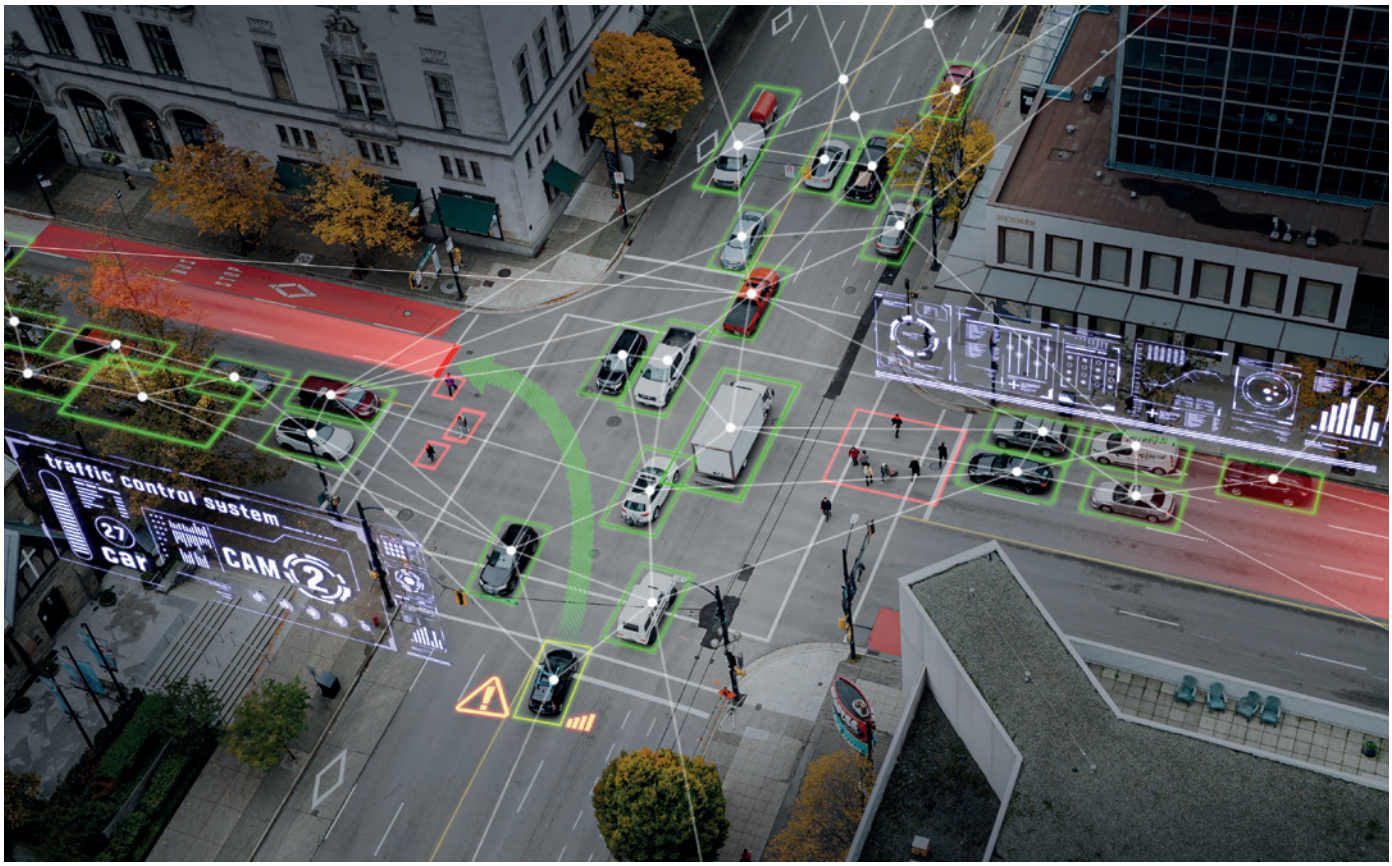


Bild: stock.adobe.com_Choi_Nikolai_#556078681

Im Verkehrsbereich liefern Simulationen wichtige Erkenntnisse.

Simulationen im städtischen Bereich

Simulationen kommen in sehr vielen Bereichen zum Einsatz, unter anderem in der Biologie, Chemie, Medizin, Finanzwirtschaft, in den Geowissenschaften und in den Sozialwissenschaften. Darüber hinaus spielen Simulationen beim Üben von Fähigkeiten im Rahmen einer Ausbildung eine wichtige Rolle. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Flugsimulator, der den Flug in einem Flugzeug wirklichkeitsgetreu nachstellt. In städtischen Systemen werden beispielsweise Klima-, Lärm-, Standort- oder Verkehrssimulationen durchgeführt. Das Special gibt einen Einblick in aktuelle Beispiele.

Autor: **Gerold Olbrich**

In den Geowissenschaften imitieren Simulationen die Funktionsweise von räumlichen Prozessen oder Systemen mithilfe von Modellen. Das Modell stellt die wichtigsten Verhaltensweisen und Merkmale des ausgewählten Prozesses oder Systems dar, während die Simulation zeigt, wie sich das Modell unter verschiedenen Bedingungen im Laufe der Zeit entwickelt.

So simulieren Klimamodelle globale und regionale Klimaphänomene, um Vorhersagen über den Klimawandel, Extremwetterereignisse und deren Auswirkungen (z. B. Meeresspiegelanstieg, Hochwasser) zu treffen. Auch die Ausbreitung von Schadstoffen kann simuliert werden.

In Städten lassen sich mithilfe von digitalen Zwillingen (DZ) räumliche Veränderungen simulieren, Planungsprozesse visualisieren (siehe Kasten) und komplexe

Virtuelle Hängebrücke: Digitaler Zwilling macht Buga-Projekt für alle erlebbar

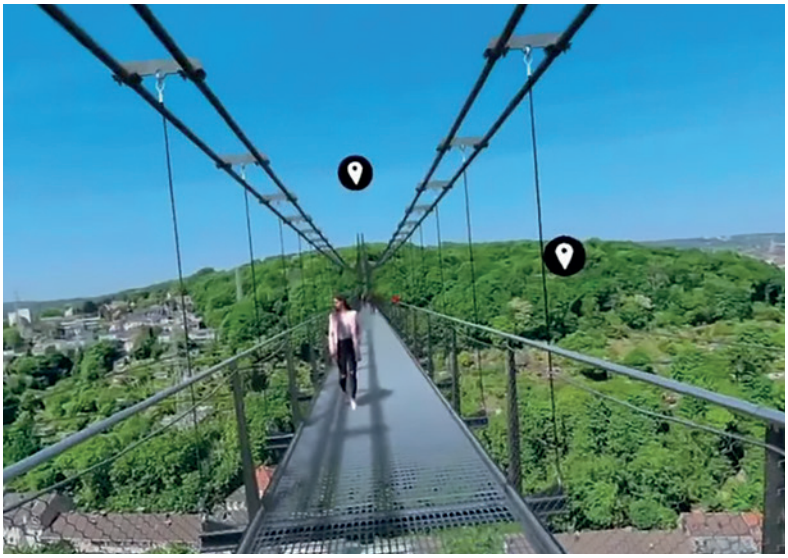


Bild: Stadt Wuppertal

Die Hängebrücke zur Wuppertaler Bundesgartenschau 2031

Mithilfe von Geodaten der Stadtverwaltung Wuppertal und einer Drohnenbefliegung wurde die reale Welt im digitalen Raum abgebildet und durch die Konstruktion der zukünftigen Brücke ergänzt. Die Brücke ist eines der Herzstücke der Bundesgartenschau 2031 in Wuppertal und wird mit 850 Meter Länge die längste Hängebrücke Europas sein.

