

## TwinCity3D – Neue Möglichkeiten zur Planung der Stadtentwicklung für Klein- und Mittelstädte

Daniel Broschart, Christoph Eder, Marina Fischer, Jabid Ishtiaque, Juilson Jubanski, Florian Siegert

(Dr.-Ing. Daniel Broschart, Stadt Landsberg am Lech, Katharinenstraße 1, 86899 Landsberg am Lech, daniel.broschart@landsberg.de)

(Christoph Eder, 3D RealityMaps GmbH, Landsberger Straße 314, 80687 München, eder@realitymaps.de)

(Marina Fischer, 3D RealityMaps GmbH, Landsberger Straße 314, 80687 München, fischer@realitymaps.de)

(Jabid Ishtiaque, 3D RealityMaps GmbH, Landsberger Straße 314, 80687 München, ishtiaque@realitymaps.de)

(Juilson Jubanski, 3D RealityMaps GmbH, Landsberger Straße 314, 80687 München, jubanski@realitymaps.de)

(Florian Siegert, 3D RealityMaps GmbH, Landsberger Straße 314, 80687 München, siegert@realitymaps.de)

### 1 ABSTRACT

Um die Herausforderungen in den Bereichen Mobilität, Stadtentwicklung, Umweltüberwachung und Klimawandel zu bewältigen, brauchen Städte und Gemeinden eine Vielzahl an räumlichen (Geo-) Informationen. Dafür müssen Daten gesammelt, bearbeitet und ausgewertet werden, damit Planer daraus Maßnahmen ableiten und politische Entscheidungen besser und transparenter getroffen werden können. Oft wird in diesem Zusammenhang der Wunsch nach einem sogenannten Urbanen Digitalen Zwilling (UDZ) laut – also einem digitalen Abbild der Stadt. Allerdings stoßen vor allem kleine und mittlere Städte schnell an ihre Grenzen, wenn es darum geht, ein solches digitales Modell ihres Gebiets zu erstellen. Am Beispiel Landsberg am Lech wurde im Rahmen des mFUND-Forschungsprojektes “TwinCity3D” ein “Digitaler Zwilling” für Stadtplanungsaufgaben wie obenerarbeitet. Mit Hilfe einer neuen Technologie zur kostengünstigen Geodatenerfassung aus der Luft wurden eine Vielzahl an raum-zeitlichen Geoinformationen erfasst und mittels KI-Verfahren ausgewertet. Zur Datenanalyse werden KI-basierte Algorithmen entwickelt, um das Potenzial dieser “bigdata”-Datenquellen vollumfänglich nutzen zu können. Multitemporale und multispektrale Luftbilddaten bieten ein Informationspotenzial, das bisher Klein- und Mittelstädten nicht zur Verfügung stand. Planerische Fragestellungen wie „Wie viel Fläche nimmt der oberirdisch ruhende Verkehr ein?“, „Wo befinden sich Hitzeinseln innerhalb des Stadtgebietes?“ bis hin zu „Wie hoch ist das Grünvolumen im Stadtgebiet und wie verändert sich dieses?“ lassen sich zukünftig durch den Einsatz der entwickelten Analysemethoden flächendeckend auswerten. Am Beispiel der Förderung umweltfreundlicher Mobilität wird das Potenzial dieser neuen Technologien in diesem Beitrag präsentiert. Im Zuge einer nachhaltigen Stadtentwicklung stellt der Ausbau von Fahrradwegen eine zentrale Maßnahme zur Förderung umweltfreundlicher Mobilität dar. Dieser Ausbau führt jedoch zu Nutzungskonflikten im städtischen Raum: Einerseits könnten Parkplätze reduziert werden, andererseits droht der Verlust von Grünflächen wie Grünstreifen und Alleen. Angesichts der fortschreitenden Klimaerwärmung ist der Erhalt und Ausbau des Baumbestands jedoch essenziell, da Bäume zur Abkühlung des zunehmend überhitzten Straßenraums beitragen und das Mikroklima verbessern. Die Herausforderung besteht darin, eine Balance zwischen nachhaltiger Mobilität und urbaner Klimaanpassung zu finden. Innovative, integrative Planungskonzepte sind gefragt, die sowohl den Radverkehr fördern als auch den Erhalt von Stadtgrün sicherstellen. Eine 3D-Visualisierung der Analysen im digitalen Zwilling verbessert die Kommunikation zwischen Verwaltung und Mitgliedern des Stadtrates, erhöht in der Folge die Transparenz im Rahmen der Vorbereitung von politischen Entscheidungen, so dass letztendlich die gesamte Stadtbevölkerung profitieren kann.

