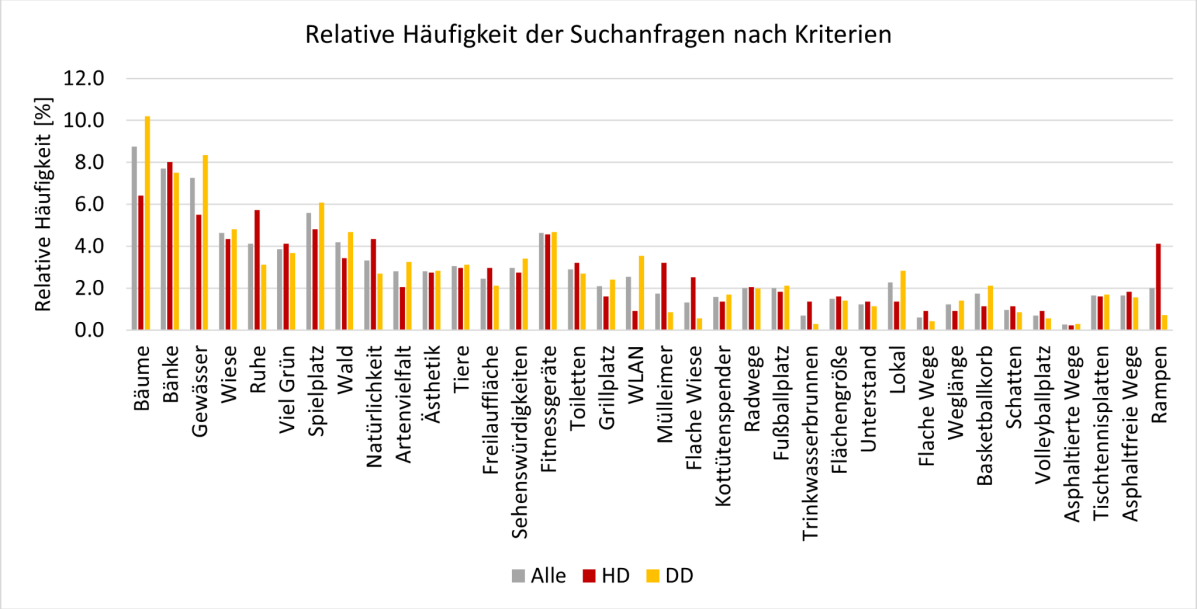


*Abb. 56: Relative Häufigkeit der Suchanfragen nach Kriterien unterschieden nach den Pilotstädten Dresden (DD) und Heidelberg (HD) im Zeitraum 16.9.2020 und 14.6.2021*

### Explizites Feedback von Nutzenden

Seit Beginn des App-Launchs wurden über verschiedene Kanäle (Testberichte in Zeitungsartikeln, E-Mail, Social-Media) Rückmeldungen zur Zufriedenheit mit der Web-App, Problemen oder Verbesserungsvorschlägen verzeichnet. Diese reichten von neuen Features zur Erweiterung der App-Funktionen, über Hinweise zu verbesserungswürdigen Ergebnissen sowie zu Verständnisproblemen. Mithilfe dieser wertvollen Informationen konnten beispielsweise weitere Grünflächennamen in die Schnellsuche der Web-App integriert und die Berechnung für das Kriterium „Ruhe“ optimiert werden. Zudem wurden beim Erreichen von Grünflächen (nach Nutzung der Routingfunktion) explizite Fragen zur Wahrnehmung und Zufriedenheit der Nutzenden gestellt - beispielsweise wie zufrieden sie mit der angebotenen Route waren oder als wie natürlich sie die Grünfläche empfinden (s. Kapitel 2.3.2). Dieses explizite Feedback wurde zwar im Laufe der Pilotierungsphase nur selten ausgefüllt, bietet jedoch großes Potenzial für weitere App-Optimierungen bei einer größeren Anzahl an Nutzenden.

### Explizites Feedback vom Experten

Die meinGrün-Web-App wurde zudem im Rahmen eines digitalen Workshops zum Thema „Geovisualisierung und Usabilty“ durch einen Experten aus dem Fachbereich der Informationsvisualisierung und User Experience (Prof. Dr. Till Nagel, Professor für Visual Analytics, Mannheim University of Applied Sciences) erprobt und bewertet. Insgesamt ist das Experten-Feedback sehr positiv ausgefallen und die App als sehr gelungen bewertet worden. Besonders hervorgehoben wurde die gelungene graphische Ausgestaltung innerhalb des Projektes (z. B. das meinGrün-Logo, Farbwahl, Videoclip) sowie das eigens entwickelte Kartendesign. Der Experte hatte weitergehend angeregt, beispielsweise ein Onboarding (Einführung und Kurzanleitung) beim ersten Öffnen der App hinzuzufügen, sodass die Nutzenden mit den unterschiedlichen Funktionen und Möglichkeiten innerhalb der App unterstützt werden. Die gesammelten Änderungspunkte des Experten wurden im Team anschließend diskutiert und abgewogen, welche Änderungen weiterführend unter den gegebenen Kapazitäten angepasst werden könnten. So wurde u. a. ein Scrollbalken bei der Aktivitätenliste implementiert und somit eine bessere Usability erreicht.

### 4.3.3 Finale Userbefragung

Für die finale Userevaluierung zum Projektende wurde ein Fragebogen in SoSci-Survey aufgesetzt. Mit diesem Fragebogen sollten die Häufigkeit, die Motivation sowie die Zufriedenheit der App-Nutzung erhoben werden. Außerdem sollte in Erfahrung gebracht werden, welche zukünftigen Verbesserungen die App enthalten sollte, welchen Nutzer*innengruppen sich die Nutzenden zuordnen und wie die App das Mobilitätsverhalten der Nutzenden verändert hat. In einem internen Pretest wurde der Fragebogen optimiert und ging am 08.06.2021 online. Der Fragebogen wurde über den meinGrün-Newsletter, eine Pressemitteilung und Social-Media-Kanäle beworben.

525 Personen klickten den Link zum Fragebogen an. Davon begannen 68 den Fragebogen auszufüllen und 50 bearbeiteten ihn vollständig. Im Folgenden werden nur die Ergebnisse der 50 Personen berücksichtigt, die den Fragebogen vollständig abgeschlossen haben. In Tab. 10 ist die Geschlechterverteilung der Befragten dargestellt. Wie auch bereits beim initialen App-Fragebogen sind die Befragten häufiger weiblich. Das könnte einerseits darauf hindeuten, dass die App und deren Nutzung eher bei Frauen auf Interesse stoßen, oder andererseits dass Frauen generell häufiger Fragebögen ausfüllen.

*Tab. 10: Übersicht über die Geschlechterverteilung bei der Evaluation*

| Geschlecht | Anzahl |
|---|---|
| weiblich | 30 |
| männlich | 19 |
| divers | 1 |

In Tab. 11 ist die Altersverteilung der Befragten aufgeführt. Wie auch bei anderen Befragungen haben wir eher jüngere Personen erreicht, jedoch keine Personen unter 18 Jahren. In dieser Personengruppe konnte trotz Social Media Kampagne keine Aufmerksamkeit generiert oder Interesse erzeugt werden, an der Befragung teilzunehmen.

*Tab. 11: Übersicht über die Altersverteilung bei der Evaluation*

| Altersklasse | Anzahl |
|---|---|
| 0-17 | 0 |
| 18-29 | 19 |
| 30-44 | 19 |
| 45-59 | 8 |
| 60+ | 4 |

Im Schnitt haben sich die Personen drei verschiedenen Nutzer*innengruppen zugeordnet. Am häufigsten ordneten sie sich den Erholungssuchenden zu, am seltensten dem Betreuungspersonal (siehe Abb. 57).

