

Technische Hochschule Augsburg; mena GmbH, Gunzenhausen; genPsoft GmbH, München

## DIGITALE PLANUNGSUNTERSTÜTZUNG FÜR DIE KLIMASENSIBLE BESTANDSENTWICKLUNG IN STÄDTEN UND GEMEINDEN

Stefan Fina, Aditya Kudekar, Sylvia Adamski, Michael Franke, Sandra Lanig

**Zusammenfassung:** Das Projekt „KFMplus – Integriertes kommunales Flächen- und Ressourcenmanagement“ hat das Ziel, moderne digitale Planungsunterstützung für ein nachhaltiges Flächenmanagement zu entwickeln. Das Transferprojekt greift Anforderungen aus der Nachhaltigkeitstheorie auf, um vorhandenes Systemwissen aus der Grundlagenforschung für Transformations- und Zielwissen in der Planungspraxis zu erschließen. Mithilfe neuer technischer Möglichkeiten im Bereich der Datenbereitstellung, -vernetzung und -darstellung werden Aufgaben des Flächenmanagements mit wissenschaftlich erarbeiteten Indikatoren verknüpft und für die Herausforderungen aktueller Planungsprozesse in Wert gesetzt. Im Kern steht die Erfassung, Bewertung und Auskunft zu Flächenpotenzialen im Bestand. Städtebauliche Entwicklungsoptionen sind dabei zukünftig verstärkt mit Kriterien klimasensitiver und sozial gerechter Stadtentwicklung abzugleichen. Hierfür stellen die thematisch gegliederten Fachmodule Bewertungsgrundlagen bereit, die eine planerische Abwägung zwischen typischen Entwicklungsoptionen ermöglichen. KFMplus versteht sich dabei als ein Informationsinstrument, das mit anpassbaren Bewertungskriterien Planungsunterstützung für die spezifischen Ansprüche einer Kommune leistet. Sie unterstützt mit ihren Ergebnissen dialogbasierte Aushandlungsprozesse über städtebauliche Zukünfte, deren Auswirkungen in Szenarien miteinander verglichen werden können.

**Schlüsselwörter:** Flächenmanagement, Ressourcenschutz, Innenentwicklung, Daseinsvorsorge, digitale Planungsunterstützung

## DIGITAL PLANNING SUPPORT FOR CLIMATE-SENSITIVE INFILL DEVELOPMENT IN CITIES AND MUNICIPALITIES

**Summary:** The project “KFMplus – Integrated Land and Resource Management” aims to develop modern digital planning support for sustainable land use planning. It transfers systemic knowledge derived from basic research to transformation and target knowledge important to land use management. New data options, technologies for data fusion and visualization methods allow for the integration of scientific indicator concepts and add value to information management challenges in current planning processes. The focus is on inventories, suitability assessment and reporting on remaining infill potentials on previously developed land. Criteria on climate adaptation, social cohesion and spatial justice become available for the deliberation and evaluation of development options. The thematic structure in modules enables an integration of suitability criteria for typical development categories. KFMplus is designed as an information instrument that allows customizations for the specific planning support needs of local government authorities. The software supports planning dialogues and deliberations on urban futures that assess outcomes in scenarios.

**Keywords:** Land use planning, resource management, infill development, service provision, digital planning support

### Autoren

Prof. Dr. Stefan Fina  
Technische Hochschule Augsburg  
Professur für klimaneutrale Stadtentwicklung  
An der Hochschule 1  
D-86161 Augsburg  
E: stefan.fina@hs-augsburg.de

Aditya Kudekar  
Sandra Lanig  
mena GmbH  
Zum Schießwasen 7  
D-91710 Gunzenhausen  
E: aditya.kudekar@mena-online.de  
sandra.lanig@mena-online.de

Sylvia Adamski  
Freiberufliche Programmiererin  
E: sylvia.adamski@gmail.com

Michael Franke  
genPsoft GmbH  
Agnes-Pockels-Bogen 1  
D-80992 München  
E: michael.franke@gen-p-soft.com

## 1 AKTIVES FLÄCHENMANAGEMENT IN DEUTSCHEN STÄDTEN UND GEMEINDEN

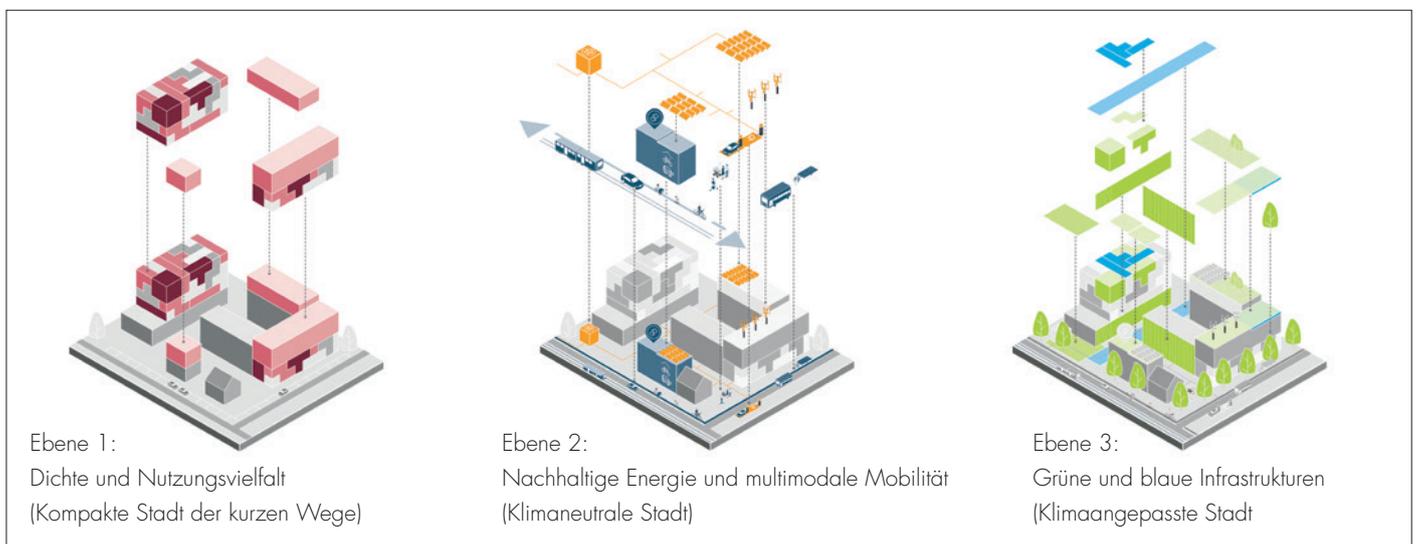
Der planerische Umgang mit Flächenressourcen für Siedlung und Verkehr in deutschen Städten und Kommunen ist Aufgabe des sogenannten Kommunalen Flächenmanagements (KFM). Es verfolgt eine nachhaltige Entwicklung von Siedlungsstrukturen, die sich an den entsprechenden Zielsetzungen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen („Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten“) orientiert. Der behutsamen baulichen Nachverdichtung städtischer Räume kommt dabei eine besondere Rolle zu. Unter dem Leitbild der dreifachen Innenentwicklung (Abbildung 1) legt diese z. B. besonderen Wert auf eine Nachverdichtung mit vielfältiger Nutzungsmischung (Ebene 1: Kompakte Stadt der kurzen Wege), die mit nachhaltigen Energie- und Mobilitätsoptionen erschlossen ist (Ebene 2: Klimaneutrale Stadt) und durch grüne und blaue Infrastrukturen Klimaanpassung leistet (Ebene 3: Klimaangepasste Stadt; siehe auch UBA 2023). Gesellschaftliche Umwälzungen stellen eine nachhaltige Stadtentwicklung allerdings vor eine Reihe von Herausforderungen. Die Nachnutzungsoptionen von Flächenpotenzialen unterliegen Abwägungsprozessen, in denen konkurrierende Interessenlagen (z. B. Wohnungsbau, gewerbliche Nachnutzung) zu berücksichtigen sind. Investoren und Bauwillige sind mit Erschließungsproblemen und restringierenden baurechtlichen Vorschriften (z. B. Denkmal- und Brandschutz) konfrontiert, die eine Flächenaktivierung unter Umständen behindern. Städten und Kommunen fällt es auf einem renditeorientierten Bodenmarkt zudem häufig schwer, soziale und ökologische Kriterien in der strategischen Flächenentwicklung zu berücksichtigen (WBGU 2016).