Keywords: KI-Algorithmen, Klein- und Mittelstädte, Luftbilddatenbewertung, Digitaler Zwilling, Datenplattform

### 2 GEODATENERFASSUNG

Der Ausbau von Radverkehrsinfrastruktur nimmt einen zentralen Stellenwert ein, wenn es um die Erreichung der Klimaziele geht. In gewachsenen baulichen Strukturen mitteleuropäischer Städte sind dazu umfangreiche Maßnahmen zur Umgestaltung des Straßenraums erforderlich. Während Großstädte aktuell darauf setzen, einzelne Fahrspuren für den motorisierten Verkehr zu sperren und diese Flächen dem Radverkehr zuzuschlagen, lässt sich dieser Ansatz in Klein- und Mittelstädten, bei denen der Straßenraum nur eine Fahrspur je Richtung bietet, nicht umsetzen. Wenn neue Flächen für Radwege geschaffen werden sollen, entstehen oft Nutzungskonflikte. Für eine umfassende Analyse müssen daher nicht nur die Verkehrsflächen und ihre effiziente Nutzung betrachtet werden, sondern auch, wie diese Flächen mit bestehenden Grün- und Freiräumen zusammenhängen. Da die verfügbare Fläche begrenzt ist und verschiedene Nutzungen miteinander in Konkurrenz stehen, müssen Entscheidungen sorgfältig abgewogen werden. Dabei stellen sich Fragen wie: Sollen Grünflächen verkleinert werden, um Platz für Radwege zu schaffen? Oder können die

entlang der Straßen vorhandenen Parkplätze in Radwege umgewandelt werden, um den Straßenraum neu zu gestalten? Und wie beeinflussen die geänderten Flächennutzungen das städtische Klima in Zeiten der Klimaerwärmung? Auf diese Fragen müssen Antworten gefunden werden.

Den meisten Städten fehlen geeignete Geodaten, um diese Zusammenhänge genau zu analysieren und daraus nachhaltige Maßnahmen für die Stadtentwicklung abzuleiten. Genau hier setzt das Forschungsprojekt an: das Stadtgebiet wurde drei mal (2020, 2021 und 2023) mit einem speziellen Multisensorkamerasystem (MSKS) erfasst, das an ein Ultraleichtflugzeug montiert wurde. Das Flugzeug fliegt dabei in nur etwa 300 Metern Höhe und erstellt mit verschiedenen Kamerasystemen hochaufgelöste Luftbilder. Das MSKS besteht aus fünf RGB-Kameras, einer Thermalkamera und einer Multispektralkamera. Da alle Kameras gleichzeitig Daten aufnehmen sind, können aus einem einzigen Flug verschiedene Luftbildprodukte erstellt werden (Abbildung 1; RealityMaps, 2024). Anhand einer mehrfachen Befliegung des Stadtgebietes sollten zeitliche Aspekte und Entwicklungen analysiert werden. Mit der Erfassung von Luftbildern ist es jedoch noch nicht getan: damit die Geodaten hinsichtlich der genannten Fragestellungen effizient ausgewertet werden können, sind spezielle Verfahren der objektbasierten Bildanalyse mittels KI-Algorithmen erforderlich.



Abb. 1: Aus einem Bildflug können mehrere Luftbildprodukte erzeugt werden: RGB-True-Orthofoto (links oben), Oberflächenmodell (rechts oben), Multispektralaufnahme (links unten), Thermalaufnahme (rechts unten) (RealityMaps, 2024)

### 3 GEODATENANALYSE

Die Luftbilddaten wurden in mehreren getrennten Schritten ausgewertet. Zuerst wurden die Grünflächen in der Stadt erfasst und klassifiziert, damit später ihr Verhältnis zum Straßenraum beurteilt werden kann. Danach wurde untersucht, wie viel Platz der ruhende Verkehr (d.h. parkende Autos) einnimmt und wie diese Flächen im Stadtgebiet zwischen Straßen-, Grün- und Nebenflächen verteilt sind. Im dritten Schritt wurde die Hitzeverteilung in der Stadt analysiert, indem die Thermaldaten in die Bewertung einbezogen wurden.