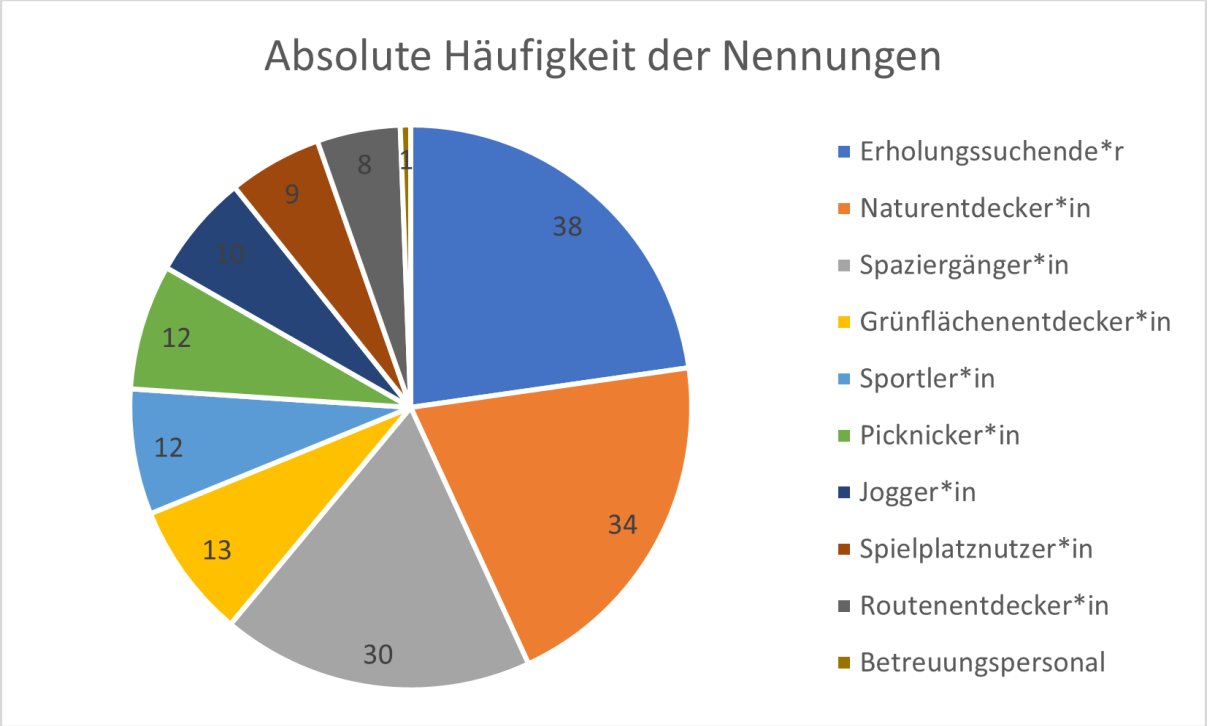


*Abb. 57: Diagramm über die Zuordnung zu verschiedenen Gruppen von Nutzerinnen und Nutzern*

Nur eine Person ist Bewohnerin in einer der beiden Städte seit weniger als einem Jahr. 33 Personen sind Bewohner*innen seit mehr als einem Jahr. 11 Personen waren Besucher*innen oder Tourist*innen und 5 Personen haben keinen Bezug zu beiden Städten. Bei mehr als der Hälfte der Befragten (N = 26) war die letzte Nutzung der App weniger als eine Woche her. Bei vier Personen war die letzte Nutzung innerhalb des letzten Monats. Bei 20 Personen war die letzte Nutzung der App länger her. Fast 70 % der Befragten (N = 34) haben die App nur einmal bzw. an einem Tag genutzt. Diese Personen gaben im Schnitt nur einen Grund dafür an, warum sie die App nicht häufiger nutzen. In Abb. 58 sind die absoluten Häufigkeiten der Gründe für die Nicht-Nutzung der App dargestellt. Die hauptsächlichen Gründe, warum die Befragten die App erst einmal verwendet haben, sind die mangelnde Zeit, sie ein weiteres Mal zu nutzen und dass die Befragten nicht aus einer der beiden Pilotstädte kamen. Nur selten führen inhaltliche Aspekte zur Nicht-Nutzung der App. Es würde folglich Sinn ergeben, eine weitere Evaluierung zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen.

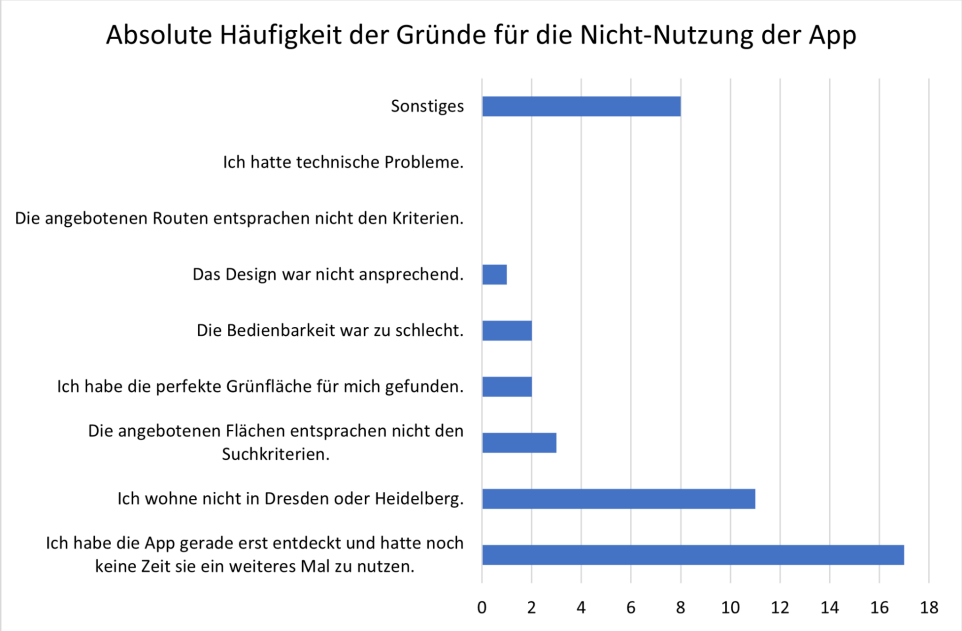


*Abb. 58: Absolute Häufigkeiten zur Begründung, warum die App erst bzw. nur einmal verwendet wurde*

Diejenigen, die die App mindestens zweimal bzw. an zwei Tagen nutzten (N = 16), gaben im Schnitt zwei Gründe dafür an. In Abb. 59 sind die absoluten Häufigkeiten für die Nutzungsgründe aufgetragen. Wie auch bereits die Auswertung der Suchanfragen zeigt die Evaluierung, dass besonders die Aktivitätensuche häufig von den Nutzenden verwendet wird.

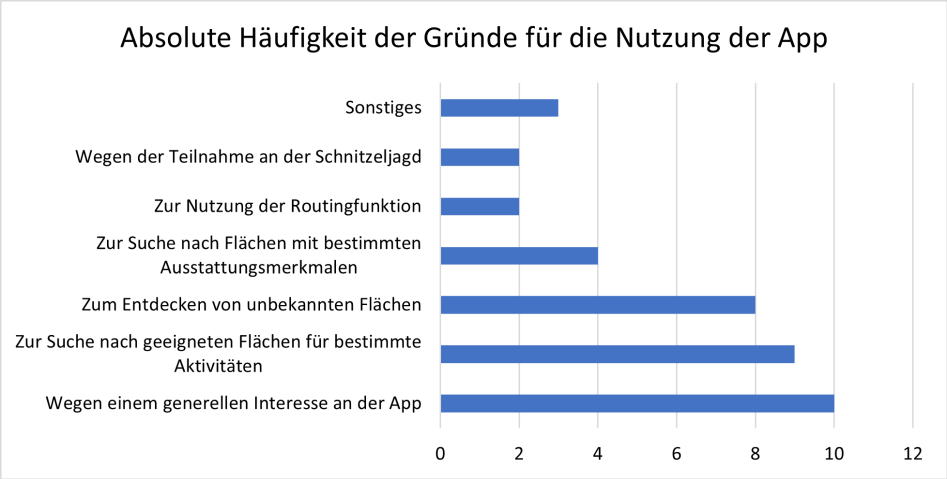


*Abb. 59: Absolute Häufigkeiten zur Begründung warum die App verwendet wird*

Die Personen, die die App häufiger als einmal genutzt haben, sollten die sechs wichtigsten Funktionalitäten nach ihrer Bedeutung sortieren. Als von den Nutzenden am wichtigsten eingeschätzt wurden die Aktivitätensuche, die Kriteriensuche und das Erkunden der Karte. Weniger wichtig wurden die Routingfunktion und die Freitextsuche eingeschätzt. Als am unwichtigsten wurde die Feedbackfunktion bewertet.