Das Verwaltungshandeln zur Aktivierung auch kleinteiliger Flächenpotenziale im Bestand steht deshalb vor Herausforderungen. Der Handlungsspielraum von Stadt- und Ortsplanern steht und fällt mit den Erfolgen eines proaktiven Flächenmanagements. Dieses bedarf einer vorausschauenden Planung, um Transformationsanforderungen in der Stadtentwicklung mit den Belangen und Interessenlagen verschiedener Akteure integriert zu betrachten. Neben

der Bewertung von Flächennutzungsoptionen einer Einzelfläche sind ihre Auswirkungen auf das Umfeld und stadtgesellschaftliche Belange in den Blick zu nehmen. Kumulative Nutzungszuweisungen im Flächenmanagement haben dabei direkte oder indirekte Folgen auf natur- bzw. sozialräumliche Schutzgüter. Mit einem steigenden Verständnis für diese Wechselwirkungen werden Flächenentwicklungen zum Gegenstand politischer Debatten um einen wirksamen Ressourcenschutz und sozial gerechten Zugang zu Umweltressourcen und Angeboten der Daseinsvorsorge (vgl. z. B. Baulandkommission 2019). Auch die Zivilgesellschaft erkennt die diesbezüglichen Auswirkungen planerischen Handelns und fordert z. B. über Volksbegehren Mitsprache ein. Aktuelle Beispiele hierfür sind die Volksbegehren „Betonflut eindämmen“ (<http://betonflut-eindaemmen.de>, 30.06.2023), „Mietenstopp“ (<https://mietenstopp.de/>, 30.06.2023) oder „Deutsche Wohnen und Co enteignen“ (<https://dwenteignen.de>, 30.06.2023).

Die intelligente und idealerweise auch interkommunale Vernetzung von klassischen Flächeninformationen mit ergänzenden Nachfrageparametern aus umwelt-, wirtschaftlicher und sozialräumlicher Perspektive stellt deshalb eine drängende Aufgabe für die Raumforschung dar. Datenbasierte Analysewerkzeuge und entsprechende Planungsinstrumente bedürfen einer beständigen Weiterentwicklung, auch im Hinblick auf neue technische Möglichkeiten der Geo-IT-Branche. Die wachsende Datenkompetenz in der Medienlandschaft und allgemeinen Bevölkerung bewirkt eine kritische Aufmerksamkeit bzgl. des Verwaltungshandelns im KFM, die eine Bereitstellung qualifizierter Informationen vonseiten der kommunalen Verwaltung und ihren übergeordneten Behörden einfordert. Die zunehmende öffentliche Bereitstellung bislang kostenpflichtiger oder nicht erhältlicher Geobasisdaten und Planungsgrundlagen, die durch Open-Data- und Open-Government-Initiativen in einigen Bundesländern bereits weit fortgeschritten ist, fördert diesen Anspruch.

In vielen Kommunen ist allerdings der Personal- und Fachkräftemangel bei gleichzeitig steigender Komplexität der Anforderungen im Flächenmanagement virulent. Die wachsende Bedeutung digitaler Planungsunterstützung wird diesbezüglich durch Studien



**Abbildung 1:** Das Leitbild der dreifachen Innenentwicklung in der Bestandsentwicklung (Reproduktion mit freundlicher Genehmigung von MUST Städtebau (<https://must.nl>, 02.07.2023))

bestätigt, z. B. durch eine im Jahr 2019 eingesetzte Expertenrunde („Baulandkommission“) oder die letzte Baulandumfrage des BBSR. Das folgende Zitat unterstreicht den Bedarf: „Die gefundenen Flächenmanagement-Tools auf Landesebene stammen nahezu vollständig aus der Zeit um das Jahr 2010. Dabei sind die meisten Anwendungen im Rahmen der zahlreichen REFINA-Projekte entwickelt worden. Es fehlt daher eine neue Initiative, welche den Kommunen dabei hilft, die Anforderungen an das Flächenmanagement mit modernen Methoden und Systemen zu bewältigen“ (BBSR 2022, S. 39).

Gegenstand der folgenden Ausführungen ist es, den Mehrwert dieser Entwicklungen für das Flächenmanagement zu erschließen.

## 2 NEUE TECHNOLOGIEN FÜR DAS FLÄCHENMANAGEMENT

Der Ausgangspunkt für die Neuentwicklung mit dem Namen „KFMplus – Integriertes kommunales Flächenmanagement und Ressourcenschutz“ sind die langjährigen Erfahrungen der Autoren mit Werkzeugen auf Basis von Microsoft-Access-Datenbanken, die in Bayern weit verbreitet für Aufgaben der Ortsplanung im ländlichen Raum und im Flächenmanagement eingesetzt werden (Vitalitätscheck und Flächenmanagementdatenbank Bayern). Die Grundidee ist, die bewährte Logik dieser Software durch interaktive Kartenanwendungen sowie Indikatoren in Dashboard-Ansichten und Smart Graphics zu modernisieren und fachlich zu erweitern. Eine modular aufgebaute Softwarearchitektur zielt darauf ab, Bewertungslogiken für die relevanten Fachthemen des Flächenmanagements bereitzustellen und zugänglich zu visualisieren (siehe Einstiegsseite der KFMplus in Abbildung 2). Die bisher realisierten Module unterscheiden dabei konsequent zwischen Erfassungs- und Auskunftskomponenten. Eine integrative Betrachtung der Ergebnisse erfolgt über die Konfiguration von Indikatoren in der Nutzeroberfläche und in Berichten für die Gremienarbeit, für die Vorlagen zur Verfügung gestellt werden (z. B. für Sitzungsvorlagen).

Der neue Ansatz erfordert die Einrichtung von Client-Server-Umgebungen, die den Anforderungen für den Einsatz bei Kommunen entsprechen müssen. Im Gegensatz zu den früheren Stand-alone-Lösungen, die mit einer kostenfreien Runtime-Bibliothek von Microsoft als Desktop-Anwendungen zum Download bereitgestellt werden konnten, läuft die Benutzeroberfläche („Frontend“) der KFMplus in allen aktuellen Internetbrowsern. Damit werden zwar Kompatibilitätsprobleme überwunden, die in der Wartung und Pflege dieser Softwareprodukte, insbesondere bei Versionsprüngen, in den letzten Jahren vermehrt anfielen. Die Client-Server-Lösung bedarf allerdings einer leistungsfähigen Datenbankanbindung mit Geoprozessierungsoptionen („Backend“), die den Sicherheits- und Interoperabilitätsanforderungen verschiedentlich aufgestellter EDV-Abteilungen in bundesdeutschen Kommunalverwaltungen (von der Großstadt bis zur Landgemeinde) genügt. In diesem Zusammenhang ist ein Rollen- und Nutzerkonzept zur Autorisierung von Zugriffen durch Administratoren (Vollzugriff), Fachanwender (Schreibrechte) und Betrachter (Leserechte) vorzusehen.

Auf Grundlage dieser Erwägungen wurden im Projekt zwei Varianten des „Hostings“, d. h. in diesem Falle der IT-technischen Bereitstellungslogik der Software mit ausgewählten Pilotkommunen getestet. Die Tests lieferten wichtige Erkenntnisse zur Skalierbarkeit und Performance der Software für unterschiedlich große Städte und dem jeweils zu verarbeitenden Datenvolumen. Für die kreisfreie Stadt Dachau wurde ein Hosting „on premise“, d. h. mit Installation der Software beim Kunden vorgesehen (Abbildung 3). Für die Landgemeinde Wilburgstetten in Mittelfranken dagegen wird eine Cloud-Lösung verfolgt, d. h. das Hosting läuft auf Servern der beteiligten Firmen mit einem per Secure Shell (SSH) und Zwei-Faktor-Authentifizierung gesicherten Zugang. Für eine möglichst nahtlose Integrationsfähigkeit der KFMplus in bestehende Softwarearchitekturen wurden die benötigten Komponenten in einer Docker-Umgebung gebündelt. Diese Technologie erlaubt die

The screenshot shows the user interface of the KFMplus application. At the top, there is a header with the KFMplus logo and the title "Erfassung und Bewertung von Potenzialflächen und Grundstücken für eine zukunftsfähige Stadt- und Ortsentwicklung". Below the header, there are logos for "mena", "BASIS KONZERT", "Bundesministerium für Bildung und Forschung", and "PTJ". The main content area is divided into a left sidebar and a central grid of modules. The sidebar contains a navigation menu with items like "test-editor", "Szenario", "Innenentwicklungspotentiale", "Daseinsvorsorge", "Ressourcenschutz", "Städtebau", "Administration", "Statistik", "Monitoring", "Dokumentation", and "Datenaustausch". The central grid displays four modules, each with a representative image and a short description:

- Innenentwicklungspotentiale:** Starten Sie mit dem Modul Innenentwicklungspotentiale. Die Erfassung, Verwaltung und Suche nach Baulücken und Potenzialflächen verschafft Ihnen einen ersten Überblick. Interaktive Erkundungen des Umfelds und kartensbasierte Eignungs- und Restriktionskriterien liefern wichtige Informationen zur Aktivierung der Potenziale.
- Daseinsvorsorge:** Nutzen Sie das Modul Daseinsvorsorge, um sich über die Erreichbarkeit von Einrichtungen zu informieren. Der Nahversorgungs-, Alltags- und Grünversorgungsindex sowie der Kultur- und Teilhabeindex zeigen Ausstattungsqualitäten und Versorgungsdefizite eines Grundstücks auf einen Blick.
- Ressourcenschutz:** Ergänzen und erkunden Sie im Modul Ressourcenschutz Informationen zu Klimaanpassung und Ressourcenschutz. Abwägungskriterien zur Vermeidung von Umweltbelastungen und klimaangepasster Stadt- und Ortsentwicklung stehen somit unmittelbar für die Flächenbewertung zur Verfügung.
- Städtebau:** Erfassen und erkunden Sie im Modul Städtebau weitere Eignungs- und Restriktionskriterien für die Nachnutzung von Flächenpotenzialen im Bestand. Die Auswahl und Zusammenschau von Indikatoren und Umfeldanalysen unterstützt die Bewertung städtebaulicher Entwicklungsoptionen für eine ausgewählte Fläche.