Bis die Brücke wirklich gebaut wird, können Interessenten die filigrane Konstruktion schon jetzt virtuell begehen. Die VR-Simulation zur Hängebrücke steht ab sofort kostenfrei im smart.lab im Wuppertaler Hauptbahnhof zur Verfügung. Mittels VR-Brille kann Wuppertal aus der Vogelperspektive erlebt werden [3].

Sachverhalte anschaulich darstellen. Der DZ bildet die reale Stadt, ihre Strukturen und Prozesse digital ab und ermöglicht so die Simulation von „Was wäre, wenn"-Szenarien für eine nachhaltige und lebenswerte Stadtentwicklung. So können Auswirkungen von Bauvorhaben auf den Schattenwurf oder Hochwasserrisiken untersucht, Verkehrsflüsse analysiert oder stadtklimatische Entwicklungen nachvollzogen werden. Auch Fragestellungen, die für die Bürger relevant sind, wie etwa die Eignung von Dachflächen für Solaranlagen, lassen sich mithilfe von DZ beantworten.

Bombensimulation

Mit der Lösung „Bombensimulation" von Virtual City Systems werden die Ausbreitung der Detonationsdruckwelle und der Splitterflug von Fliegerbomben aus dem Zweiten Weltkrieg unter Berücksichtigung der Umgebungsbebauung simuliert. Die Simulationsergebnisse bieten einen visuellen Eindruck von den Auswirkungen einer möglichen Detonation unter Einbeziehung der örtlichen Gegebenheiten. Dies erlaubt eine differenzierte Ermittlung von Gefahrenbereichen unterschiedlicher Intensität und somit eine deutlich verbesserte Planung von Entschärfungs-, Schutz- und Evakuierungsmaßnahmen [1].

Simulation des Stadtklimas

Im Zuge des Klimawandels sind neben Starkregen auch Hitzeinseln ein großes Problem für Städte. Insbesondere bei besonders gefährdeten Personen, wie älteren und kranken Menschen, können hohe Temperaturen zu gesundheitlichen Problemen führen. Deshalb ist es für Städte wichtig zu wissen, wo es im Sommer besonders heiß ist. Für die Stadt München hat der GeodatenService München das neu entwickelte Stadtklimamodell PALM-4U an den DZ angebunden und das Stadtklima für die Münchner Innenstadt simuliert. Das Simulationsmodell ermittelt dabei Daten und Kennwerte für unterschiedliche Tages- und Nachtzeiten, darunter Informationen zu Windströmen, Lufttemperaturen und den PET-Index. Dieser bildet die gefühlte Temperatur ab. Die Stadtklimasimulation veranschaulicht sowohl Hitzeinseln als auch die kühlende Wirkung von Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen [2].

Die Firma geomer zeigt im folgenden Gastbeitrag, inwieweit sich die Schadenspotenziale von Gebäuden bei Starkregen durch die Berücksichtigung von Kellern in der hydraulischen Simulation verändern. Der zweite Gastbeitrag behandelt Simulationen zur Standortqualität von Immobilien mit GIS und Open Data.

Quellen:

[1] https://vc.systems/loesungen/urbane-simulation
[2] https://muenchen.digital/meldungen/digitaler-zwilling/2024/digitaler-zwilling-muenchen-klimasimulation.html
[3] https://gispoint.de/news-einzelansicht/200004653-virtuelle-haengebruecke-digital-zwilling-macht-buga-projekt-fuer-alle-erlebbar.html

Keller schützen bei Starkregen

Starkregengefahrenkarten berücksichtigen in der Regel nur Überflutungen auf Straßenniveau und in Erdgeschossen, während Kellerräume in den hydraulischen Modellen unberücksichtigt bleiben. Gleichzeitig spielen Kellerschäden in Berichterstattungen und Schadensberechnungen eine große Rolle, was zu einer methodischen Inkonsistenz führt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob Keller künftig differenziert in Simulationen einbezogen werden sollten oder ob grundlegende Untersuchungen hierfür ausreichen.

Keller – welche Bedeutung haben sie bei Starkregen?

Starkregengefahrenkarten werden inzwischen vielfach und mit sehr unterschiedlichem Detaillierungsgrad erstellt. Für deren Anwendung ist entscheidend, die zugrunde liegenden Annahmen zu verstehen. In Berichterstattungen über Starkregenereignisse wird stets die Anzahl überfluteter Keller genannt, ebenso wie die damit verbundenen Einsätze der Feuerwehr.
Einsatzkräfte melden jedoch häufig zurück, dass aufgrund der geringen Wassermengen in den betroffenen Kellern eigentlich keine technische Unterstützung erforderlich wäre. Auf der anderen Seite werden in Simulationsrechnungen Gebäude überwiegend als undurchströmbar angesetzt, eine explizite Berücksichtigung von Kellern im Fließverhalten erfolgt in der Regel nicht. Dies hat mehrere Gründe: Einerseits geht man davon aus, dass Gebäudeeigentümer bestrebt sind, ihre Keller vor eindringendem Wasser zu schützen. Andererseits würde die modellhafte Einbindung von Kellern als Retentionsräume einer privat genutzten Infrastruktur gleichkommen, was aus planerischer Sicht nicht zielführend wäre. Daraus ergibt sich eine konservative Modellannahme – ein „Worst Case“ im öffentlichen Raum bei gleichzeitigem „Best Case“ im privaten Bereich.

Daher werden in Starkregengefahrenkarten und den zugrunde liegenden Modellen vor allem Überflutungen auf Straßenniveau und Schäden in Erdgeschossen dargestellt. Die tatsächliche Betroffenheit von Kellern bleibt unberücksichtigt. Gleichwohl stellt sich im Rahmen von Nutzen-Kosten-Analysen häufig die Frage, inwiefern Kellerschäden einbezogen werden sollten. Hier ergibt sich eine methodische Inkonsistenz: Während Kellerräume bei der Schadensbewertung oft als überflutet angenommen werden, bleiben sie in der hydraulischen Betrachtung unberücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie relevant eine differenzierte Betrachtung von Kellerräumen in hydraulischen Modellen tatsächlich ist. Muss man bei zukünftigen Simulationsrechnungen auch diesen Aspekt berücksichtigen oder reicht es, einzelne grundlegende Untersuchungen durchzuführen?