Neben der Nutzung von Funktionen wurde zudem die Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten der App erfasst (Abb. 60). Interessant ist dabei die Tatsache, dass Einmal-Nutzende mit fast allen abgefragten Punkten zufriedener sind als Personen, die die App häufiger nutzen. Dies kann daran liegen, dass mit häufigerer Nutzung Schwachstellen der App eher erkannt werden. Da außerdem viele der Einmal-Nutzenden nicht in einer der beiden Pilotstädte leben, muss davon ausgegangen

werden, dass sie die Städte nicht (gut) kennen und beispielsweise die Ergebnisse der Grünflächensuche nicht zwangsläufig beurteilen können. Insgesamt am besten wurden die Mitmachaktionen bewertet. Am niedrigsten, aber immer noch befriedigend bis gut, wurden die Ergebnisse der Grünflächensuche bewertet.

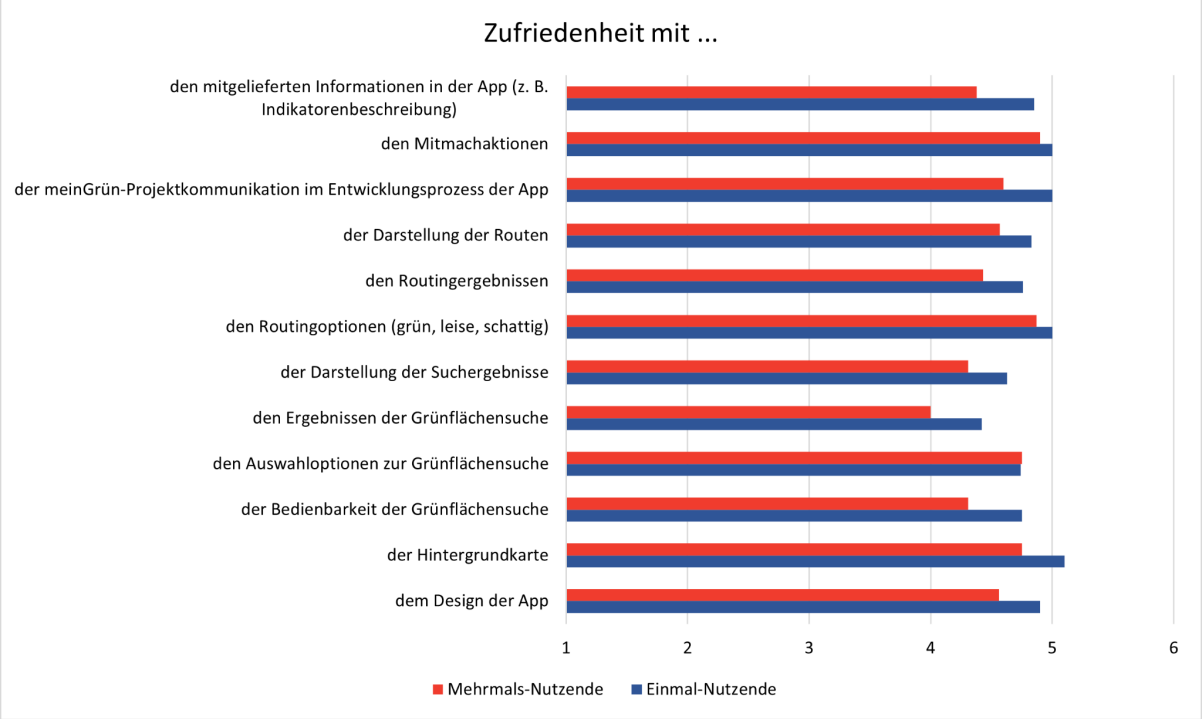


*Abb. 60: Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten der App und des Projekts unterschieden nach Einmal- und Mehrmals-Nutzenden von 1 (= schlecht) bis 6 (= sehr gut)*

Zusätzlich hatten die Befragten die Möglichkeit, ihre Angaben zu begründen. Die meisten Kommentare bezogen sich auf Verbesserungsvorschläge und Weiterentwicklungen. Der Großteil (80 %) der Befragten, die nicht in den Pilotstädten leben, würde sich die App auch in anderen Städten wünschen.

Zusätzlich fragten wir, welche neuen Funktionen die Befragten für sinnvoll erachten. Im Schnitt wählten sie drei Funktionen aus. Als wichtigste Funktion erachten die Befragten die Möglichkeit, Bilder der Grünflächen anzeigen lassen zu können. Die am wenigsten gefragte Funktion ist die Möglichkeit mit anderen Nutzerinnen und Nutzern zu interagieren (Abb. 61). Unter Sonstiges wurden ein paar neue Ideen zur Weiterentwicklung geäußert, wie beispielsweise die Möglichkeit, Ausschlusskriterien anzugeben.

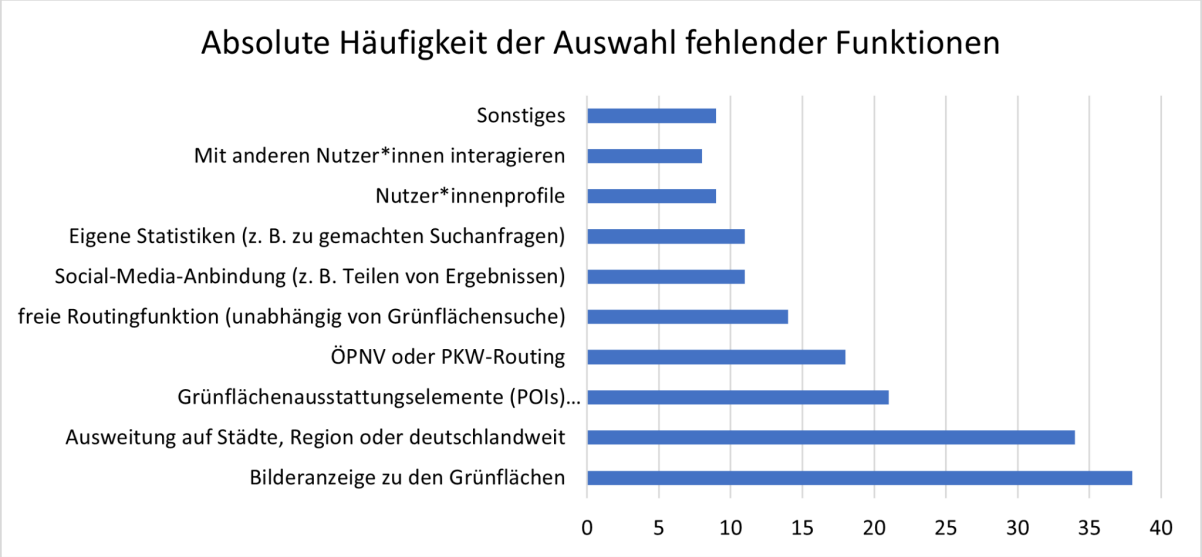


*Abb. 61: Absolute Häufigkeiten zur Nennung von fehlenden Funktionen*

Auf das Mobilitätsverhalten der Befragten hatte die App-Nutzung kaum Einfluss. Dies könnte daran liegen, dass die Routingfunktion von einigen Testenden nicht gefunden und deren Bedeutung nicht so hoch eingeschätzt wurde, wie beispielsweise die Suchfunktion über Aktivitäten. Das eher geringe Potenzial der App auf das Mobilitätsverhalten wurde ebenfalls im Rahmen einer begleitenden Vorstudie beobachtet, die jedoch auf einer zeitigen Beta-Version basierte (Höhnel, 2020).

Insgesamt zeigte die finale Befragung, dass die App bereits jetzt einen hohen Zufriedenheitsgrad erreicht, aber auch noch viele Möglichkeiten zur Weiterentwicklung bestehen. Die Nutzenden selbst zeigen ein großes Interesse, das Potenzial der meinGrün-App weiter auszuschöpfen. Das offenbart sich in Ideen und Vorschlägen zur Verbesserung sowie der mehrfachen Nennung einer Kartier- und Bewertungsfunktion. Dadurch könnten die Nutzenden selbst die Ergebnisse und damit die App verbessern und weiterentwickeln.