Each module card includes buttons for "Erfassung" and "Auskunft".

Abbildung 2: Einstiegsseite der KFMplus mit Übersicht der bislang verfügbaren Module

besonders ressourcenschonende Installation der KFMplus als eigenständiges Softwarepaket, das nur die wirklich benötigten Komponenten für den Betrieb der Software enthält und in einem von der weiteren Serversoftware unabhängigen „Softwarecontainer“ läuft. Die Docker-Container der KFMplus kennen somit keine Abhängigkeiten und (Versions-)Konflikte mit Softwarekomponenten des Betriebssystems. Sie unterstützen aber dennoch die Datenintegration der Geodateninfrastruktur (GDI) des Kunden über standardisierte Schnittstellen und erlauben Zugriff auf die Dateninhalte über gesicherte Datenbankverbindungen. Die Pflege der KFMplus erfolgt im Softwareversionierungssystem GitLab.

Abbildung 3 zeigt im orange umrandeten Bereich die wesentlichen Komponenten und Softwarebibliotheken der KFMplus. Im Backend steht eine PostgreSQL-Datenbank mit der Erweiterung PostGIS zum Speichern und Prozessieren räumlicher Daten. Eine Python-basierte Eigenprogrammierung sorgt dafür, dass Tabelleneinträge in einem speziellen Datenbankschema („dynamic tables“) über ein Application Programming Interface (API) im JSON-Format an die Frontendkomponenten ausgeliefert werden. Zusammen mit WMS- und WFS-Diensten aus einer GeoServer-Instanz werden diese Dateninhalte über eine im Webframework React angelegte Benutzeroberfläche visualisiert. React integriert dabei Komponenten für die interaktive Kartendarstellung („OpenLayers“), Grafiken („Ant D“), Berichte (aus dem React-Framework) und die Softwareokumentation („Docusaurus“). Die Umsetzung des Rollen- und Nutzerkonzepts erfolgt mit der Zugangsverwaltung KeyCloak. Sie unterstützt Single-Sign-On-Anforderungen (wie z. B. die Übernahme unternehmensweiter Nutzerkennungen) gleichermaßen wie die Konfiguration unabhängiger Nutzerprofile und Gruppen.

Eine wesentliche Innovation der KFMplus-Softwarearchitektur ist die schlanke Middleware des Systems, die für einen dynamisch optimierten Datenaustausch zwischen Backend und Frontend sorgt. Lediglich die aktuell benötigten Daten werden über die API ausgeliefert. Darüber hinaus stellt die Implementierung des Frontends im React-Framework die Basis für die modernen Daten-

visualisierungen der KFMplus dar. Dies gilt insbesondere für die Integration der interaktiven Kartenanwendungen, Grafiken und der flexiblen Berichtsformen der KFMplus. Ein wichtiger Baustein der Softwarearchitektur ist zudem die Anpassbarkeit der Benutzeroberfläche an die spezifischen Bedarfe von Städten und Gemeinden. Diese wird durch eine Steuerungslogik ermöglicht, die die Tabellenstruktur des Datenbankschemas der „Dynamic Tables“ in der KFMplus mit der Benutzeroberfläche verknüpft. Änderungen im Schema wirken sich unmittelbar auf die zur Verfügung stehenden Eingabefelder und ihrer Gruppierung in Eingabeformularen, aber auch für die Berichterstellung angebotener Feldinformationen aus. Autorisierte Nutzer können zudem die Wertelisten für die Erfassung von Kategorien in einem Feld (z. B. Typen an Potenzialflächen, wie Brachfläche, Leerstand oder geringfügig genutzte Fläche, Flächennutzungskategorien eines Flächennutzungsplans, Name von Bebauungsplänen etc.) in der Oberfläche konfigurieren. Ein entsprechendes Menü („Administration“) erlaubt diese Eingaben auch ohne Datenbankzugriff direkt in der Benutzeroberfläche.

Die KFMplus ist somit flexibel auf die Bedarfe von Kommunen und ihren Datenstrukturen und Berichtsanforderungen anpassbar. Alle Bausteine sind als Open-Source-Software verfügbar und ziehen keine eigenen Lizenzierungskosten nach sich.

### 3 INTERAKTIVE POTENZIALFLÄCHENKATASTER FÜR DIE INNENENTWICKLUNG (KERNMODUL)

Ein wesentlicher Mehrwert der KFMplus besteht in der weitreichenden Datenintegration bestehender Geobasis- und Fachdaten und ihrer Aufbereitung und Einbindung als Entscheidungshilfe für die Erhebung von Innenentwicklungspotenzialen. Abbildung 4 zeigt diesen Ansatz beispielhaft für ein Siedlungsgebiet in der Pilotkommune Wilburgstetten: Ausgangspunkt für die Erfassung sind die Flurstücke aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS. Diese stellen die Basiseinheit für die Erfassung von Potenzialflächen in der Karte dar.

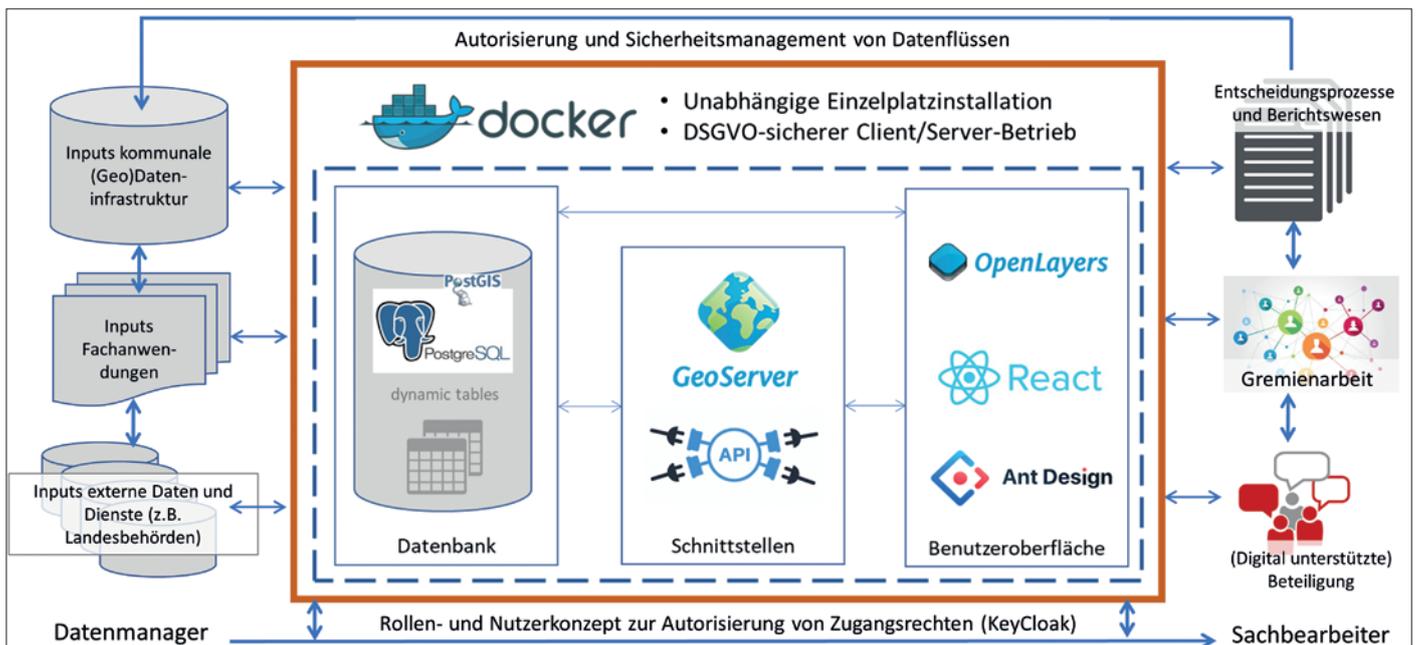


Abbildung 3: Softwarearchitektur (orange umrandet) und -integration der KFMplus im kommunalen EDV-Betrieb, eventuell unterstützt durch externe Dienstleister