Vorgehensweise

Um sich dem Thema nähern zu können, wurden zunächst geeignete Daten beschafft. Neben den Gebäudedaten aus fullHAUSde und den schon im Projekt erstellten Starkregengefahrenkarten waren dies vor allem Keller-Informationen, die weitgehend neu erhoben werden mussten. Im zweiten Schritt erfolgte deren Integration in die Eingangsdaten des bereits aufgebauten Simulationsmodells des Projekts.

In der Modellregion Duisburg wurden zwei Stadtteile als Untersuchungsgebiete für eine Kellerkartierung auf Basis hydrologischer und baulicher Kriterien ausgewählt. Die Stadtteile Hamborn und Walsum zeichnen sich durch eine hohe Diversität verschiedener Gebäudetypen aus, sodass eine Übertragbarkeit auf andere Regionen im Nachgang erleichtert wird. Die Häuser wurden auf Basis der Gebäudenutzung, über Google Street View sowie über eine Kartierung vor Ort hinsichtlich des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins von Kellern und Tiefgaragen untersucht. Unterschieden wurde zudem, ob Keller durch eine bauliche Schwelle von mindestens 10 cm einen grundlegenden Schutz vor eindringendem Niederschlagswasser aufweisen (siehe Abbildung 1).

Mit den Ergebnissen der Kartierung konnten die Modellinputdaten modifiziert werden. Zum einen wurden die Abflussbeiwert-Raster (AB-Raster) angepasst und zum anderen die Kellerfenster und die Keller in das DGM integriert. Die Kellervolumina wurden dabei auf Basis der jeweiligen Gebäudegrundfläche und einer Kellergeschosshöhe von 2,3 m negativ in das DGM aufgenommen. Unter der Annahme, dass 10 Prozent der Gebäudeaußenwände über eine zufällige Verteilung aus Kellerfenstern bestehen, erfolgte deren Einbau mit und ohne Schwelle oder als Tiefgarage in die Gebäudemauern. Die Gebäudemauern ohne Fenster werden wie die Gebäude ohne Keller als undurchfließbare Hindernisse in das DGM eingebaut. Die AB-Raster und die Beregnungsganglinie bilden die Beregnung der Fläche. Eine Bearbeitung der Werte musste durchgeführt werden, sodass die Keller nicht direkt beregnet, der Niederschlag in die Umgebung abgeben wurde und das Gesamtwasservolumen im System bleibt.

Um die vorgestellten Simulationsergebnisse besser einordnen zu können, sind hier die wichtigsten Randbedingungen zusammengestellt:

- Konstante Abflussbeiwerte im Siedlungsbereich.
- Keine Berücksichtigung des Kanalnetzes, also eine eher pessimistische Betrachtung, wie sie z. B. bei Hagel auftritt.
- Den Fenstern, sofern vorhanden, wird keine Schutzwirkung zugeordnet, d. h. sie werden im Modell als offen gerechnet.
- Es werden keine Schutzmaßnahmen der Gebäudeeigentümer oder Mieter integriert.
- Gebäude mit gleichen Eigenschaften der Keller wurden für die Simulation zusammengefasst.
- Das Simulationsgebiet mit überwiegend geringem Gefälle und folglich eher niedrigen Fließgeschwindigkeiten

berücksichtigt keine Erosion und Geschiebeaktivitäten, die zu typischen Schadensbildern führen.

Ergebnisse

Die Kartierung hat ergeben, dass ca. 70 Prozent der Gebäude mit Keller keine Schwelle besitzen und somit das Oberflächenwasser keine Hürde zum Eindringen in das Gebäude hat. 30 Prozent haben eine Schwelle von mindestens 10 cm und < 1 Prozent waren als Tiefgarage kartiert. Ein Ausschnitt der Ergebnisse für das 70 mm/h Szenario ist in Abbildung 2 zu sehen. Durch die Wassermengen in den Kellern kommt es zu einer Verringerung der Überflutungsflächen im direkten Umland. Bei steigender Ereignisgröße gelangt bis zu 50 Prozent des Gesamtwasservolumens nach der Simulationszeit von drei Stunden in die Keller. Zudem zeigen die Ergebnisse sehr geringe Wasserstände von wenigen Zentimetern in den meisten Kellern.

Diskussion

Bei der Integration der Keller in eine Simulation zeigten sich vielfältige Hürden, sowohl bei der Datenerfassung, der Datenaufbereitung als auch bei dem technischen Einbau in das Modell.

Die erhaltenen Simulationsergebnisse sind aufgrund der vielen Annahmen und der in Duisburg eher geringen Topographie nicht für allgemeingültige Aussagen geeignet. Dennoch zeigen sie, in welchem Skalenbereich diese Thematik anzusiedeln ist. Die Berücksichtigung gefluteter Kellerräume hatte einen unerwartet deutlichen Einfluss auf die Gesamthydraulik der Pilotgebiete, auch wenn aus früheren Beobachtungen lokal bereits Hinweise auf deren Relevanz vorlagen. Die Ergebnisse können auch im Rahmen der Vorsorge einige Hinweise geben. So zeigen die Gebäude mit kleinen Schwellen eine deutlich geringere Betroffenheit. Auch die geringen Überflutungstiefen lassen den Schluss zu, dass man mit angepasster Nutzung solche Ereignisse lediglich mit Reinigungskosten überstehen kann.

Der Titel des Beitrags ist in diesem Sinne absichtlich doppeldeutig: Zum einen verringert ein gefluteter Keller das Wasservolumen und schützt damit evtl. auch hochwertigere Nutzung, zum anderen zeigen die Simulationsergebnisse, wie mit kleinen Maßnahmen bereits eine große Schutzwirkung des eigenen Kellers erreicht werden kann.

R2K-Klim+

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Teil des Forschungsprojekts R2K-Klim+ – „Strategisches Entscheidungsunterstützungstool zur Anpassung an den Klimawandel auf regionaler und kommunaler Ebene im Rheineinzugsgebiet“, das vom BMFTR im Rahmen der Förderrichtlinie „RegIKlim – Regionale Informationen zum Klimahandeln“ gefördert wird. R2K-Klim+ thematisiert die Auswirkungen des globalen Klimawandels sowie entsprechende Klimaanpassungsmaßnahmen auf regionaler und kommunaler Ebene. Lokale Extremwetterereignisse, wie z. B. Starkniederschläge oder Hitzeinseln in Städten, werden dabei ebenso berücksichtigt wie Hoch- oder Niedrigwasser, die eine großräumige Wirkung in der Region und im gesamten Flusseinzugsgebiet entfalten. In R2K-Klim+ wird gemeinsam mit der Stadt Duisburg ein Konzept erarbeitet, das mithilfe von Klimaprojektionen mögliche Klimaentwicklungen darstellt und deren ökologischen, ökonomischen und sozialen Aus- und Wechselwirkungen auf das Gesamtsystem analysiert und bewertet. Die Ergebnisse fließen in ein Entscheidungsunterstützungssystem ein, das kommunalen und regionalen Akteuren als transparente Handlungsgrundlage für Investitionsentscheidungen dienen soll. Der Fokus der angebotenen Maßnahmen liegt in dem System auf der Minderung von Vulnerabilitäten verschiedener Sektoren gegenüber dem Klimawandel.