### 4.3.4 Evaluierung von Indikatoren mittels Citizen Science

Die explizite Feedback-Funktion der App eröffnet die Möglichkeit, die Bevölkerung bei der Wissensgenerierung stärker einzubinden. Über dieses Wissen von Bürgerinnen und Bürgern könnten beispielsweise Daten zur subjektiven Wahrnehmung von Stadtgrün erfasst werden und diese Informationen genutzt werden, um einige meinGrün-Indikatoren zu evaluieren. Hierzu wurde ein Citizen-Science-Projekt zur Erforschung der Wahrnehmung von Stadtgrün im Rahmen einer Lehrveranstaltung der TU Dresden sowie der Hochschule Anhalt konzipiert und erprobt. Studierende entwickelten dazu ein Konzept, mit dem über die meinGrün-App das subjektive Empfinden in Bezug auf Ruhe, Ästhetik, Naturnähe und Sauberkeit abgefragt werden kann. Dazu wurde ein eigenes POI-Icon entwickelt und an ausgewählten Orten in der Karte implementiert (Abb. 62). Mit Klick auf das Icon öffnet sich ein Feedbackfragebogen zu den Indikatoren. Diese Einschätzungen können schlussendlich mit den Ergebnissen der aus Geodaten abgeleiteten meinGrün-Indikatoren verglichen werden und diese hinsichtlich der Aussagekraft zu evaluieren.

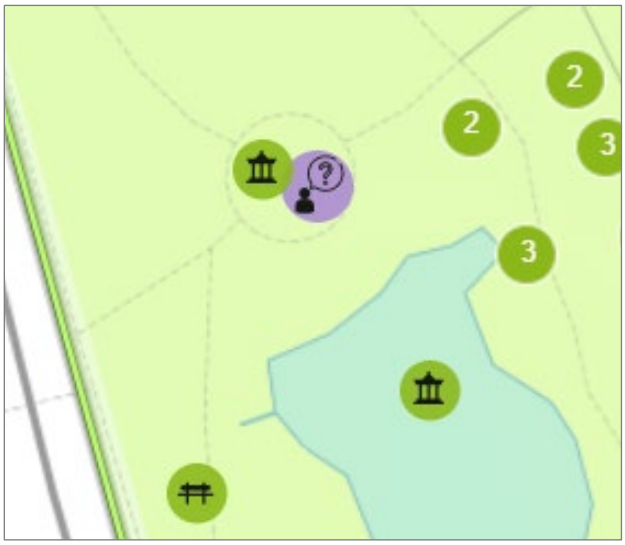


*Abb. 62: Ausschnitt aus der meinGrün-Karte mit dem neuen POI-Icon (violett)*

Im Zuge der Lehrveranstaltung wurde das Konzept in einem Pretest bei einem Stadtspaziergang mit 10 Standorten in Dresden angewendet (Abb. 63). Es zeigte sich, dass sich der Citizen-Science-Ansatz in Kombination mit der meinGrün-Web-App eignet, die Empfindungen zu erheben. Aufgrund der kleinen, nicht repräsentativen Stichprobe, lassen die Ergebnisse jedoch noch keine finalen Schlüsse auf Zusammenhänge zwischen den mittels Citizen Science erhobenen Daten und den aus Geodaten abgeleiteten Indikatoren zu. Es wird weitere Auswertungen dazu geben, die auch im Rahmen einer Weiterqualifizierung verwendet werden. Das Konzept wird nun als langfristige Möglichkeit zur Feedbackabgabe in der App implementiert und kann in Zukunft im Rahmen eines größer angelegtes Citizen Science Projektes genutzt werden. Die meinGrün-App eignet sich damit nicht nur als Entscheidungsunterstützungstool, sondern auch als Forschungsinstrument.

*Abb. 63: Eindrücke des Citizen Science-Stadtspaziergangs im Rahmen einer Lehrveranstaltung des Masterstudienganges „Raumentwicklung und Naturressourcenmanagement“ der TU Dresden (Quelle: Kristin Fiedler)*

### 4.3.5 Feedback zum Webportal

Das Webportal wurde als Demonstrator zum Projektende fertiggestellt und veröffentlicht. Eine quantitative Evaluation über eine Befragung oder Auswertung von Nutzendenzahlen war im Rahmen der Projektlaufzeit nicht möglich. Dennoch konnten im Zuge der Webportal-Entwicklung Feedback von den Städtischen Vertretern zu ersten Konzepten und Prototypen gesammelt werden. Zudem dienten mehrere interne Runden des breit aufgestellten Projektkonsortiums (unter Einbindung externer Kolleginnen und Kollegen) dazu, die Anwendung in Bezug auf Usability und User Experience zu optimieren. Hier wurden unter anderem Hinweise zur Verbesserung der Farbgebung von Layerklassen oder der Anordnung von Elementen der Benutzeroberfläche gegeben, welche anschließend im Webportal umgesetzt wurden.

# 5 Schlussfolgerungen

## 5.1 Potenziale für Weiterentwicklung von meinGrün

Die vielseitigen Arbeiten innerhalb des meinGrün-Projektes schaffen Mehrwerte für die Stadtbevölkerung, Stadtverwaltungen sowie die Forschung. Während der Projektumsetzung konnten darüber hinaus weitere Potenziale und Weiterentwicklungsmöglichkeiten identifiziert werden.

Mit der meinGrün-App erhalten Nutzende auf unkomplizierte und schnelle Weise umfassende Informationen zu Grünflächen in ihrer Stadt und in Wohnungsnähe. Sie können entsprechend eigenem Belieben die vielseitigen Aktivitäten und die dazugehörigen Kriterien auswählen und gewichten und erhalten hierdurch ein individuelles Grünflächenangebot in ihrem Suchumkreis. So können neue Aktivitätsmöglichkeiten und Grünflächenqualitäten erkundet und ausprobiert werden. Auf diese Weise wird die Multifunktionalität der unterschiedlichen Grünflächen in den Pilotstädten der Stadtbevölkerung nahe gebracht. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang eine Erweiterung der App für den Bereich Umweltbildung, indem zum Beispiel zu den Leistungen und Werten von Stadtgrün weiterführende Informationen zur Verfügung gestellt werden. Künftig könnten zudem interaktivere Elemente innerhalb der App eingebettet werden. So wäre beispielsweise eine Rating-/Bewertungsmöglichkeit von Grünflächen nach bestimmten Kriterien (z. B. Sauberkeit, Pflegezustand usw.) oder die Kennzeichnung von Lieblingsorten (z.B. Lieblingsliegefläche, Lieblingssportfläche usw.) denkbare Erweiterungen, durch die die Bürger*innen aktiv eingebunden werden und somit direktes Feedback an Stadtverwaltungen übertragen können. Auf diese Weise werden Bürger*innen selbst zu Gestaltenden innerhalb der Stadt.

Die durch das meinGrün-Projekt bereitgestellten Datengrundlagen und Informationen zu Grünflächen in der Stadt können in der Stadtplanung unterstützend verwendet werden. Das meinGrün-Webportal stellt hierfür eine zugängliche Plattform zum Entdecken aber auch Nutzen der Daten dar. Durch eine aktive Nutzung der meinGrün-App können indirekte Informationen zur Nutzung und Wahrnehmung von Grünflächen durch Bürger*innen gesammelt und für die Stadtplanung verwendet werden. Auf Grundlage dieser Daten können detaillierte räumliche Defizitanalysen in Bezug auf die Grünversorgung in der Stadt oder auch die Begrünungsanteile von Wegenetzen abgerufen bzw. auch selbstständig weiterführend durchgeführt werden. Beispiele solcher und weiterer Grün-Analysen werden in den Use Cases des meinGrün-Webportals aufgezeigt. Weiterentwicklungspotenziale der meinGrün-App bestehen in Bezug auf Erfassungen von subjektiven Wahrnehmungen von Umweltfaktoren, wie z. B. Hitze, Lärm oder Gerüchen in der Stadt. Denkbar wäre eine Bewertung dieser Einflüsse durch die App-Nutzenden, wodurch direkte Erkenntnisse oder ein Abgleich mit städtischen, stationären Messungen (z. B. Klimamessstationen) möglich sein würde. Diese Informationen könnten der Stadtplanung, vor allem dem Umweltamt, zu Gute kommen. Außerdem stellt die meinGrün-App eine Möglichkeit als Beteiligungstool und kann somit dem direkten Austausch mit der Bevölkerung zu unterschiedlichen Zwecken dienen (z. B. öffentliche Beteiligungen an Bauvorhaben, Befragungen usw.). Durch die meinGrün-App könnte eine geringschwellige Schnittstelle zwischen Bürger*innen und Stadtverwaltung geschaffen werden und eine Möglichkeit, direkt mit unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen in Kontakt zu treten. Auf diese Weise könnten wichtige Entscheidungsgrundlagen geschaffen und für Planungsprozesse bereitgestellt werden. Des Weiteren wäre eine Prüfung zur Weiterentwicklung der App als Teil eines Smart City Instruments für Städte denkbar. So wäre zum Beispiel eine Erweiterung der App um weitere Freizeitaktivitäten, die nicht explizit den Bezug zu Grünflächen aufweisen, möglich (z. B. Sportkurse, Vereine, Sport-/Schwimmhallen usw.). Auf diese Weise hätte die App das Potenzial, als ein digitales Informations- und Entscheidungstool für Freizeitaktivitäten aller Art in der Stadt zu fungieren (z. B. im Sinne einer „meineStadt-App“).