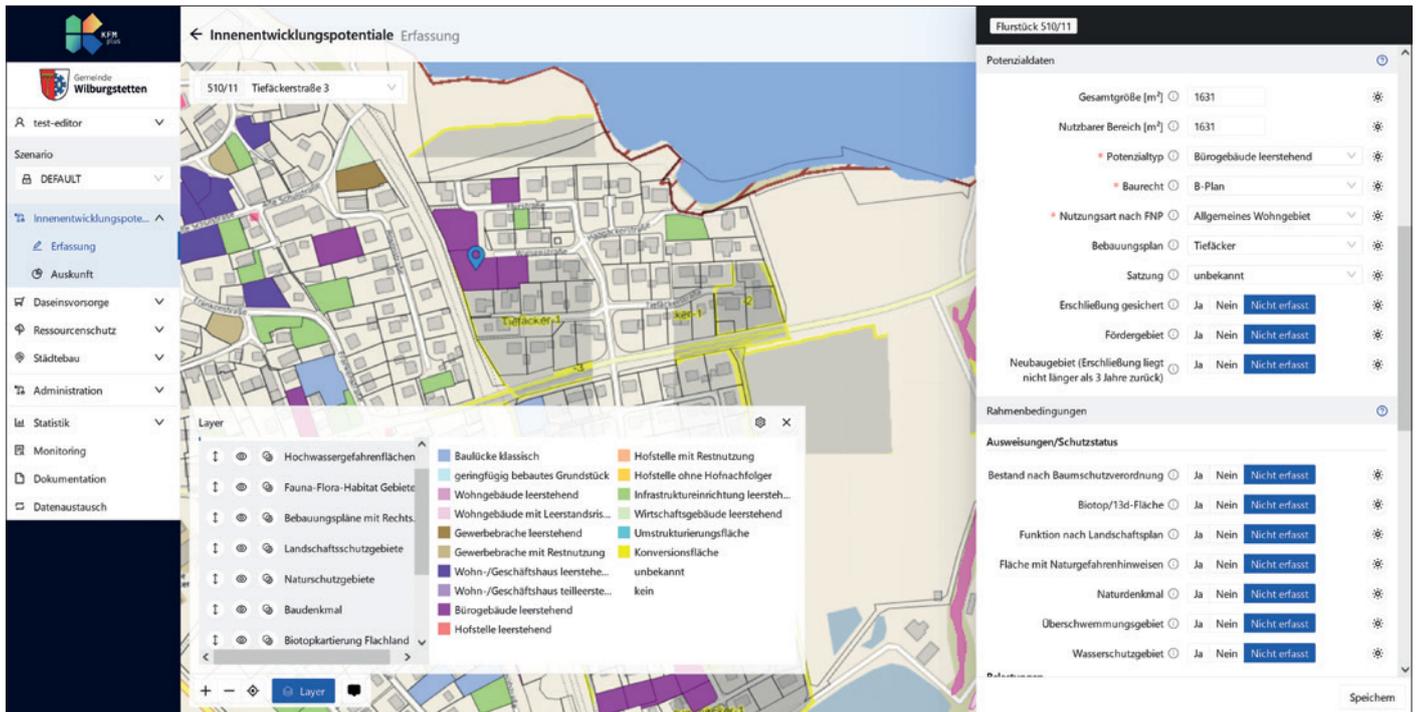


Abbildung 4: Erfassung von Innenentwicklungspotenzialen mit der KFMplus

Die Erfassung von Attributen wird mit einer Eingabemaske für ein ausgewähltes Flurstück unterstützt. Rahmenbedingungen, wie Hochwasserschutz, Denkmalschutz, Biotope, Flora-Fauna-Habitate oder rechtliche Bestimmungen aus der Bauleitplanung (Bebauungsplan, Flächennutzungsplan), werden als WMS-Layer in der Karte hinterlegt und im Rahmen einer Ersteinrichtung der KFMplus nach Möglichkeit als bereits vorbefülltes Attribut in der Eingabemaske zur Verfügung gestellt. Autorisierte Anwender nutzen hierfür Verschneidungsroutinen zwischen Flurstücken und vektorbasierten Varianten relevanter Layer, z. B. über die Anbindungsmöglichkeit der PostgreSQL-Datenbank an gängige Desktop-GI-Systeme wie QGIS oder ArcGIS.

Ist eine Datenübertragung durch Verschneidung von Kartenlayern im Rahmen der Ersteinrichtung nicht möglich (z. B. weil die notwendigen Informationen nur als Rasterbild vorliegen), wird die Eingabe durch die Einblendung von WMS-Diensten im Kartenfenster deutlich vereinfacht. Die KFMplus bietet über nutzer- und organisationsweite („globale“) Einstellungen die Möglichkeit zur flexiblen Einbindung entsprechender Kartendienste als WMS- oder WFS-Dienst. Die weit verbreitete Kartenserversoftware GeoServer stellt hierfür die notwendige Technologie und Benutzeroberfläche bereit. Es können entweder externe Kartendienste durch den GeoServer an die KFMplus weitergereicht werden („Cascading WMS“) oder eigene Geodaten in die PostgreSQL-Datenbank importiert und zu einem KFMplus-fähigen WMS-Dienst aufbereitet werden. Die Dokumentation der KFMplus mit Anwendervideos und ein QGIS-Beispielprojekt illustrieren die Vorgehensweise.

Den Eingabemasken zur Erfassung von Daten stehen Auskunftskomponenten gegenüber. In der Benutzeroberfläche werden interaktive grafische Auswertungen angeboten. Grundlage sind Filterkriterien und Ergebnislisten (Abbildung 5), die auch in der Berichterstellung Verwendung finden. Grundsätzlich sind alle

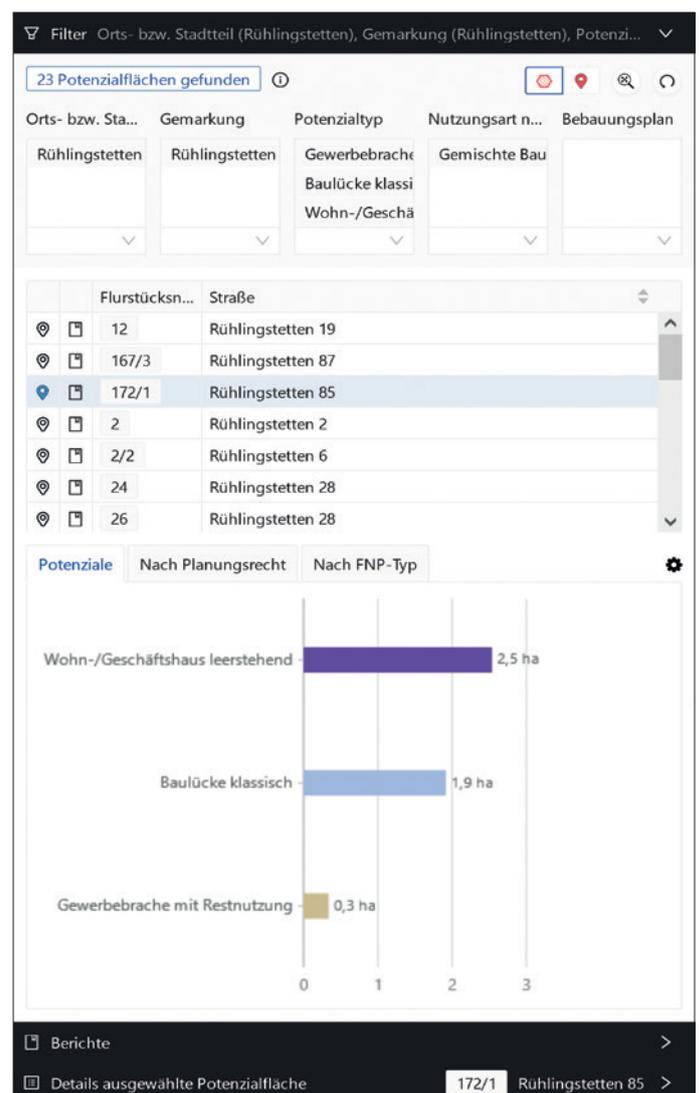


Abbildung 5: Datenfilter, Ergebnislisten und Auswertungen

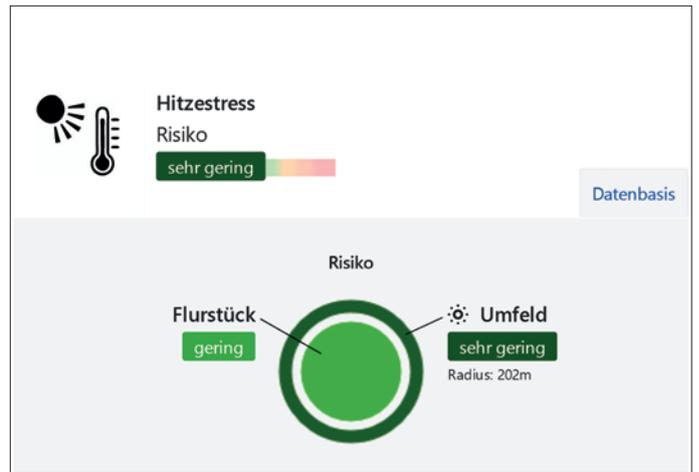
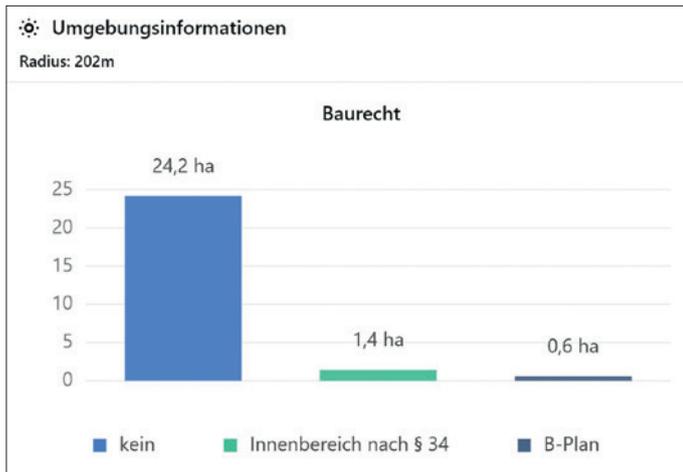