Bild: Google Street View 09/2024

Abb. 1: Beispiel eines Gebäudes mit einem Keller mit Schwelle von > 10 cm

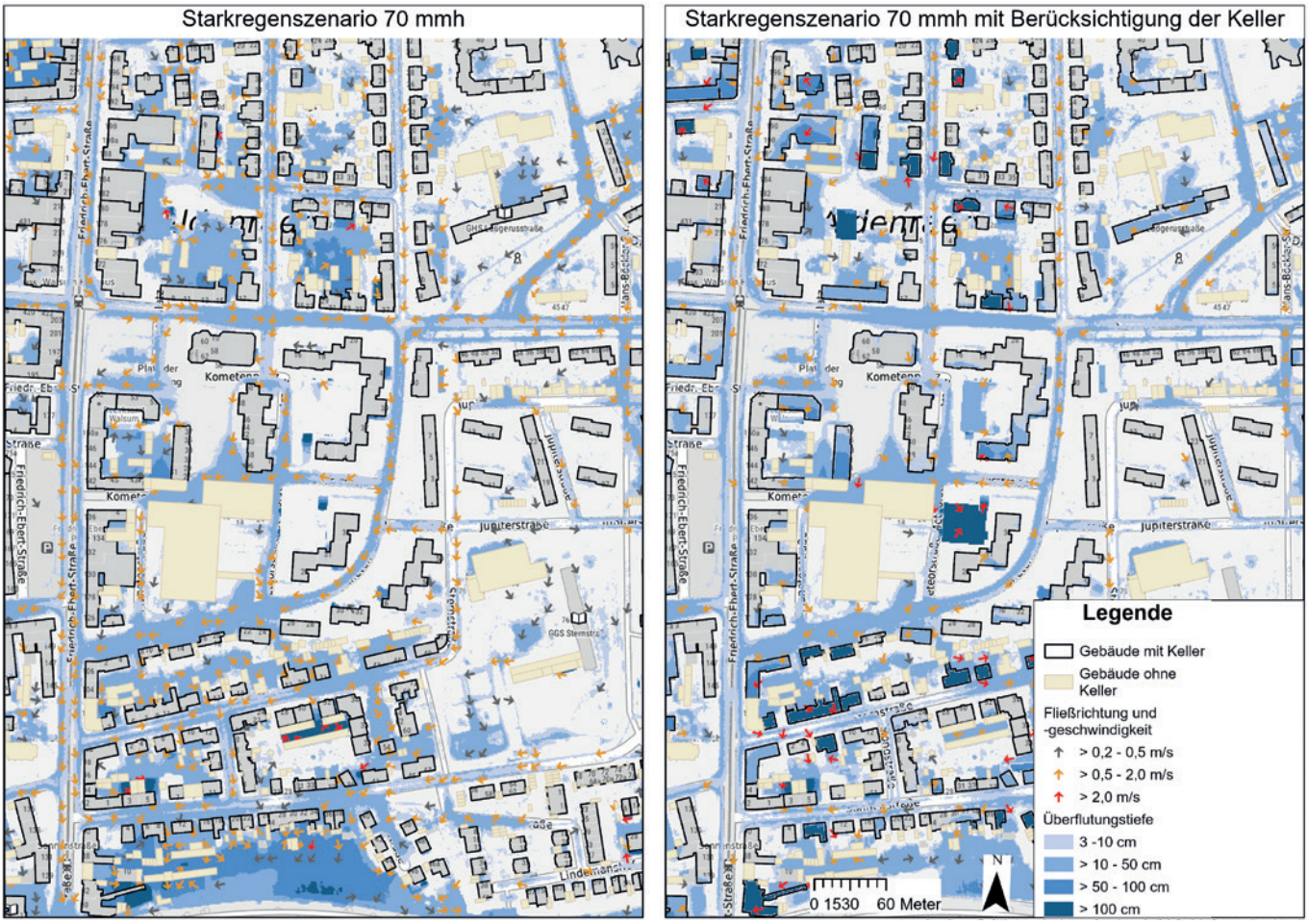


Bild: eigene Darstellung 2025

Abb. 2: Ausschnitt aus dem Simulationsvergleich ohne (links) und mit (rechts) Berücksichtigung der Keller

Ausblick

Die Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten verbessern die verfügbare Datengrundlage: So wird das Produkt fullHAUSde zukünftig auch Informationen zur Unterkellerung von Gebäuden bereitstellen, was einen Mehrwert für verschiedene Anwendungsbereiche liefert.

Im Kontext der Bewertung von Starkregenereignissen liefern die Untersuchungen Erkenntnisse darüber, inwieweit sich die Schadenspotenziale von Gebäuden durch die Berücksichtigung von Kellern in der hydraulischen Simulation verändern. Erstmals werden dabei auch Schadenswerte für Kellerflächen einbezogen, also bereits ab einer Überflutungstiefe von 0 m. Dies führt zunächst zu einem Anstieg der modellierten Schäden. Gleichzeitig werden Keller auch als potenzielle Retentionsräume berücksichtigt, wodurch sich insbesondere bei tieferliegenden Gebäuden die Überflutungstiefen reduzieren können – und damit auch die Schadenshöhe. Die Simulationsergebnisse zeigen, welche Auswirkungen die Betrachtungen haben. Im Weiteren werden die Effekte auf die Kosten-Nutzen-Analysen verfolgt.

Autoren:

Isabelle Beutelspacher

Dr. André Assmann

geomer GmbH

E: isabelle.beutelspacher@geomer.de

assmann@geomer.de

Thurid Roth

Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft

und Klimazukunft an der RWTH Aachen e. V.

E: braun@fiw.rwth-aachen.de

Simulationen zur Standortqualität von Immobilien mit GIS und Open Data

Mit Standortanalysen, räumlichen Simulationen und kostenfreien Geodaten können Informationen zur Bewertung von Immobilien gewonnen werden. Vorgestellt werden zwei exemplarische Beispiele für GIS-Simulationen unterschiedlicher Komplexität im lokalen und überregionalen Maßstab.