Im Rahmen der Evaluierung wurde angemerkt, dass die Web-App in eine native App überführt werden sollte, damit sie auch in App Stores verfügbar ist und damit ein größeres Vertrauen und Verbreitungspotenzial aufgebaut wird. Außerdem gaben die Nutzenden Hinweise zu weiteren Features, wie die Möglichkeit, zur Startkarte ohne Suchanfrage zurückzukehren, der Suche nach allen Grünflächen in einem Stadtviertel oder einer Infoseite zu allen Grünflächen, auf der alle Ausstattungsmerkmale aufgelistet sind. Für eine einfachere Anwendung wäre zudem eine automatische Suche mit denselben Parametern nach Verschieben des Kartenausschnittes sinnvoll. Zur besseren visuellen Orientierung könnten die verschiedenen Grünflächentypen in unterschiedlichen Farben gekennzeichnet sein. Ein wichtiger grundlegender Punkt, der einige Male genannt wurde, ist die Prüfung der Zugänglichkeit der Grünflächen. Aufgrund des hohen zeitlichen Aufwands, alle Grünflächen regelmäßig zu prüfen, könnte eine Kartier- oder Bewertungsfunktion dazu dienen, das lokale Wissen der App-Nutzenden einfließen zu lassen und so die Datenqualität der Grünflächenziele zu verbessern.

Durch die Verwendung größtenteils offener Daten ergibt sich eine gute Übertragbarkeit von meinGrün auf andere nationale sowie internationale Städte. Allerdings sind dabei Anpassungen nötig insbesondere im Hinblick auf unterschiedliche Grünflächenansprüche oder aber auch der heterogenen Datenqualität (z. B. bei OpenStreetMap). Somit können weitere Städte von den Forschungs- und Entwicklungsergebnissen des Projektes profitieren. Eine weitere Ergänzung innerhalb der meinGrün-Web-App ergibt sich durch eine Verknüpfung zu Social-Media-Funktionalitäten. So könnte beispielsweise eine Funktion zum Teilen von „grünen Treffpunkten“ unter Freunden durch Nachrichtendienst-Verknüpfungen in der meinGrün-Web-App integriert werden. Der Routingdienst innerhalb der meinGrün-App könnte ebenfalls erweitert werden und ein Routing von beliebigen Start- und Zielorten (unabhängig von Grünflächen) erlaubt. Auf diese Weise würde die App das Potenzial aufweisen, nicht nur die Wege zu Grünflächen gesundheitsfördernd zu gestalten, sondern nun auch alle sonstigen Wege innerhalb der Stadt. Mögliche Einsatzbereiche ergeben sich insbesondere im Bereich der Anpassung an Hitze und der Möglichkeit, dass Bürger*innen - insbesondere vulnerable Bevölkerungsgruppen, wie z. B. ältere Menschen oder Kinder – an Hitzetagen besonders schattige Routen vorgeschlagen bekommen könnten.

Hinsichtlich Mehrwerten für die Wissenschaft hat das meinGrün-Projekt dazu beigetragen, dass neue Methoden der Datengenerierung und -verarbeitung entwickelt und erprobt wurden. Diese wurden in unterschiedlichen nationalen sowie internationalen Zeitschriften veröffentlicht oder wurden auf Fachkonferenzen präsentiert. Die frei verfügbaren Ergebnisse ermöglichen weitere Anknüpfungen innerhalb wissenschaftlicher Studien durch Dritte. Die meinGrün-App wurde außerdem bereits während der Projektlaufzeit als Forschungsinstrument im Rahmen der Lehre eingesetzt. Studierende wurden aufgefordert, ein Konzept für die Abfrage des subjektiven Empfindens in Bezug auf Ruhe, Ästhetik, Naturnähe und Sauberkeit zu entwickeln und mithilfe der meinGrün-App umzusetzen. Diese Einschätzungen ermöglichen einen Vergleich der subjektiven Wahrnehmung durch Grünflächenbesucher*innen mit Ergebnissen objektiver Indikatoren. Dieser Pretest zeigt das Potenzial der Weiterentwicklung und des Einsatzes der meinGrün-App als Werkzeug für Citizen-Science-Projekte auf.

## 5.2 Learnings

Aus einem größeren und so vielseitigen Forschungsprojekt wie meinGrün, bei dem insbesondere das Erproben und Entwickeln unterschiedlicher methodischer sowie technischer Möglichkeiten im Vordergrund stehen, lassen sich eine Vielzahl an Lehren für weitere, ähnliche Vorhaben ziehen. So hat das Projektteam rückblickend einige Anhaltspunkte als „Learnings“ identifiziert, welche für ein nachfolgendes bzw. ähnliches (Forschungs-)Projekt von Relevanz sein können und daher

Berücksichtigung finden sollten. Diese Learnings werden im Folgenden beispielhaft dargelegt und erläutert.

In dem meinGrün-Projekt standen aufgrund des partizipativen Ansatzes (s. Kapitel 4) insbesondere die Endnutzenden der meinGrün-App stark im Fokus und wurden in vielen Arbeitsschritten stets berücksichtigt und bedacht. Hierdurch geriet die zukünftige Verwertung der Web-App in den Hintergrund, denn die App-Nutzenden sollten nicht zu den Finanzierenden der App werden. Während der Entwicklungsphase der Web-App wurden mehrmalig potenzielle Kunden von meinGrün, wie z.B. Stadtverwaltungen der Pilotstädte, Verkehrsverbünde oder Tourismusvereine, in Bezug auf eine mögliche Zusammenarbeit und App-Übernahme angefragt. Anfangs war das Interesse stets groß, allerdings konnten innerhalb der Projektlaufzeit keine finalen Kooperationen realisiert werden. Um eine anschließende Verwertung sicherzustellen, sollten potenzielle Kunden explizit von Anfang an - bestenfalls bereits in der Konzipierungsphase - eingebunden werden. Die Entwicklung eines aussichtsreichen Geschäftmodells zu Beginn des Projektes ist darum vorteilhaft für eine nachfolgende, zielgerichtete Verwertung der Projektergebnisse. Eine weitere Herausforderung in Bezug auf die Verwertung der Projektergebnisse stellen teilweise divergierende Erwartungshaltungen an die zu entwickelnde Anwendung dar. Ein Forschungsvorhaben, welches in Form einer Applikation an weitere Forschungsergebnisse gelangen und methodische Optionen erproben möchte, gerät häufig in einen Spagat zwischen den Erwartungen an eine „funktionsfähige, nutzerfreundliche, finale App“ (wie man sie aus den gängigen App-Stores kennt) und den stärker wissenschaftlich ausgerichteten Erwartungen an eine App als „Demonstrator“ der methodischen Möglichkeiten. Ein höherer Ressourceneinsatz in die App-Entwicklung und Optimierung führt zu fehlenden Ressourcen in Bezug auf die wissenschaftlichen Arbeiten - und andersherum. Hier eine Balance zu finden, welche die unterschiedlichen Erwartungshaltungen berücksichtigen, stellte eine Herausforderung dar.

Chancen für eine realistische Verwertung der Ergebnisse sieht das Projektteam des Weiteren in integrierten automatisierten Prozessen, beispielsweise für die aufwändige Daten- und Zielpolygongenerierung. So ist es von Vorteil, bereits bei der Konzeptionierung eines Forschungsprojektes den Aspekt der Automation als elementaren Schwerpunkt der Arbeiten einzuplanen und auf diese Weise eine Weiterführung und Übertragbarkeit auf weitere Städte noch zielgerichteter zu vereinfachen.