#### 3.1 Analyse des städtischen Baumbestands

Grünflächen in der Stadt spielen eine wichtige Rolle für das Mikroklima. Sie helfen zum Beispiel, Regenwasser zu speichern und so das Schwammstadtprinzip umzusetzen. Um die Stadt widerstandsfähiger gegen Klimaveränderungen zu machen, sind Entwicklungspläne für das Stadtgrün und ein regelmäßiges

Monitoring von Grünflächen notwendig. Ein Baumkataster, das alle Bäume im öffentlichen Raum erfasst, gehört zu den Pflichtaufgaben jeder Stadt, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Bäume auf privaten Grundstücken werden dabei nicht berücksichtigt. Für eine Analyse des Stadtklimas werden jedoch Informationen über den gesamten Baumbestand im Stadtgebiet benötigt. Deshalb wurde ein Algorithmus zur automatischen Erkennung von Bäumen entwickelt, der speziell auf sehr hochauflösende Luftbilder (5 – 10 cm) trainiert wurde. Dieser KI-Algorithmus erkennt nicht nur den Standort von Bäumen, die größer als 2 Meter sind, sondern misst auch den Durchmesser der Baumkrone und unterscheidet zwischen Laub- und Nadelbäumen. Gegenüber dem städtischen Baumkataster, innerhalb dessen 7.024 Bäume regelmäßig kontrolliert und kartiert werden, wurden durch die Verwendung des KI-Algorithmus 41.883 Bäume automatisch erkannt und in Höhenklassen zugeordnet. Die Klassifikationsgenauigkeit lag dabei bei > 94 %. Wenn in Zukunft auch Multispektralaufnahmen in die Analyse einbezogen werden, könnten zusätzlich Erkenntnisse über die Artenverteilung und den Gesundheitszustand der Pflanzen gewonnen werden.

### 3.2 Flächeninanspruchnahme durch geparkte Fahrzeuge

Der sparsame Umgang mit der Ressource „Fläche“ stellt einen zentralen Punkt in der Arbeit von Stadtplanern dar. Insbesondere wenn Nutzungsarten konkurrieren und Flächen beansprucht werden, muss eine wohlüberlegte Abwägung stattfinden. Soll beispielsweise der Radverkehr ausgebaut werden, so werden hierfür Verkehrs- oder Grünflächen benötigt. Denkbar wäre zum Beispiel Fahrradwege auf Kosten von Parkflächen am Straßenrand anzulegen. Dabei stellen sich Fragen: wie wirkt sich das auf die Parksituation im Stadtgebiet aus? welche Flächen belegen geparkte Kraftfahrzeuge, also der ruhende motorisierte Verkehr? Belastbare Daten dürften nur den wenigsten Städten bekannt sein.

Deshalb wurde ein KI-Algorithmus entwickelt, mithilfe dessen Fahrzeuge automatisiert und in hoher Genauigkeit aus den Luftbildern erkannt werden. Dabei werden die Klassen „Car“, „Pickup Truck“, „Minivan/ SUV“, „Caravan Trailer“, „Bus“, „Truck“, sowie „Agricultural/Construction“ unterschieden. Im Vergleich zum Referenzdatensatz erreichte das Trainingsmodell dabei über die Fahrzeugklassen eine Gesamtgenauigkeit von 98,39%. Die erkannten Fahrzeuge wurden im Rahmen einer GIS-Analyse statistisch bezüglich des Flächenverbrauchs und der Flächenaufteilung ausgewertet. Innerhalb des dicht besiedelten, etwa 1.800 ha großen, Stadtgebietes werden knapp 182 ha (10,1%) als innerstädtische Verkehrsflächen geführt. Insgesamt wurden drei Luftbilddatensätze von 2020-2022 untersucht. Zwei Befliegungen in 2020 und 2022 wurden an jeweils einem Mittwoch durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 15.862-16.792 Fahrzeuge (davon 13.987-14.511 in der Klasse „Car“ bzw. „Pkw“) erkannt, die eine Gesamtfläche von 17,5-18,2 ha in Anspruch nahmen. Somit nehmen allein parkende Fahrzeuge eine Fläche von 9,6-10,0 % der Verkehrsflächen in Anspruch, was in etwa 1,0 % des Stadtgebietes entspricht. Bei der an einem Sonntag durchgeführten Befliegung in 2021, wurden im gleichen Gebiet 10.315 Fahrzeuge (davon 8.807 „Pkw“) erkannt, die eine Fläche von 13,1 ha in Anspruch nahmen. An diesem Sonntag nahmen die Fahrzeuge nur 7,2 % der Verkehrsflächen in Anspruch, was bezogen auf das Stadtgebiet 0,7 % sind. Im nächsten Schritt wurden die Fahrzeuge herausgefiltert, die sich zum Zeitpunkt der Befliegung in Bewegung auf der Fahrbahn befanden. Beim Datensatz von 2020 wurden dabei 8 % (1.277 Fahrzeuge) herausgefiltert, beim Datensatz von 2021 dagegen 14 % (1.412 Fahrzeuge) und beim Datensatz von 2022 wurden 17 % (2.854 Fahrzeuge). Die resultierenden Werte für die Flächeninanspruchnahme reduzieren sich auf 8,5 % der Straßenverkehrsflächen in 2020, auf 6,4 % der Straßenverkehrsflächen in 2021 und auf 9,0 % der Straßenverkehrsflächen in 2022.