Abbildung 6: Ausgewählte Beispiele für Umgebungsinformationen eines Flurstücks; links: Baurecht im Umfeld, Modul Innenentwicklungspotenziale; rechts: Hitzestress auf dem Grundstück und im Umfeld, Modul Ressourcenschutz

Grafiken für die Übernahme in die Berichterstellung auswählbar. Nutzer können z. B. für die Gremienarbeit (z. B. für Sitzungsprotokolle von Stadt- bzw. Gemeinderat) Flächensteckbriefe und Übersichten erstellen und die in der Benutzeroberfläche angebotenen Auswertungen nach gewünschten Einheiten (z. B. Anzahl, Hektar, Prozent) als Grafikdatei übernehmen oder als formatiertes PDF nutzen.

Eine wesentliche Innovation in der Beauskunftungslogik der KFMplus ist die Anzeigemöglichkeit von Umgebungsinformationen für eine Fläche (siehe die Beispiele in Abbildung 6). Entsprechend dem Leitbild der dreifachen Innenentwicklung wird somit die Einbettung einer Potenzialfläche in umgebende Nutzungen und deren Rahmenbedingungen unmittelbar ersichtlich. Die KFMplus erlaubt hier die Eingabe eines Umgebungsradius als globale Einstellung, für den die Informationen dargestellt werden. Im Hintergrund wird eine Beziehungsmatrix zwischen einem ausgewählten Flurstück und den umgebenden Flurstücken ausgelesen und verarbeitet. Somit entstehen für Fachanwender Möglichkeiten, Informationen für eine datenbasierte Bewertung städtebaulicher Nachnutzungsoptionen und die Folgenabschätzung baulicher Maßnahmen auf das Umfeld sehr dynamisch abzurufen.

wichtungsalgorithmus, der im Rahmen wissenschaftlicher Vorarbeiten entwickelt und für die KFMplus adaptiert wurde (vgl. Fina et al. 2021, Weiß 2021), ermittelt eine zusammenfassende Bewertung in vier einfach verständlichen Kategorien (Nahversorgungsindex, Alltagsindex, Grünversorgungsindex, Kultur- und Freizeitindex; siehe die Visualisierung als Tachonadeln in Abbildung 7). Der Bewertung liegen Erkenntnisse zur typischerweise zurückgelegten Fußwegedistanz zu einer Einrichtung (z. B. Supermarkt) bzw. zur Bedeutung einer Vielfalt von Einrichtungen in fußläufiger Erreichbarkeit (z. B. Restaurants) zugrunde.

Die Datenbasis für die Einrichtungen sind zunächst Points of Interest aus dem OpenStreetMap-Repository, wie sie z. B. im QGIS-Plug-in Quick OSM für jede Kommune in Deutschland frei aus dem Internet geladen und genutzt werden können. Die Datenbasis wird mit Eingabemasken der KFMplus überprüft und bei Bedarf angepasst. Zusätzlich können kommunale Datenbestände integriert werden, die z. B. im Bereich der sozialen Infrastruktur (z. B. Schulen, Kindergärten) häufig genauer und aktueller in der Kommunalverwaltung vorliegen als in OpenStreetMap. Die Integration in die KFMplus erfordert eine Überführung von Einrichtungstypen aus OpenStreetMap-Tags in sogenannte Berechnungs-

#### 4 MODUL DASEINSVORSORGE

Durch die Informationserfassung und Auskunft in weiteren Modulen der KFMplus wird die Eignungsbewertung von Nachnutzungsoptionen fachlich erweitert. Im Modul Daseinsvorsorge werden zum Beispiel Fragen der Ausstattungsqualität einer Fläche mit Einrichtungen der Daseinsvorsorge im Umfeld beantwortet. Die KFMplus integriert zu diesem Zweck die Funktionalität des OpenRouteService des Heidelberg Institute of Geoinformation Technology. Auf Basis von OpenStreetMap-Straßennetzwerken werden mit dieser Software wegebasierte Einzugsbereiche für die Erreichbarkeit von Einrichtungen erzeugt und einem Flurstück zugeordnet. Ein komplexer Ge-

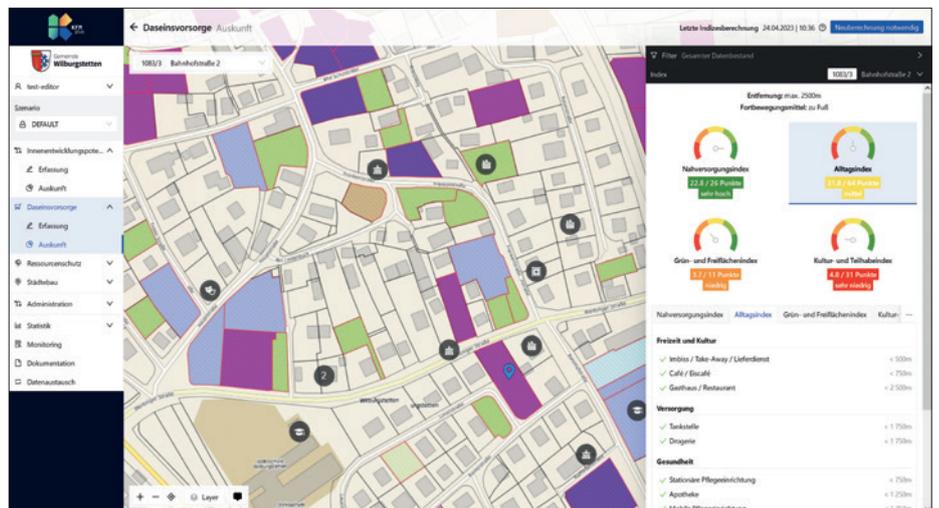


Abbildung 7: Ausstattungsqualität von Flächenpotenzialen mit Einrichtungen der Daseinsvorsorge

kategorien der KFMplus. Dabei wird dem Umstand Rechnung getragen, dass Ausstattungsqualitäten im ländlichen Raum von Anwohnern anders wahrgenommen werden können als von Anwohnern hoch verdichteter städtischer Räume. Die KFMplus stellt hierfür eine Voreinstellung für ortstypische Erreichbarkeiten von Einrichtungen nach den siedlungsstrukturellen Gebietstypen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) bereit. Diese wurden im Rahmen einer Masterarbeit an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf für die KFMplus entwickelt (Weiß 2021) und können von autorisierten Nutzern bei Bedarf angepasst werden.

Derzeit beschränkt sich diese neuartige Bewertungsmöglichkeit von Erreichbarkeiten auf fußläufige Wegebeziehungen zwischen einem ausgewählten Flurstück und den Einrichtungen im Umfeld. Erste Tests mit alternativen bzw. ergänzenden Verkehrsauskunftssystemen, wie dem OpenTripPlanner, zeigen, dass insbesondere über den Datenstandard der General Transit Feed Specification (GTFS) neue Möglichkeiten zur multimodalen Berechnung von Erreichbarkeiten existieren bzw. für manche Verkehrsverbände in Deutschland im Entstehen begriffen sind. Für die Weiterentwicklung der KFMplus hat die Nutzung dieser Möglichkeiten, insbesondere für Auskünfte zum öffentlichen Nahverkehr, eine sehr hohe Priorität.