„Lage, Lage, Lage", dieses geflügelte Wort beschreibt in konzentrierter Form, was den langfristigen Wert einer Immobilie bestimmt. Zwar spielen weitere Parameter wie Bauqualität, Alter, Ausstattung, Nachfrage oder Kreditzinsen für die Preisbildung bisweilen eine größere Rolle, auf lange Sicht dominiert jedoch die Lagegunst. Einfach deshalb, weil die Zahl der vorteilhaften Standorte endlich ist und ein schlechter Standort nicht ohne Weiteres in eine 1A-Lage transformiert werden kann. Es sei denn, man verändert unter exorbitantem Kostenaufwand die gesamte Umgebung …

So ist es ein Gebot wirtschaftlicher Vernunft, das verfügbare Kapital so lagegünstig wie möglich einzusetzen. Mit der teuren Edelrenovierung einer Immobilie in einem Problemviertel oder einer abgelegenen Gegend hätte man im wahrsten Sinne des Wortes „Perlen vor die Säue" geworfen. Vor diesem Hintergrund überrascht es ein wenig, dass vor allem Kaufpreissammlungen und Bodenrichtwerte für die Beurteilung der Lagegunst verwendet werden, weniger jedoch detaillierte feingliederige Analysen der Lagegunst mit Geoinformationssystemen (GIS). Diese sind gerade in den letzten Jahren dank Internet, OpenStreetMap und der Inspire-Richtlinie der EU („Infrastructure for Spatial Information in the European Community" [1]) immer besser durchführbar geworden. Mit Beginn des Jahres 2024 ist zudem die Umsetzungsfrist der Inspire-Richtlinie abgelaufen. Dies hat zur Folge, dass nun definitiv in jedem einzelnen Bundesland hochwertige Geodaten für GIS-Analysen zur Verfügung stehen. Geodaten nach der Inspire-Richtlinie sind dabei ein wirklicher „Game Changer" und zwar aus den folgenden Gründen:

- sie sind dank der Open-Data-Policy kostenfrei und ohne Einschränkungen nutzbar, auch für rein kommerzielle Projekte im Immobilienbereich;
- sie müssen zwingend auch als analysefähige Rohdaten zur Verfügung gestellt werden, z. B. als WFS-Dienste oder Shapefiles für verschiedene GIS-Systeme;
- es gibt Kataloge mit fest definierten Geodaten für 34 Themenbereiche, die von den Ämtern verpflichtend angeboten werden müssen.

Analysen und Simulationen mit GIS

Dank der mit Inspire erreichten Verfügbarkeit von hochwertigen Geodaten und den Möglichkeiten professioneller GIS-Systeme (z. B. Esri ArcGIS oder QGIS mit diversen Erweiterungen) ergeben sich nun unfassbar viele Möglichkeiten, die Standortqualität im Immobilienbereich wissenschaftlich valide und vergleichbar zu analysieren. Aus dieser Vielzahl werden im Folgenden zwei Beispiele skizziert, die im Rahmen von Standortanalysen für Immobilien- und Baufirmen oder als Projektstudien an der Universität Tübingen erstellt wurden. Im ersten Beispiel – einer überregionalen Analyse – wurde die ÖPNV-Anbindung aller Grundstücke an das S-Bahn-Netz in Baden-Württemberg simuliert, im zweiten Beispiel – einer lokalen Analyse – die potenzielle Kundenzahl von Lebensmittelläden in einer süddeutschen Universitätsstadt. In beiden Fällen kamen ausschließlich frei verfügbare Geodaten und leicht zugängliche Funktionen eines GIS zum Einsatz, in diesem Fall das Open-Source-GIS „QGIS" [2], das mit den kostenfreien Plug-ins „SAGA" [3] bzw. „WhiteboxTools" [4] erweitert wurde. Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Maßstäbe unterscheiden sich beide Anwendungsbeispiele jedoch in Auflösung und Komplexität. Bei landesweiten Berechnungen müssen einfachere und schnellere Methoden verwendet werden.

Beispiel 1: ÖPNV-Anbindung an das überregionale S-Bahn-Netz

In diesem Beispiel wollte ein Bauunternehmen aus Baden-Württemberg wissen, welche zum Verkauf stehenden Grundstücke für nachhaltige Projekte attraktiv sind. Wichtige Kriterien waren dabei u. a. die Anbindung an das überregionale S-Bahn-Netz („Gibt es S-Bahn-Stationen, die zu Fuß, per E-Scooter oder Fahrrad innerhalb von 10 Minuten erreichbar sind?") und die Größe des Grundstücks („Je größer desto besser bei einer Mindestgröße von 1500 bis 2000 m^2"). Da sich der Einzugsbereich von S-Bahnen im überregionalen Maßstabsbereich bewegt, kann ein Einzugsgebiet nicht wie im zweiten Beispiel unter Berücksichtigung des kompletten Verkehrs- und Straßennetzes analysiert werden: Der Rechenaufwand wäre schlicht zu hoch. Stattdessen wurde die Erreichbarkeit mit einfachen Buffer-Funktionen ermittelt. Die Daten zu den Haltestellen stammen von der NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg [5], alle weiteren Geodaten wie Bahnlinien oder Grundstücksflächen aus den frei verfügbaren „Inspire-Datensätzen" des Landesamts für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg [6]. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die Ergebnisse der Analysen, einmal als Übersicht für ganz Baden-Württemberg (Abbildung 1) und einmal am Beispiel von verschiedenen Grundstücken für die S-Bahn in Heilbronn (Abbildung 2).

Abbildung 1 zeigt die Erreichbarkeit aller S-Bahn-Stationen in Baden-Württemberg innerhalb von 10 Minuten, entweder zu Fuß, mit E-Scooter oder Fahrrad. Zur Erreichbarkeit wurden Entfernungsradien von den Haltestellen berechnet, d. h. die Distanz, die zu Fuß in Schrittgeschwindigkeit oder mit dem E-Scooter bzw. Fahrrad

bei 20 km/h innerhalb von 10 Minuten erreicht wird. Diese in 10 Minuten zurücklegbare Distanz wurde dann noch durch einen Reduktionsfaktor von 1,41 geteilt. Der Hintergrund: Da Wege nie nur geradeaus in Luftlinie, sondern auch quer dazu verlaufen, werden so realistischere Entfernungsradien gewonnen:

- 600 m in 10 Minuten zu Fuß bei einer Schrittgeschwindigkeit von 5 km/h;
- 2 400 m in 10 Minuten per E-Scooter oder Fahrrad bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h.

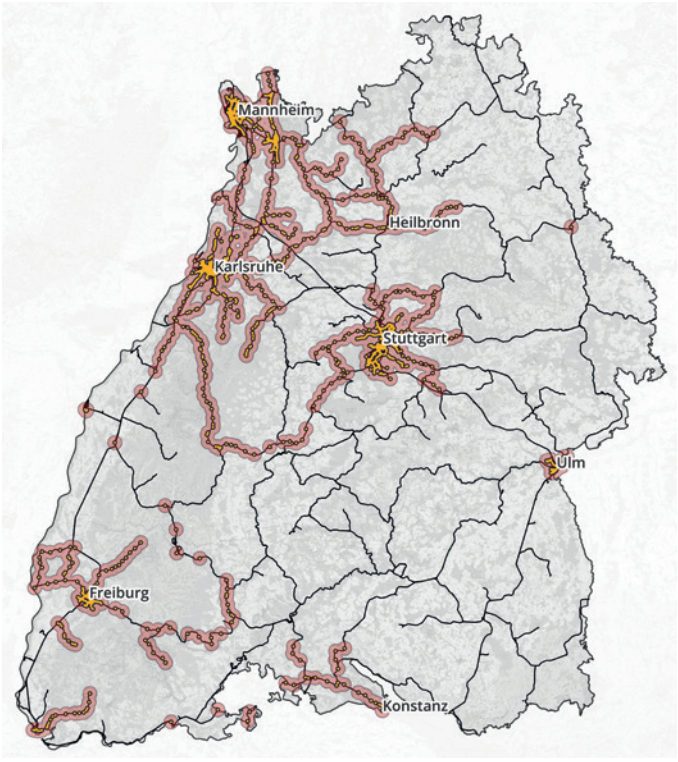
Eigene Entfernungsaufzeichnungen mit GPS-Smartwatches haben gezeigt, dass beide Entfernungsradien sehr gute Annäherungswerte an die Realität darstellen und deshalb bedenkenlos verwendet werden können.