Weitere Herausforderungen ergaben sich hinsichtlich der Einbindung der Öffentlichkeit im Rahmen des partizipativen Ansatzes, wie in Kapitel 4 beschrieben. So ist zu erwähnen, dass sich die Erreichbarkeit von Bürger*innen vor Ort auf diversen Veranstaltungen sowie über Online-Befragungen als schwierig und zugleich aufwändig erwiesen. Es wurden zu Teilen nur wenige Antworten generiert, sodass die Ergebnisse und Erkenntnisse für die nachfolgende App-Entwicklung (Indikatoren, Kriterien, Funktionalitäten) nicht immer repräsentativ waren. Eine wichtige Rolle bei der Aktivierung lokaler Akteure sowie der Aufmerksamkeitserregung unter den Bürger*innen spielen vor allem etablierte, bekannte Lokalinstitutionen, wie beispielsweise die Stadtverwaltungen in den Pilotstädten. Das Projektteam hat die Erfahrung gemacht, dass insbesondere die Bewerbung von Umfragen oder der App durch die etablierten kommunalen Kanäle (z. B. Presse, Social Media, Veranstaltungen) eine höhere Aufmerksamkeit erhielt. Eine enge Zusammenarbeit mit den lokalen Stadtverwaltungen sollte bei der Projektdurchführung berücksichtigt und forciert werden. Des Weiteren kommt der lokalen Sichtbarkeit der App im öffentlichen Raum, z. B. in Form von Plakaten und leicht zugänglichen Weblinks über QR-Codes, eine besondere Bedeutung zu. Pandemie-bedingt fokussierte die App-Bewerbung und Nutzenden-Ansprache insbesondere die digitalen Kanäle, sodass das Potenzial von vor-Ort-Events nicht erprobt werden konnte. Hieran anknüpfend hat der Projektverlauf gezeigt, dass ein Aufbau und die aktive Bespielung von mehreren Social Media Kanälen (Instagram, Twitter, Facebook, meingrün-Blog) sich sehr herausfordernd und zeit-intensiv

gestalten. Diese Arbeiten benötigen viel Vorbereitung, Kreativität und Kapazitäten und sind somit nur bedingt „nebenher“ in einem Forschungsprojekt leistbar. Empfehlenswert ist daher, genügend personelle Kapazitäten für die Öffentlichkeitsarbeit und der Social-Media-Betreuung einzuplanen.

Die Erfahrungen aus dem Projekt zeigen, dass noch große Unterschiede und Lücken hinsichtlich der offenen Datenbereitstellung (Open Data) durch Städte in Deutschland bestehen. Dieser Zustand hindert zumeist ein einheitliches Vorgehen hinsichtlich der Datenbeschaffung sowie -verarbeitung und gestaltet die Initialphase von Vorgehen sehr aufwändig und zeitintensiv. Die Digitalisierung und die Bereitstellung kommunaler Daten in Form von Open Data sollte dahingehend weiterhin gefördert werden. Ein häufiger Aspekt, welcher Kommunen daran hindert, ihre Daten zu veröffentlichen, ist die Sorge vor der Veröffentlichung fehlerbehafteter Daten. Hierbei sollte ein Umdenken stattfinden und gefördert werden, dass die Veröffentlichung von Daten stets eine Chance darstellt, die Datenqualität zu optimieren und folglich deren Verwendung innerhalb von Entwicklungsprozessen zu verbessern. Eine weitere Chance ergibt sich durch die Bereitstellung von Open Data, indem bestehende kommunale Datengrundlagen durch andere, offene Datenquellen ergänzt werden können. Das meinGrün-Projekt hat die Ergänzung kommunaler Daten mit Daten von OpenStreetMap erfolgreich demonstriert und gezeigt, dass eine Erweiterung der Datengrundlage weitere Potenziale hinsichtlich nachhaltiger Stadtentwicklungsprozesse bereitlegen kann. Dieses Potenzial wurde an beide Pilotstädte herangetragen und führte gar dazu, dass bestehende Datenlizenzbedingungen um einen Passus erweitert wurden, damit eine Vermischung mit OpenStreetMap lizenzkonfliktfrei erfolgen kann. Der Aspekt der Datenbeschaffung und dem benötigten Kommunikationsaufwand diesbezüglich mit Dritten sollte innerhalb solcher Vorhaben daher mit genügend Ressourcen zu Projektbeginn eingeplant werden.

## Literatur

Artmann, M.; Chen, X.; Ioja, C.; Hof, A.; Onose, D.; Poniży, L.; Zavodnik Lamovšek, A.; Breuste, J. (2017). The role of green spaces in care facilities for elderly people across European cities. Urban Forestry & Urban Greening, 27, 203-213. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.007

Banko, G.; Birli, B.; Stickler, T.; Sturn, T.; Wannemacher, K.; Wildenberg, M.; Moorthy, I. (2020). Exploring and promoting green urban spaces in Vienna - can data about public perception help drive change. URL: https://zenodo.org/record/3695015 (abgerufen am 26. April 2021).

Beichler, S.A. (2015). Exploring the link between supply and demand of cultural ecosystem services – towards an integrated vulnerability assessment. Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag., 11(3), 250–263. https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1059891

Bertram, C.; Rehdanz, K. (2015). The role of urban green space for human well-being. Ecological Economics, 120, 139–152. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.10.013

Biørn-Hansen, A.; Majchrzak, T.; Grønli, T-M. (2017). Progressive Web Apps: The Possible Web-native Unifier for Mobile Development. In Proc. of the 13th International Conference on Web Information Systems and Technologies - WEBIST, 344–351. https://doi.org/10.5220/0006353703440351.

Bowler, D.E.; Buyung-Ali, L.; Knight, T.M.; Pullin, A.S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning, 97(3), 147–155. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006

Brown, G.; Kyttä, M. (2014). Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. Appl. Geogr., 46, 122-136. http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.11.004

Brzoska, P.; Hecht, R.; Dunkel, A.; Ludwig, C. (2021). Neues Wissen zum Stadtgrün als Planungsgrundlage bereitstellen mit Diensten und Anwendungen des meinGrün-Projekts. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos (IÖR-Schriften 79).

Buchel, S.; Frantzeskaki, N. (2015). Citizens' voice: a case study about perceived ecosystem services by urban park users in Rotterdam, the Netherlands. Ecosyst. Serv., 12 (2015), 169-177. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.014

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2018). Handlungsziele für Stadtgrün und deren empirische Evidenz. Indikatoren, Kenn- und Orientierungswerte. Bonn, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB) (2017). Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft, 1st ed. Berlin.

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB) (2015). Grün in der Stadt − Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün, 2015. URL: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmub/verschiedene-themen/2015/gruenbuch-2015-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (abgerufen am 14. 10. 2020).

Cakir, S.; Hecht, R.; Krellenberg, K. (2021a). Sensitivity analysis in multi-criteria evaluation of the suitability of urban green spaces for recreational activities. AGILE GIScience Series 2, 22 (2021). https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-22-2021

Cakir, S.; Schorcht, M.; Stanley, C.; Hecht, R. (2021b). Städtische Grünflächen und Aktivitäten: Heidelberg (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-4

Cakir, S.; Schorcht, M.; Stanley, C.; Hecht, R. (2021c). Städtische Grünflächen und Aktivitäten: Dresden (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-3

Cakir, S.; Schorcht, M.; Stanley, C.; Rieche, T.; Ludwig, C.; Gugulica, M.; Dunkel, A.; Hecht, R. (2021d). Städtische Grünflächen und Indikatoren: Dresden (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-1

Cakir, S.; Schorcht, M.; Stanley, C.; Rieche, T.; Ludwig, C.; Gugulica, M.; Dunkel, A.; Hecht, R. (2021e). Städtische Grünflächen und Indikatoren: Dresden (Version 2021) [Data set]. Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany. https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-DATA-DE-2021-2

Campbell, L.K.; Svendsen, E.S.; Sonti, N.F.; Johnson, M.L. (2016). A social assessment of urban parkland: Analyzing park use and meaning to inform management and resilience planning. Environmental Science & Policy, 62, 34–44. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.014