## 5 INDIKATOREN FÜR KLIMAAANPASSUNG UND RESSOURCENSCHUTZ

Das Modul Klima- und Ressourcenschutz bildet verschiedene naturschutzrelevante Belange in der KFMplus als Indikatoren ab (Abbildung 8). So werden zum Beispiel die rechtlichen Schutzkategorien einer Fläche mittels einer gewichteten Konfliktbewertung zu einem Indikatorwert vereinigt. Mehrere Schutzkategorien (z. B. Landschaftsschutzgebiet, Biotop, Flora-Fauna-Habitat, Naturschutzgebiet, Ökokontofläche) führen auf einer fünfstufigen Skala, je nach vordefinierter Konfliktschärfe einer Kategorie, zu einem entsprechend schlechteren Indikatorwert für eine bauliche Nachnutzung. Weitere vordefinierte Indikatoren betreffen die Grünausstattung und Grünvernetzung einer Fläche und ihres Umfelds. Die Grünausstattung wird aus Sentinel-2-Erhebungen aus dem Projekt „incora – Inwertsetzung von Copernicus-Daten für die Raumbeob-

achtung“ abgeleitet und liefert einen Quadratmeter-Wert, der zu einem Prozentanteil je Flurstück und dazugehöriger Umgebung verarbeitet wird (Fina et al. 2023). Die Grünvernetzung wiederum beruht auf einem verbreiteten Landschaftsstrukturmaß, dem sogenannten Proximity-Index (vgl. McGarigal & Marks 1995, Blaschke & Lang 2007). Sie nutzt die Flächengrößen der Grünausstattung („patch size“) und gewichtet ihre Funktion im Grünverbund über eine Distanzfunktion zwischen den einzelnen „patches“ (vgl. die Adaption in Meinel et al. 2022, S. 25 f.).

Weitere vordefinierte Indikatoren beschäftigen sich mit den Themen Starkregen und Hitzeschutz. Für den Starkregen wird als Voreinstellung eine Modellierung der Abflussakkumulation im Höhenmodell genutzt. Aus den in Bayern seit Anfang 2023 frei verfügbaren Digitalen Geländemodellen mit einer Auflösung von einem Meter wird ermittelt, wie viele Zellen in ein ausgewähltes Flurstück theoretisch entwässern. Das Ergebnis ist eine hypothetische Einschätzung, die Modifikationen der Abflussströme durch Regenrückhaltmaßnahmen, bauliche Barrieren und unterschiedliche Landnutzungen nicht berücksichtigen kann (vgl. Maier et al. 2021). Dennoch ist die Bewertung (auch hier in fünf Stufen) im Rahmen einer datentechnischen Vorprüfung des Starkregenrisikos nützlich und kann bei Vorliegen empirisch validierter Erkenntnisse entsprechend angepasst werden.

Ausgangspunkt für die Abschätzung von Hitzestress auf einem Flurstück sind die Berechnungen zur thermischen Belastung eines Flurstücks und seines Umfelds in den Schutzgutkarten Klima/Luft des Landesamts für Umwelt (LfU) Bayern. Die Berechnungen beziehen neben dem Versiegelungsgrad und der Nutzungsart auch den Effekt von Durchlüftung in die Bewertung der thermischen Belastungssituation ein (GEO-NET Umweltconsulting GmbH 2021, S. 72). Die fünfstufige Bewertungsskala kann bei entsprechender Verfügbarkeit durch lokale Berechnungen der thermischen Belastung (z. B. aus kommunalen Klimaschutzgutachten) befüllt werden (Abbildung 8, rechts).

Die in Abbildung 8 dargestellten Indikatoren werden im Rahmen einer Ersteinrichtung als Standardbewertung mitgeliefert. Voraussetzung ist eine Transformation der Wertebereiche in eine jeweils fünfstufige Skala. Darüber hinaus bietet das Modul Res-

sourcenschutz eine Eingabemaske für die Integration von Ökosystemleistungen als Bewertungsgrößen für ein Flurstück an. Die entsprechenden regulierenden (z. B. Kaltluftproduktion), produzierenden (z. B. Urban Farming) oder kulturellen (z. B. Erholung) Funktionen (vgl. z. B. Hansen et al. 2022) können durch Verschneidung der Flurstücke mit entsprechenden Datengrundlagen vorbefüllt oder manuell eingegeben werden.

## 6 STÄDTebaULICHE GESAMTBewERtUNG

Eine Erfassung weiterer Voraussetzungen zur Umsetzung baulicher Maßnahmen auf einem Flurstück und die zusammenfassende Eignungsbewertung erfolgt im Modul Städtebau. Neben wichtigen infrastrukt-

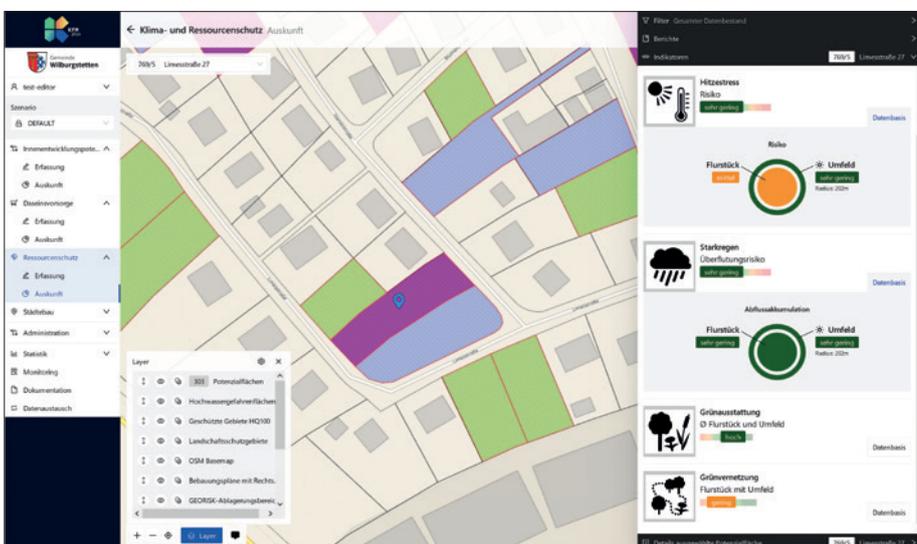


Abbildung 8: Indikatoren von Klima- und Ressourcenschutz in der KFMplus

rellen Erschließungsaspekten (z. B. Straßenanbindung, erneuerbare Energien, Strom, Internet etc.) werden Immissionsbelastungen (z. B. Lärm, elektromagnetisch) und zu berücksichtigende weitere Einschränkungen (z. B. Hanglage) erfasst. Abbildung 9 zeigt im entsprechenden Auskunftsmodul die letztendliche Eignungsbewertung in abgestuften Farben: Der Nutzer wählt aus einer anpassbaren Palette an vordefinierten Nachnutzungsoptionen für eine ausgewählte Fläche einen Entwurf aus und erhält für (modulübergreifend) ausgewählte Bewertungsgrößen eine Einfärbung des jeweiligen Indikatorwerts.

Weitere Darstellungsformen (z. B. als Netzdiagramme) und Umfeldinformationen ergänzen die Auskunftsmöglichkeiten in diesem Modul. Monitoring- und Bilanzierungsfunktionen sowie die Bereitstellung interaktiver Grafiken für soziodemografische Rahmenbedingungen der Stadt- und Ortsentwicklung (z. B. demografische Trends und Prognosen, Flächenentwicklung nach Art der

Tatsächlichen Nutzung, Arbeitsmarktstruktur; vgl. Abbildung 10) flankieren die Informationsbasis. Alle Grafiken und Bewertungen stehen auch hier als Bausteine für die interaktive Zusammenstellung von Berichten zur Verfügung.

Die Bewertung von Nachnutzungsoptionen einer Fläche im Modul Städtebau wird aus einer im Backend hinterlegten Bewertungsmatrix heraus gesteuert, die von autorisierten Nutzern angepasst werden kann. Diese Anpassbarkeit auf Basis vordefinierter Standards spiegelt die Grundphilosophie der KFMplus wider: Wissenschaftlich fundierte Bewertungen werden im Auslieferungszustand als Voreinstellung angeboten, können bei Bedarf (z. B. bei Vorliegen eigener, lokalspezifischer Datengrundlagen) aber angepasst werden. Dieser Ansatz greift die praktischen Anforderungen im kommunalen Flächenmanagement in unterschiedlich verfassten kommunalen Verwaltungsstrukturen auf. Für manche Kommunen kann die Erfassung und Auskunft von Potenzialflächen für eine erfolgreiche Innenentwicklungsstrategie absolut ausreichend sein. Insbesondere in kleineren Kommunen sind die weiteren Rahmenbedingungen durch hervorragende lokale Ortskenntnisse der verantwortlichen Personen bekannt. Die Standards der KFMplus sorgen bei einer dauerhaften Pflege aber für eine nachvollziehbare und dokumentierte Transparenz, z. B. bei Personalwechsel oder gegenüber übergeordneten Genehmigungsbehörden. Für die Stadtplanung ist diesbezüglich zu erwarten, dass im Gegenstromprinzip der bundesdeutschen Raumplanung zunehmend Aspekte von Klimaanpassung und sozialer Gerechtigkeit in Planungs- und Genehmigungsverfahren abgeprüft und neue Flächeninanspruchnahmen des Schutzguts Boden z. B. durch Entsiegelungs- und Renaturierungsstrategien zu kompensieren sein werden (vgl. Miller et al. 2022).