Abbildung 2 zeigt die Erreichbarkeit aller S-Bahn-Stationen im Raum Heilbronn auf lokaler Ebene zusammen mit bebaubaren Grundstücken unterschiedlicher Größe. In Heilbronn liegen zwei Grundstücke zwar in optimaler Entfernung zur S-Bahn, d. h. erreichbar zu Fuß in weniger als 10 Minuten. Beide eignen sich jedoch aufgrund ihrer geringen Größe kaum für den Auftraggeber (< 1 000 m^2 = weißes Quadrat; 1 000 m^2 – 2 000 m^2 = hellblaues Quadrat). Von der Größe, der Auftraggeber bevorzugt Grundstücke über 2 000 m^2, perfekt geeignet sind die blau eingefärbten Grundstücke nördlich von Heilbronn (= dunkelblaue Quadrate). Allerdings erfüllt hierbei nur eines im Raum Neckarsulm alle Bedingungen (Erreichbarkeit unter 10 Min. zu Fuß und über 2 000 m^2) gleichzeitig, während die beiden anderen entweder zu weit außerhalb liegen (Raum Biberach) oder nur noch mit E-Scooter bzw. Fahrrad innerhalb von 10 Min. von der nächsten S-Bahn-Station erreichbar sind.

Standortanalysen wie im eben beschriebenen Beispiel zeigen, wie mit einfachen Mitteln (Bufferanalysen und Überschneidungen mit GIS) auch im überregionalen Maßstabsbereich aussagekräftige Zusatzinformationen gewonnen werden können. Diese ergänzen und erweitern die flächendeckend verfügbaren Bodenrichtwerte und bieten deshalb ein wichtiges Zusatzinstrument für verlässliche und nachhaltige Investitionsentscheidungen.

Beispiel 2: Kundenpotenzial von Shops zur Deckung des täglichen Bedarfs

Dieses Beispiel, das für GIS-Seminare an der Universität Tübingen erstellt wurde, zeigt, wie sich Distanzen und Einzugsgebiete nicht nur mit einfachen Bufferanalysen ermitteln lassen, sondern unter Berücksichtigung des tatsächlichen Straßennetzes und der Topographie. Bewegungen zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem Kfz können nur entlang bestehender Straßen und Wege stattfinden und werden gleichzeitig durch Steigungen, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Einbahnstraßen beeinflusst. Um diese mit einem GIS zu realistisch zu berechnen, muss auf fortgeschrittene Techniken zurückgegriffen werden, z. B. Netzwerkanalysen oder rastergestützte Ausbreitungsalgorithmen. Im vorliegenden Beispiel wurden rastergestützte Ausbreitungsalgorithmen verwendet, die zwar aus dem Gebiet der hydrologischen Analyse stammen, sich aber auch hervorragend zur Berechnung von Kundenbewegungen eignen [7], insbesondere, wenn kleinräumliche Änderungen beim Gefälle von Straßen und Wegen berücksichtigt werden sollen.



Bilder: eigene Darstellung

Abb. 1: Erreichbarkeit von S-Bahn-Stationen zu Fuß, mit dem E-Scooter oder Fahrrad vom Bahnhof innerhalb von 10 Minuten zu Fuß (orange) oder mit E-Scooter bzw. Fahrrad (rot). Bahngleise als schwarze Linien (Eisenbahn- und S-Bahn-Linien). Nur Bahnhöfe mit S-Bahn-Anschluss bei der Berechnung berücksichtigt.

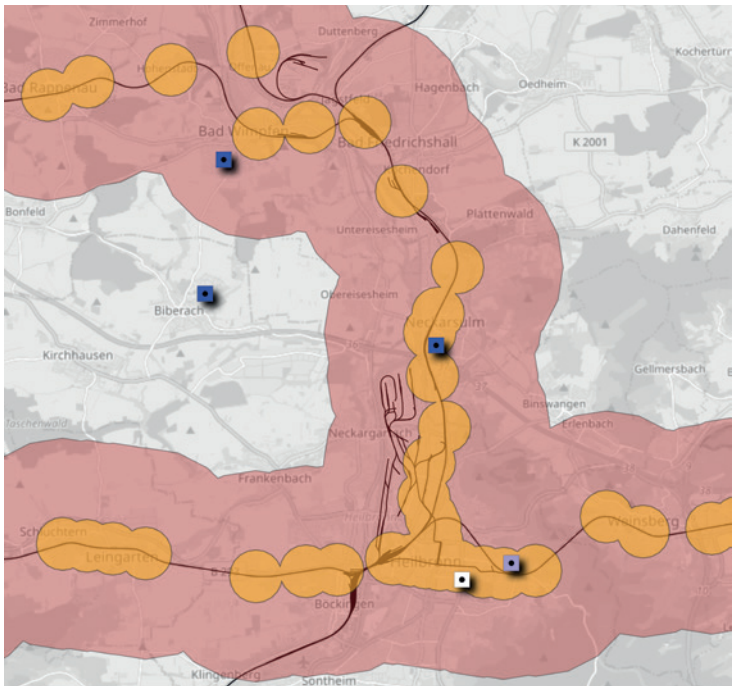


Abb. 2: Erreichbarkeit von S-Bahn-Stationen im Raum Heilbronn von verschiedenen Grundstücken aus. Erreichbarkeit vom Bahnhof innerhalb von 10 Minuten zu Fuß (orange) oder mit E-Scooter bzw. Fahrrad (rot). Standorte der verfügbaren Grundstücke mit Flächen unter 1 000 m^2 (weiße Quadrate), zwischen 1 000 und 2 000 m^2 (hellblaue Quadrate) und größer als 2 000 m^2 (dunkelblaue Quadrate). Die Grundstücke wurden aus Gründen des Datenschutzes anonymisiert und willkürlich gewählt.