Carrus, G.; Scopelliti, M.; Lafortezza, R.; Colangelo, G.; Ferrini, F.; Salbitano, F.; Agrimi, M.; Portoghesi, L.; Semenzato, P.; Sanesi, G. (2015). Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. Landscape and Urban Planning, 134, 221–228. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.022

Carrus, G.; Scopelliti, M.; Panno, A.; Lafortezza, R.; Colangelo, G.; Pirchio, S.; Ferrini, F.; Salbitano, F.; Agrimi, M.; Portoghesi, L.; Semenzato, P.; Sanesi, G. (2017). A Different Way to Stay in Touch with 'Urban Nature': The Perceived Restorative Qualities of Botanical Gardens. Frontiers in Psychology, 8, 914. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00914

Casalegno, S.; Inger, R.; DeSilvey, C.; Gaston, K.J. (2013). Spatial Covariance between Aesthetic Value & Other Ecosystem Services. PLoS ONE, 8, e68437. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068437

Chen, S.; Wang, Y.; Ni, Z.; Zhang, X.; Xia, B. (2020). Benefits of the ecosystem services provided by urban green infrastructures: Differences between perception and measurements. Urban Forestry & Urban Greening, 54, 126774. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126774

Dai, P.; Zhang, S.; Chen, Z.; Gong, Y.; Hou, H. (2019). Perceptions of Cultural Ecosystem Services in Urban Parks Based on Social Network Data. Sustainability, 11, 5386. https://doi.org/10.3390/su11195386

Di Minin, E.; Tenkanen, H.; Toivonen, T. (2015). Prospects and challenges for social media data in conservation science. Front. Environ. Sci. 3. https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00063

Donahue, M.; Keeler, B.; Wood, S.; Fisher, D.; Hamstead, Z.; McPhearson, T. (2018). Using social media to understand drivers of urban park visitation in the Twin Cities, MN. Landscape and Urban Planning, 175. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.02.006

Dunkel, A. (2015). Visualizing the perceived environment using crowdsourced photo geodata. Landscape and Urban Planning, 142, 173–186. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.022

Dunkel, A.; Löchner, M.; Burghardt, D. (2020). Privacy-Aware Visualization of Volunteered Geographic Information (VGI) to Analyze Spatial Activity: A Benchmark Implementation. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9, 607. https://doi.org/10.3390/ijgi9100607

European Commission (2020). EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing Nature Back into Our Lives; Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Brussels, Belgium, 2020. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-eu-biodiversity-strategy-2030_en.pdf (abgerufen am 21.09.2021).

Eurostat (2015). LUCAS Data 2015. https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/data/primary-data/2015

Feltynowski, M.; Kronenberg, J.; Bergier, T.; Kabisch, N.; Łaszkiewicz, E.; Strohbach, M.W. (2018). Challenges of urban green space management in the face of using inadequate data. Urban Forestry & Urban Greening, 31, 56–66. https://doi.org/10.1016/j. ufug.2017.12.003.

Fischer, L. K.; Honold, J.; Botzat, A.; Brinkmeyer, D.; Cvejić, R.; Delshammar, T.; Elands, B.; Haase, D.; Kabisch, N.; Karle, S.J.; Lafortezza, R.; Nastran, M.; Nielsen, A.B.; van der Jagt, A.P.; Vierikko, K.; Kowarik, I. (2018). Recreational ecosystem services in European cities: Sociocultural and geographical contexts matter for park use. Ecosyst. Serv., 31, 455–467. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.015

German Aerospace Center (DLR) (2020). Land Cover DE - Sentinel-2 - Germany, 2015. https://doi.org/10.15489/1ccmlap3mn39

Grunewald, K.; Bastian, O. (2013). Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) – mehr als ein Modewort? In K. Grunewald & O. Bastian (Hrsg.), Ökosystemdienstleistungen (S. 1-11). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Guerrero, P.; Møller, M.S.; Olafsson, A.S.; Snizek, B. (2016). Revealing Cultural Ecosystem Services through Instagram Images: The Potential of Social Media Volunteered Geographic Information for Urban Green Infrastructure Planning and Governance. UP 1, 1–17. https://doi.org/10.17645/up.v1i2.609

Haase, D. (2013). Urbane Ökosystemdienstleistungen – das Beispiel Leipzig. In K. Grunewald & O. Bastian (Hrsg.), Ökosystemdienstleistungen, 232-240. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Hamstead, Z.A.; Fisher, D.; Ilieva, R.T.; Wood, S.A.; McPhearson, T.; Kremer, P. (2018). Geolocated social media as a rapid indicator of park visitation and equitable park access. Computers, Environment and Urban Systems, 72, 38–50. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.01.007

Hausmann, A.; Toivonen, T.; Slotow, R.; Tenkanen, H.; Moilanen, A.; Heikinheimo, V.; Di Minin, E. (2018). Social Media Data Can Be Used to Understand Tourists' Preferences for Nature-Based Experiences in Protected Areas: Social media data in protected areas. CONSERVATION LETTERS, 11, e12343. https://doi.org/10.1111/conl.12343

Hecht, R.; Meinel, G.; Buchroithner, M.F. (2008). Estimation of Urban Green Volume Based on Single-Pulse LiDAR Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46 (11), 3832 - 3840. https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2001771

Heikinheimo, V.; Tenkanen, H.; Bergroth, C.; Järv, O.; Hiippala, T.; Toivonen, T. (2020). Understanding the use of urban green spaces from user-generated geographic information. Landscape and Urban Planning, 201, 103845. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103845

Höhnel, J. (2020). Potential der meinGrün-App zur Verringerung des motorisierten Individualverkehrs bei der Anreise zu städtischen Grünflächen - Evaluation und Analyse potentieller Nutzendengruppen. Masterarbeit. TU Dresden

Hoffimann, E.; Barros, H.; Ribeiro, A. (2017). Socioeconomic Inequalities in Green Space Quality and Accessibility—Evidence from a Southern European City. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(8), 916. https://doi.org/10.3390/ijerph14080916

Kleinschroth, F.; Kowarik, I. (2020). COVID-19 crisis demonstrates the urgent need for urban greenspaces. Frontiers in Ecology and the Environment, 18 (6), 318 – 319. https://doi.org/10.1002/fee.2230

Kondo, M.; Fluehr, J.; McKeon, T.; Branas, C. (2018). Urban Green Space and Its Impact on Human Health. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(3), 445. https://doi.org/10.3390/ijerph15030445

Krellenberg, K.; Artmann, M.; Stanley, C.; Hecht, R. (2021). What to do in, and what to expect from, urban green spaces – Indicator-based approach to assess cultural ecosystem services. Urban Forestry & Urban Greening, 59, 126986. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.126986

Langemeyer, J.; Calcagni, F.; Baró, F. (2018). Mapping the intangible: Using geolocated social media data to examine landscape aesthetics. Land Use Policy, 77, 542–552. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.05.049

Lee, H.; Seo, B.; Koellner, T.; Lautenbach, S.; 2019. Mapping cultural ecosystem services 2.0 – Potential and shortcomings from unlabeled crowd sourced images. Ecological Indicators, 96, 505–515. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.08.035

Ludwig, C.; Fendrich, S.; Novack, T.; Marx, S.; Oleś, A.; Lautenbach, S.; Zipf, A. (2020). Optimal ans Ziel: Routing-Dienste auf Basis nutzergenerierter Geodaten – Herausforderungen und Lösungsansätze für globale Datensätze, In: Zagl, Loidl (Hrsg.): Geo-IT in Mobilität und Verkehr, Geoinformatik als Grundlage für moderne Verkehrsplanung und Mobilitätsmanagement. VDE Wichmann Verlag. S. 89-106.

Ludwig, C.; Hecht, R.; Lautenbach, S.; Schorcht, M.; Zipf, A. (2021). Mapping Public Urban Green Spaces Based on OpenStreetMap and Sentinel-2 Imagery Using Belief Functions. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10 (2021) 4, S.251. https://doi.org/10.3390/ijgi10040251

Ludwig, C.; Lautenbach, S.; Schömann, W.-M.; Zipf, A. (2021). Comparison of simulated fast and green routes for cyclists and pedestrians. 11th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2021). K. Janowicz & J. Verstegen (eds.); 3:1–3:15. https://doi.org/10.4230/LIPIcs.GIScience.2021.II.3

Maat, K.; de Vries, P. (2006). The influence of the residential environment on greenspace travel: testing the compensation hypothesis. Environment and Planning A, 38, 2111-2127.