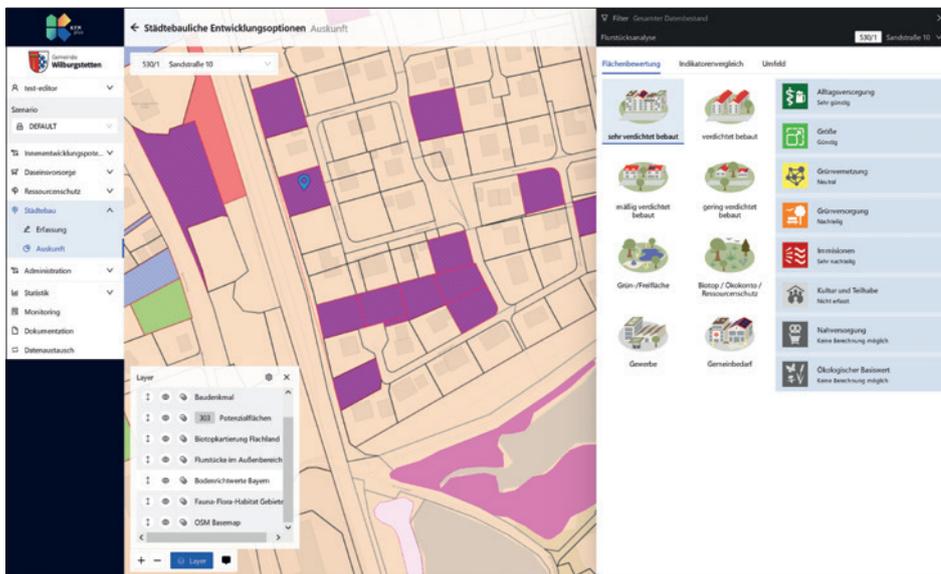


Abbildung 9: Gesamtbewertung von Nachnutzungsoptionen einer Potenzialfläche im Modul Städtebau

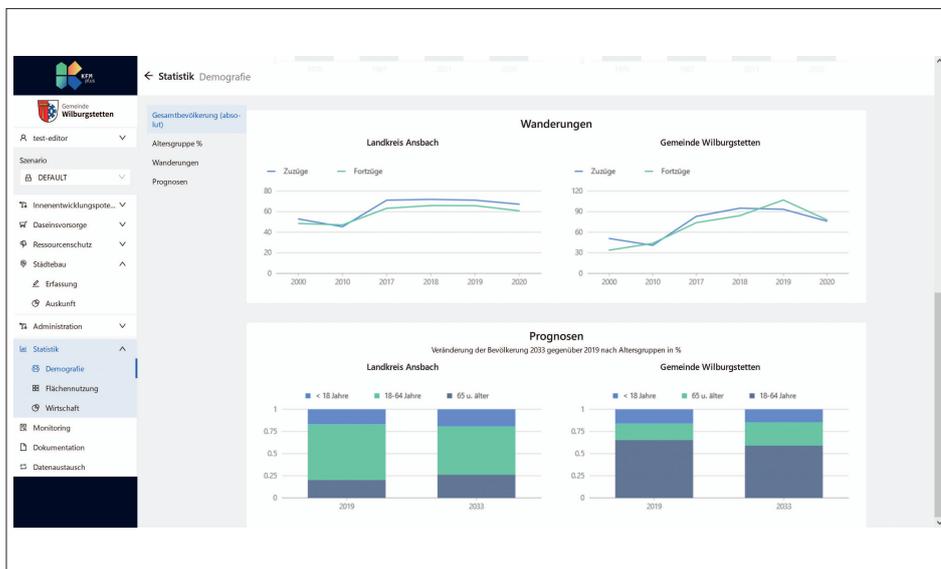


Abbildung 10: Sozioökonomische und demografische Rahmenbedingungen für die Stadt- und Ortsentwicklung

## 7 MODELLIERUNG ALTERNATIVER ZUKÜNFT MIT SZENARIEN

Die KFMplus erlaubt die Planung alternativer Zukünfte mithilfe von Planungsszenarien. Zusätzlich zu einem Default-Szenario, in dem die Struktur der amtlichen Flurstückszuschnitte erhalten bleibt, kann der gesamte Datenbestand in Planungsszenarien verändert werden. Die Auswirkungen teilräumlicher (z. B. städtebauliche Sanierungsmaßnahmen) oder ortsweiter Umstrukturierungen (z. B. im Rahmen einer übergreifenden Nachverdichtungsstrategie) können in Szenarien definiert und die Grundstückszuschnitte bzw. Attributierung von Rahmenbedingungen bei Bedarf verändert werden.

Die KFMplus enthält im Monitoringbereich die Möglichkeit, Szenarien anhand ausgewählter Parameter (z. B. zusätzlich realisierbare Wohneinheiten) zu vergleichen. Diese Möglichkeit betrifft auch das Monitoring von Aktivierungserfolgen für erfasste Potenzialflächen im Zeitverlauf. Die Kommune kann hier z. B. evaluieren, mit welchem Erfolg Aktionen, wie Umfragen und Anreizstrategien für die Verfügbarmachung von Innenentwicklungspotenzialen (z. B. im Rahmen von „Eigentümersprachen“), durchgeführt wurden. Die Datenstruktur der KFMplus enthält entsprechende Felder und Visualisierungsmöglichkeiten, um standardisierte Fragebogenergebnisse einzulesen und auszuwerten.

Mit diesem Ansatz wird die KFMplus von einem reinen Informationsinstrument, in dem Fachplaner Rohdaten aus dem Geoinformationswesen für ihre Aufgaben selbst zusammenstellen und verarbeiten, zu einem echten Planungsunterstützungssystem (engl. Planning Support System bzw. Spatial Decision Support System; vgl. Klosterman 1997). Der Unterschied ist, dass Daten nicht nur integriert und visualisiert werden, sondern dass über Routinen der Datenauswertung weiterführende fachliche Bewertungen städtebaulicher Zukünfte für ein Plangebiet bereitgestellt werden. Der Arbeitsaufwand für die entsprechende Aufbereitung, Nachqualifizierung und Auswertung beim Anwender wird dadurch minimiert und komplexe Zusammenhänge zur Bewertung von Entwicklungsoptionen besser versteh- und kommunizierbar. Die Visualisierung in interaktiven Grafiken und Karten unterstützt das intuitive Verständnis der an sich komplexen Informationen.

Dieser Ansatz strebt keinesfalls an, verbal-diskursive Abwägungs- und Aushandlungsprozesse der Planungspraxis zu ersetzen. Im Kern steht vielmehr, diese Prozesse mit zugänglichen Informationen aus möglichst transparent dokumentierten raumanalytischen Bewertungen zu unterstützen. Hinweise aus im Projekt durchgeführten Expertenworkshops bestätigen den Mehrwert dieses Ansatzes. Die KFMplus trägt somit idealerweise dazu bei, die Zusammenarbeit zwischen Akteuren des Flächenmanagements mit datenwissenschaftlichen Bewertungsgrundlagen komplexitätsreduzierend und effizient zu bereichern.

## 8 DISKUSSION UND AUSBLICK

Einige Autoren gehen davon aus, dass durch den anhaltenden Wohnungsdruck der letzten Jahre die größten Innenentwicklungspotenziale (z. B. militärische oder gewerbliche Konversions- und Brachflächen) in deutschen Städten weitestgehend neu bebaut sind, die Potenziale somit schwinden (vgl. ILS 2023, S. 3). Diese Einschätzung steht allerdings im Widerspruch zu den statistischen Erhebungen der letzten Baulandumfrage des Bundesinstituts für Bau-, Stadt und Raumforschung, die auf erhebliche verbleibende Flächenpotenziale im Bestand verweist (BBSR 2020). Experteninterviews mit Stadtplanern nordrhein-westfälischer Großstädte wiederum legen nahe, dass sich dieser Widerspruch zunehmend durch die Kleinteiligkeit und räumliche Verteilung der verbleibenden Potenziale erklären lässt (Fina et al. 2020). Planungsprozesse werden aufwendiger und herausfordernder, wenn städtebauliche Entwicklungsstrategien auf einen gewachsenen Baubestand ohne größere, zusammenhängende Flächenpotenziale treffen. Der vermeintlich einzig verbleibende Ausweg, bei anhaltendem Wachstumsdruck eben doch neue Baugebiete am Ortsrand auszuweisen, schädigt allerdings die Zielsetzungen einer klimaresilienten

und nachhaltigen Stadtentwicklung. Auf kleinteiligen Potenzialflächen lassen sich zwar keine städtebaulichen Großprojekte wie auf der „grünen Wiese“ realisieren. Die Planung und Umsetzung räumlich verteilter Einzelmaßnahmen im Bestand im Sinne des Leitbilds der dreifachen Innenentwicklung bleibt aber weiterhin der zentrale strategische Ansatz für einen sparsamen Umgang mit dem Schutzgut Boden.