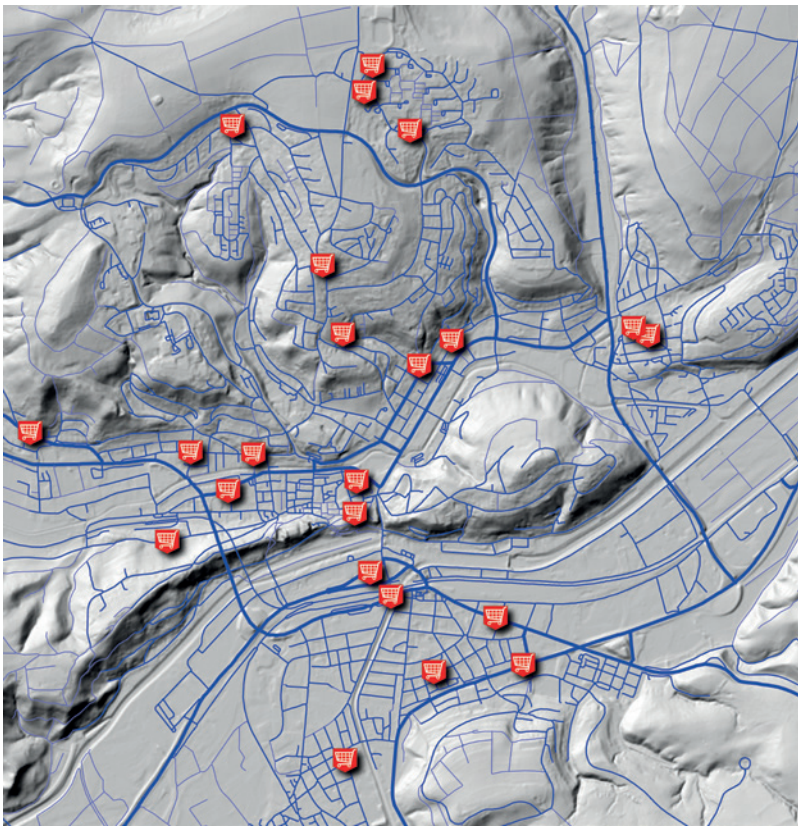


Abb. 3: Standorte von Lebensmittelläden in Tübingen mit Wegenetz und Topographie. Rote Symbole: Lebensmittelläden zur Deckung des täglichen Bedarfs; Straßennetz in dunkelblauer Farbe (dicke Linien sind Durchgangsstraßen), hellblau eingefärbte Linien sind Wege, die auch zu Fuß oder mit dem Fahrrad benutzt werden dürfen.

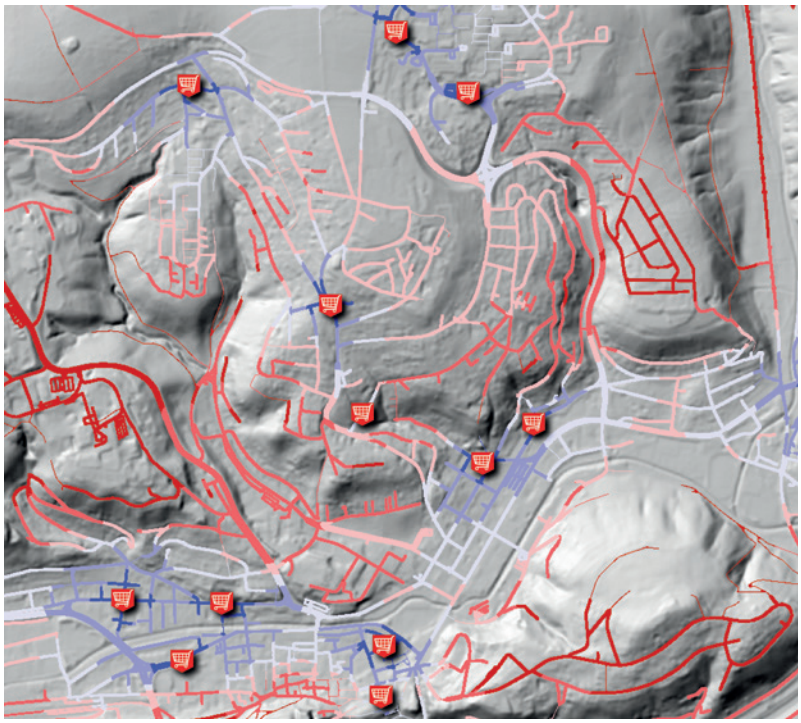


Abb. 4: Gewichtete Entfernungen zum nächsten Lebensmittelladen (Ausschnitt des Analysegebiets). Rote Symbole: Lebensmittelläden; Straßen- und Wegenetz eingefärbt nach der gewichteten Entfernung zum nächsten Lebensmittelladen zu Fuß oder mit dem Fahrrad (dunkelblau: < 200 m, blau: 200 – 500 m; hellblau: 500 – 1 000 m; hellrot: 1 000 – 2 000 m, rot: 2 000 – 5 000 m; dunkelrot: > 5 000 m)

Das Kundenpotenzial von Shops zur Deckung des täglichen Bedarfs wird vor allem durch zwei Parameter bestimmt, die mit einem GIS in aufeinanderfolgenden Schritten ermittelt werden müssen:

- der Anzahl und Erreichbarkeit von Lebensmittelläden, das potenzielle (Kunden-)Einzugsgebiet;
- der Anzahl der dort wohnenden bzw. arbeitenden Einwohner.

Im Stadtgebiet von Tübingen gibt es viele Lebensmittelläden mit einem mehr oder weniger großen Einzugsgebiet. Während große Einkäufe meist am Wochenende mit dem Auto beim Supermarkt oder Discounter am Stadtrand erledigt werden, muss ein Lebensmittelshop für die kleinen Besorgungen für zwischendurch (= Güter des täglichen Bedarfs) zu Fuß oder mit dem Fahrrad erreichbar sein. Unter der Prämisse gleicher Preise spielt hier die räumliche Lage eine entscheidende Rolle. Diese wird in Abbildung 3 zusammen mit dem Straßennetz und der Topographie dargestellt

Anhand dieser Ausgangsdaten, der Standorte der Shops, des Wegenetzes und der Topographie wurde mit rastergestützten Ausbreitungsanalysen in mehreren Schritten der Aufwand (= kürzeste Wegelänge in m) berechnet, den ein potenzieller Kunde von seiner Wohnung bis zum nächstgelegenen Shop auf sich nehmen müsste: entweder zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Da sich außerdem mit zunehmender Steigung der Anstrengung erhöht, wurden folgende Korrekturfaktoren eingeführt, die je nach Steigung den potenziellen Weg verlängern:

- unter 2°: die berechnete Wegstrecke in m bleibt unverändert;
- 2 – 5°: die berechnete Wegstrecke in m wird multipliziert mit [Steigung/1,41];
- über 5°: die berechnete Wegstrecke wird mit der Steigung multipliziert.

Das Ergebnis dieser Simulation zeigt Abbildung 4 (= Ausschnitt des Untersuchungsgebiets) mit den gewichteten Entfernungen zum jeweils nächsten Lebensmittelladen. Entfernungen unter 1000 m werden in blauer Farbe dargestellt, Entfernungen über 1000 m in roter Farbe. Je nach Straßen- und Wegenetz und den lokalen Steigungen vergrößert oder verkleinert sich die Wegestrecke und damit das Einzugsgebiet des einzelnen Lebensmittelladens.