Mancini, F.; Coghill, G.M.; Lusseau, D. (2019). Quantifying wildlife watchers' preferences to investigate the overlap between recreational and conservation value of natural areas. J. Appl. Ecol., 56, 387–397. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13274

Mancini, F.; Coghill, G.M.; Lusseau, D. (2018). Using social media to quantify spatial and temporal dynamics of nature-based recreational activities. PLoS ONE, 13, e0200565. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200565

Martínez Pastur, G.; Peri, P.L.; Lencinas, M.V.; García-Llorente, M.; Martín-López, B. (2016). Spatial patterns of cultural ecosystem services provision in Southern Patagonia. Landscape Ecol., 31, 383–399. https://doi.org/10.1007/s10980-015-0254-9

Massoni, E.S.; Barton, D. N.; Rusch, G.M.; Gundersen, V. (2018). Bigger, more diverse and better? Mapping structural diversity and its recreational value in urban green spaces. Ecosystem Services, 31, 502–516. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.013

McCormack, G.R.; Rock, M.; Toohey, A.M.; Hignell, D. (2010). Characteristics of urban parks associated with park use and physical activity: A review of qualitative research. Health & Place, 16(4), 712–726. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2010.03.003

Mikolov, T.; Chen, K.; Corrado, G.; Dean, J. (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. https://arxiv.org/abs/1301.3781

Neis, P.; Zielstra, D. (2014). Recent Developments and Future Trends in Volunteered Geographic Information Research: The Case of OpenStreetMap. Future Internet, 2014, *6*, 76-106. https://doi.org/10.3390/fi6010076

Novack, T.; Wang, Z.; Zipf, A. (2018). A System for Generating Customized Pleasant Pedestrian Routes Based on OpenStreetMap Data. Sensors, 18, 3794. https://doi.org/10.3390/s18113794

Oteros-Rozas, E.; Martín-López, B.; Fagerholm, N.; Bieling, C.; Plieninger, T. (2018). Using social media photos to explore the relation between cultural ecosystem services and landscape features across five European sites. Ecological Indicators, 94, 74–86. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.009

Palliwoda, J.; Banzhaf, E.; Priess, J.A. (2020). How do the green components of urban green infrastructure influence the use of ecosystem services? Examples from Leipzig, Germany. Landsc. Ecol., 35, 1127-1142. https://doi.org/10.1007/s10980-020-01004-w

Pirotta, E.; Lusseau, D.; 2015. Managing the wildlife tourism commons. Ecological Applications, 25, 729–741. https://doi.org/10.1890/14-0986.1

Richards, D.R.; Friess, D.A. (2015). A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. Ecological Indicators, 53, 187–195. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.034

Ruiz-Frau, A.; Ospina-Alvarez, A.; Villasante, S.; Pita, P.; Maya-Jariego, I.; de Juan, S. (2020). Using graph theory and social media data to assess cultural ecosystem services in coastal areas: Method development and application. Ecosystem Services, 45, 101176. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101176

Schipperijn, J.; Ekholm, O.; Stigsdotter, U.K.; Toftager, M.; Bentsen, P.; Kamper-Jørgensen, F.; Randrup, T.B. (2010). Factors influencing the use of green space: Results from a Danish national representative survey. Landscape and Urban Planning, 95(3), 130–137. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.12.010

Sessions, C.; Wood, S.A.; Rabotyagov, S.; Fisher, D.M. (2016). Measuring recreational visitation at U.S. National Parks with crowd-sourced photographs. J. Environ. Manage., 183, 703–711. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.018

Shafer, G. (1976). A Mathematical Theory of Evidence; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 1976; Volume 42.

Sikorska, D.; Łaszkiewicz, E.; Krauze, K.; Sikorski, P. (2020). The role of informal green spaces in reducing inequalities in urban green space availability to children and seniors. Environmental Science & Policy, 108, 144–154. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.007

Soga, M.; Yamaura, Y.; Aikoh, T.; Shoji, Y.; Kubo, T.; Gaston, K.J. (2015). Reducing the extinction of experience: Association between urban form and recreational use of public greenspace. Landscape and Urban Planning, 143, 69–75. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.003

Song, X.P.; Richards, D.R.; He, P.; Tan, P.Y. (2020). Does geo-located social media reflect the visit frequency of urban parks? A city-wide analysis using the count and content of photographs. Landscape and Urban Planning, 203, 103908. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103908

Statista (2020). Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2019. URL: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland/#professional (abgerufen am 14 .10. 2020)

Tenikl, J.; Wurm, M.; Weigand, M.; Staab, J.; Müller, I.; Taubenböck H. (2019). Satellitengestützte Vermessung von städtischem Grün in deutschen Städten. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos (IÖR-Schriften; 77), S. 221-228

Tenkanen, H.; Di Minin, E.; Heikinheimo, V.; Hausmann, A.; Herbst, M.; Kajala, L.; Toivonen, T. (2017). Instagram, Flickr, or Twitter: Assessing the usability of social media data for visitor monitoring in protected areas. Sci. Rep., 7, 17615. https://doi.org/10.1038/s41598-017-18007-4

Tieskens, K.F.; Van Zanten, B.T.; Schulp, C.J.E.; Verburg, P.H. (2018). Aesthetic appreciation of the cultural landscape through social media: An analysis of revealed preference in the Dutch river landscape. Landscape and Urban Planning, 177, 128–137. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.002

Tratalos, J.A.; Haines-Young, R.; Potschin, M.; Fish, R.; Church, A. (2016). Cultural ecosystem services in the UK: lessons on designing indicators to inform management and policy. Ecol. Indic., 61, 63–73. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.040.

Tyrväinena, L.; Mäkinen, J.; Schipperijn, J. (2007). Tools for mapping social values of urban woodlands and other green areas. Landscape and Urban Planning, 79(1), 5-19. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.03.003

United Nations (UN), Department of Economic and Social Affairs (2019). Population Division. In: World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). United Nations, New York.

van Someren, M.W.; Barnard, Y.F.; Sandberg, J.A.C. (1994). The Think-Aloud Method: A Practical Guide to Modelling Cognitive Processes. Academic Press, San Diego.

van Zanten, B.T.; Van Berkel, D. B.; Meentemeyer, R. K.; Smith, J.W.; Tieskens, K. F.; Verburg, P. H. (2016). Continental-scale quantification of landscape values using social media data. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 113, 12974–12979. https://doi.org/10.1073/pnas.1614158113

Veitch, J.; Salmon, J.; Ball, K. (2007). Children's active free play in local neighborhoods: A behavioral mapping study. Health Education Research, 23(5), 870–879. https://doi.org/10.1093/her/cym074

Venter, Z.; Barton, D.; Gundersen, V.; Figari, H.; Nowell, M. (2020). Urban nature in a time of crisis: Recreational use of green space increases during the COVID–19 outbreak in Oslo, Norway. Environmental Research Letters, 15, 104075. https://doi.org/10.31235/osf.io/kbdum

Voigt, A.; Kabisch, N.; Wurster, D.; Haase, D.; Breuste, J. (2014). Structural Diversity: A Multi-dimensional Approach to Assess Recreational Services in Urban Parks. Ambio, 43(4), 480–491. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0508-9

Wang, Z.; Novack, T.; Yan, Y.; Zipf, A. (2020). Quiet Route Planning for Pedestrians in Traffic Noise Polluted Environments. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3004660

Weckmüller, Dominik (2021). Good Governance Goes Smart - Social Media Data Supporting Evidence-Based Municipal Policies. Development of a Browser-Based Dashboard Prototype for Privacy-Aware Analysis of Location-Based Social Media Data for Application to Urban Planning Illustrated by a Case Study in Bonn. Masterarbeit, Universität Bonn. https://doi.org/10.5281/zenodo.5562374

Weigand, M.; Staab, J.; Wurm, M.; Taubenböck, H. (2020). Spatial and semantic effects of LUCAS samples on fully automated land use/land cover classification in high-resolution Sentinel-2 data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 88, 102065, https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102065

Wood, S.A.; Guerry, A.D.; Silver, J.M.; Lacayo, M. (2013). Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. Sci. Rep., 3, 2976. https://doi.org/10.1038/srep02976