Werkzeuge der digitalen Planungsunterstützung können dabei helfen, Flächenpotenziale systematisch zu identifizieren und unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten einer ausgewogenen Nachnutzung zuzuführen. Die zugrunde liegenden Planungsprozesse werden allerdings gerade unter der Wohnungsnot und dem Druck von Klimaanpassung und wirtschaftlichen Entwicklungsperspektiven zunehmend zum Gegenstand kontroverser Auseinandersetzungen. Blockaden zur Mobilisierung von Flächenreserven und bezahlbaren Wohnungen für den prognostizierten Bedarf stehen Anforderungen an Planungsbeschleunigung und Transformationsimpulsen der Stadt der Zukunft gegenüber. Preisgetriebene Verdrängung in wenig attraktive Lagen, neue Wellen der Suburbanisierung durch gebremsten und verhinderten Zuzug in die attraktiven Innenstadtlagen („Spillover-Effekt“), eine stadregionale Entflechtung von Flächennutzungen sowie ein damit eingehender kontinuierlicher Anstieg des Pendlerverkehrs wirken negativ auf den Umweltverbrauch und sozialräumliche Belange. Auch die Verdrängung von Gewerbebetrieben aus den Innenstädten zugunsten des Wohnens oder Flächenansprüche durch Klimaschutzmaßnahmen und Smart-City-Initiativen stellen Planer vor neue Fragestellungen. Im Nachgang der Corona-Pandemie wird zudem die mangelnde Resilienz hoch verdichteter Wohnformen gegenüber der Ausbreitung von Viren und die nahräumliche Ausstattungsqualität städtischer Wohnquartiere mit Erholungsflächen und Einrichtungen der Daseinsvorsorge neu diskutiert (Heinig 2020, Litman 2020).

In dieser Hinsicht werden datengetriebene Erfassungs- und Auskunftswerkzeuge für eine adaptive und flexible Planung von Flächenressourcen im Bestand benötigt. Die Nachnutzung von Potenzialflächen sollte im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung städtebaulicher Nachnutzungsstrategien und Entwicklungschancen in den Blick genommen und mit Leitbildern verknüpft werden. Die digitale Planungsunterstützung der KFMplus führt diesbezüglich aktuelle wissenschaftliche Bewertungsmöglichkeiten, neue Datenpotenziale und den Mehrwert moderner Dashboard- und interaktiver Kartenanwendungen zusammen. Die Anwendung in ausgewählten Pilotkommunen und die Rückmeldung von Experten bestätigen, dass damit eine wichtige Lücke im kommunalen Flächenmanagement im Speziellen und dem Verwaltungshandeln insgesamt adressiert wird. Unbenommen davon ist die Weiterentwicklung von Flächenmanagementwerkzeugen wie der KFMplus ein beständiger Prozess, der die dynamischen Entwicklungen auf dem Geodatenmarkt, der Softwareentwicklung und den wissenschaftlichen Bewertungsgrößen mit flexiblen Anpassungsmöglichkeiten aufgreift und als Informationsmehrwert für die Zukunft sichert.

## Danksagung und Hinweis

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen FKZ 0331K006A (Baader Konzept GmbH) und FKZ 0331K006B (mena GmbH) gefördert. Die Verantwort-

tion für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autoren. Weitere Informationen unter <https://kfmplus.de> (17. 10. 2023). Die Konzeption der KFMplus erfolgte in Kooperation mit Dr. Sabi-

ne Müller-Herbers, M. Sc. Alexander Weiß, M. Sc. Katja Horeldt und Dr. Paul Baader (Baader Konzept GmbH, Gunzenhausen und Mannheim).

## Literatur

Baulandkommission – Expertenkommission „Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik“ (2019): Empfehlungen auf Grundlage der Beratungen in der Kommission für Nachhaltige Baulandmobilisierung und Bodenpolitik (Baulandkommission) vom 02. 07. 2019. Hrsg. vom Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Berlin.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020): Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden. BBSR-Online-Publikation 11/2022. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwost/Studien/2019/baulandumfrage/01-start.html;jsessionid=21F0BD17A628E59871069A32F964B910.live11292#Veroeffentlichungen> (6/2023).

Blaschke, T.; Lang, S. (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. Ulmer, Stuttgart.

Fina, S.; Eichfuss, S.; Xu, S.; Riebauer, G.; Dosch, F. (2023): Das Dashboard incora-flaeche.de zum Vergleich von Flächennutzungs- und Landbedeckungsdaten. In: *gis.Science* 1/2023, S. 28–38. <https://gispoint.de/artikelarchiv/gis/2023/gisscience-ausgabe-12023/7674-das-dash-board-incora-flaechede-zum-vergleich-von-flaechennutzungs-und-landbedeckungsdaten.html> (6/2023).

Fina, S.; Gerten, C.; D’Arcy, L.; Reilly, N.; Vale, D. S.; Pereira, M. (2021): OS-WALK-EU. An Open Source Tool to assess health-promoting residential walkability of European city structures. In: *Journal of Transport & Health* 27, 101486. DOI: 10.1016/j.jth.2022.101486.

Fina, S.; Henger, R.; Siedentop, S. (2020): Erfolgreiche Wege für mehr Wohnungsbau. Eine Analyse der Mobilisierung von Baulandpotenzialen in NRW. IWV Berichte 41. Institut der deutschen Wirtschaft, Köln.

GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2021): Landesweite Schutzgutkarte Klima/Luft für die Landschaftsrahmenplanung. Hrsg. vom Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Augsburg. [https://www.lfu.bayern.de/download/natur/schutzgutkarten/klimaluft\\_abschlussbericht.pdf](https://www.lfu.bayern.de/download/natur/schutzgutkarten/klimaluft_abschlussbericht.pdf) (4/2023).

Getis, A.; Ord, J. K. (2010): The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. In: Anselin, L.; Rey, S. (Hrsg.): *Perspectives on Spatial Data Analysis*. Advances in Spatial Science. Springer, Berlin/Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-01976-0\_10.

Hansen, R.; Dehnhardt, A.; Marzelli, S. (2022): Transformation der räumlichen Planung durch Ökosystemleistungen? Einschätzungen und Erfahrungen zu den Potenzialen aus ausgewählten Forschungsvorhaben. In: *Raumforschung und Raumordnung* 80 (1), S. 112–127. DOI: 10.14512/rur.58.

Heinig, S. (2020): Stadtentwicklung nach Corona. Eine kommunale Perspektive. In: *Planerin* 3/2020, S. 43–45.

ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH (2023): Wohnen in Großstädten. ILS Journal 1/2023. <https://www.ils-forschung.de/files/publikationen/pdfs/ils-journal-01-23.pdf> (6/2023).

Litman, T. (2020): *Pandemic-Resilient Community Planning. Practical Ways to Help Communities Prepare for, Respond to, and Recover from Pandemics and Other Economic, Social and Environmental Shocks*. Victoria Transport Policy Institute. <https://www.vtpi.org/PRCP.pdf> (7/2023).

Maier, R.; Reinstaller, S.; Muschalla, D. (2021): Begriffe und Modelle der Überflutungsanalyse. In: *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 73, S. 76–84. DOI: 10.1007/s00506-021-00748-2.

McGarigal, K.; Marks, B. (1995): FRAGSTATS. Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland.

Meinel, G.; Krüger, T.; Eichler, L.; Wurm, M.; Tenikl, J.; Frick, A. et al. (2022): Wie grün sind deutsche Städte? BBSR-Online-Publikation, 3/2022 (Hrsg. vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn). <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/77810> (5/2023).

Miller, R.; Busch, J.; Friedrich, K.; Fritzsche, D.; Goldschmitt, M.; Handke, K.; Pflanz, D. (2022): Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Arbeitshilfe zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs für das Schutzgut Boden in Rheinland-Pfalz und Hessen. Themenheft vorsorgender Bodenschutz 5. Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz. [https://e-docs.geo-leo.de/bitstream/handle/11858/10366/tvb5\\_2022\\_schutzgut\\_boden.pdf?sequence=1](https://e-docs.geo-leo.de/bitstream/handle/11858/10366/tvb5_2022_schutzgut_boden.pdf?sequence=1) (7/2023).

UBA – Umweltbundesamt (2023): Dreifache Innenentwicklung. Definition, Aufgaben und Chancen für eine umweltorientierte Stadtentwicklung. Ergebnisse aus dem Forschungsfeld urbaner Umweltschutz und dem Forschungsprojekt „Neues Europäisches Bauhaus weiterdenken – AdNEB“. 2. Auflage. Dessau-Roßlau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/230515\\_uba\\_hg\\_dreifacheinnenentwicklung\\_2aufg\\_br.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/230515_uba_hg_dreifacheinnenentwicklung_2aufg_br.pdf) (6/2023).

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung: Globale Umweltfragen (Hrsg.) (2016): *Der Umzug der Menschheit. Die transformative Kraft der Städte*. Hauptgutachten. Berlin.

Weiß, A. (2021): Der Daseinsvorsorgeindex im webbasierten Flächenmanagement auf kommunaler Ebene. Konzeption und Anwendung im Rahmen der Erstellung eines WebGIS-Tools in Anlehnung an den Vitalitäts-Check der ländlichen Entwicklung in Bayern. Masterarbeit, Studiengang Regionalmanagement, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.