Unter der Annahme, dass ein potenzieller Kunde nicht bereit ist, mehr als 1000 m Wegstrecke für einen kleineren Einkauf auf sich zu nehmen, errechnet sich die folgende Karte der „Einzugsgebiete und potenziellen Kundenzahl der Lebensmittelläden“ (Abbildung 5). Sie zeigt die Einzugsgebiete der jeweiligen Shops in einer Entfernung von maximal 1000 m in roter Farbe von unterschiedlicher Intensität. Die unterschiedliche Färbung zeigt die Summe aller Einwohner, die sich im jeweiligen Einzugsgebiet befinden, d. h.:

- unter 1000 Einwohner in hellroten Einzugsgebieten;
- 1000 – 3000 Einwohner in roten Einzugsgebieten;
- über 3000 Einwohner in dunkelroten Einzugsgebieten.

Die Anzahl der Einwohner wurde der Bevölkerungsstatistik „Zensus 2022“ des Statistischen Bundesamts entnommen, die seit Mitte 2024 in einer hochauflösenden und kostenfreien Version zum Download zur Verfügung steht (u. a. Einwohnerzahlen pro Rasterzelle von 100 × 100 m (vgl. [8]).

Wie unschwer zu erkennen ist, gibt es Lebensmittelläden mit einem größeren (= dunkelrote Flächen) und einem kleineren potenziellen Kundenstamm, der bei sechs Standorten (= hellrote Einzugsgebiete) mit weniger als 1000 sehr gering ist. Ob dieser auf lange Sicht wirtschaftlich ist, hängt von vielen Faktoren ab, auf die an dieser Stelle nicht eingegangen werden kann. Unabhängig von der Größe liefert jedoch allein die Kenntnis eines Einzugsgebiets wichtige Informationen zu Rentabilität und Marketing. So machen Werbeaktionen (Prospekte etc.) für Kunden außerhalb des eigenen Einzugsgebiets wenig Sinn. Hier wären die Ausgaben angesichts hoher Streuverluste schlichtweg zu hoch.

Dieses Beispiel zeigt exemplarisch die Marktchancen kleiner lokaler Lebensmittelshops für einen bestimmten Kundenkreis, d. h. kleinere Besorgungen des täglichen Bedarfs von der eigenen Wohnung aus mit dem Rad oder zu Fuß. Die berechneten Einzugsgebiete beziehen sich jedoch ausschließlich auf diesen einen Kundentyp. Werden andere Faktoren oder Kundentypen berücksichtigt, z. B. Laufkundschaft an stark frequentierten Plätzen, Shops an Bushaltestellen oder Pendler mit Kfz, dann sähen die Einzugsgebiete ganz anders aus.

Schlusswort

Die skizzierten Standortanalysen zeigen exemplarisch, wie hilfreich GIS bei der Ermittlung der Standortqualität und Rentabilität von Immobilien sein können. Sie liefern wichtige Zusatzinformationen, die auf anderen Wegen nicht erhältlich sind. Besonders die seit Mitte 2024 dank Inspire und Zensus 2022 kostenfrei erhältlichen Geodaten sind hierbei wirkliche Gamechanger. Mit diesen und den vielseitigen Analysemöglichkeiten von GIS ist es nun möglich, nachvollziehbare, faktenbasierte und gleichzeitig kostengünstige Standortanalysen mit wenig Aufwand zu erstellen. Und das für alle Maßstäbe von lokal bis überregional und nicht nur für den Immobilienbereich.

Quellen:

[1] https://inspire-geoportal.ec.europa.eu
[2] https://qgis.org
[3] https://saga-gis.sourceforge.io
[4] www.whiteboxgeo.com
[5] https://mobidata-bw.de
[6] www.lgl-bw.de
[7] www.whiteboxgeo.com/manual/wbt_book/available_tools/hydrological_analysis.html#hydrological-analysis
[8] www.destatis.de

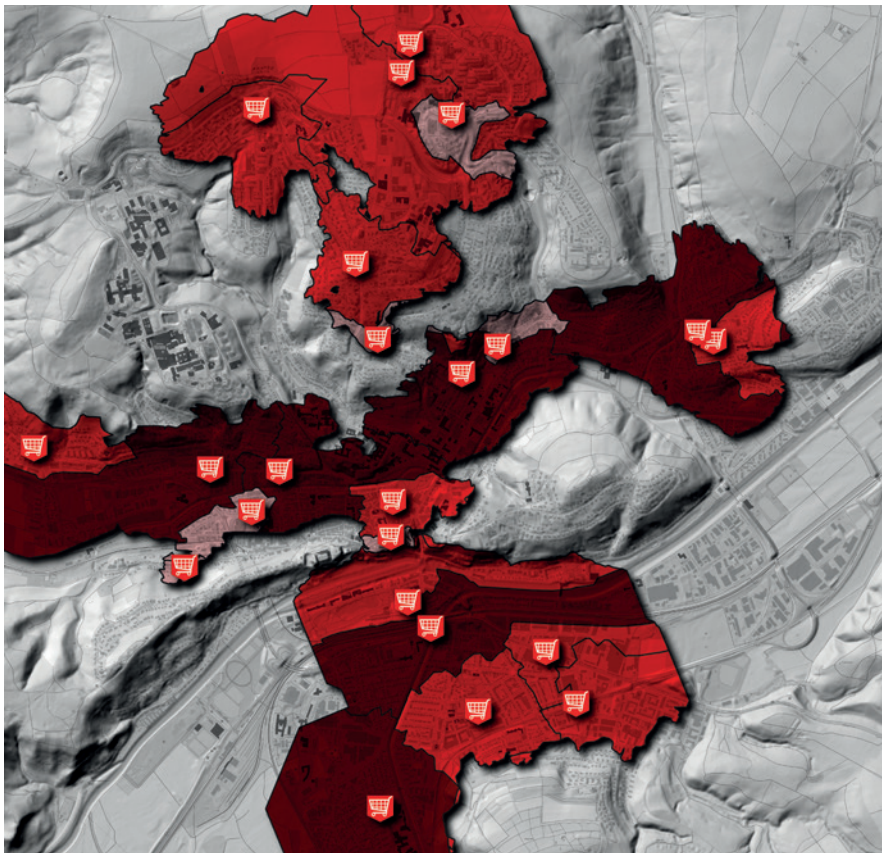


Abb. 5: Rote Symbole: Lebensmittelläden zur Deckung des täglichen Bedarfs. Rot eingefärbte Flächen sind die jeweiligen Einzugsgebiete in einer Entfernung von weniger als 1 000 m, erreichbar über das bestehende Wegnetz Je stärker die Rotfärbung, desto mehr Einwohner bzw. potenzielle Kunden befinden sich im jeweiligen Gebiet.

Autor:

Dr. Holger Schäuble

Terracs – Geographische Informationssysteme und Dienstleistungen

E: holger.schaeuble@gmail.com

I: https://www.terracs.de