In einem weiteren Schritt wurde der „ruhende Verkehr auf Fahrbahnflächen“ und der „ruhende Verkehr auf Nebenflächen“ differenziert. Die Auswertung der Luftbilder ermöglicht hierbei nun eine flächenhafte Auswertung für das Stadtgebiet. Ergebnis der GIS-Analyse war dabei, dass innerhalb der Stadt Landsberg am Lech ca. 2,8 ha (jeweils in den Daten von 2020, 2021 und 2022) des Straßenraums durch den oberirdisch ruhenden Verkehr, d.h. zum Parken beansprucht werden. Dies entspricht einem Anteil von 18,4 % (2020), 24,3 % (2021) bzw. 17,4 % (2022) der Gesamtflächeninanspruchnahme des oberirdisch ruhenden Verkehrs über das dicht besiedelte Stadtgebiet.

Die statistische Größe des „oberirdisch ruhenden Verkehrs auf der Fahrbahn“ ist vor allem für die Verkehrsplanung und Stadtentwicklung interessant, weil Längsparker ein Potential zur Umverteilung des zur Verfügung stehenden Straßenraums für die Radverkehrsinfrastruktur darstellen. Die Flächeninanspruchnahme durch längsgeparkte Fahrzeuge auf der Fahrbahn stellt einen interessanten Wert



dar, der bisher lediglich in einzelnen Straßenzügen erhoben werden konnte. Alternativ könnten zur Gewinnung von Radwegen beispielsweise Grünstreifen umgewandelt werden, was sich allerdings ungünstig auf das städtische Klima auswirken könnte.

Durch die Auswertung der erkannten Fahrzeuge in Nutzungsklassen, können auch interessante weitere Erkenntnisse über deren Verteilung im städtischen Raum gewonnen werden. Zum Beispiel wurde in den letzten Jahren eine zunehmende Zahl an Wohnmobilen festgestellt, die an einzelnen Hotspots im Straßenraum abgestellt werden. Über die drei Jahre variierte die Zahl auf der Fahrbahn abgestellter und erkannter Wohnmobile von 58 (in 2020) über 36 (in 2021) zu 54 Fahrzeugen (in 2022). Gesamtstädtisch betrachtet, stellt die Anzahl dieser Fahrzeuge aktuell kein Problem dar.

### 3.3 Erkennen von Hitzeinseln im Stadtgebiet

Thermalaufnahmen, die an heißen Sommertagen erfasst werden, können zur Erkennung von Hitzeinseln im Stadtgebiet genutzt werden. Jeder Bildpunkt der Thermalaufnahme repräsentiert dabei die Oberflächentemperatur an der aufgenommenen Stelle. Während der Befliegungstage wurden zudem Temperatursensoren an vereinzelt Dachflächen ausgebracht, die als Referenzwerte genutzt wurden. Mit räumlichen Analysen werden komplexe Zusammenhänge sichtbar. Eine statistische Clusteranalyse macht räumliche Muster in der Hitzeverteilung in der Stadt sichtbar. Ähnliches kann anhand der Verteilung des Baumbestands untersucht werden. Ein Vergleich der beiden Clusteranalysen zeigt, wie der Baumbestand zur Kühlung des Stadtgebietes beiträgt. Stadtteile mit wenigen Grünstrukturen heizen sich dagegen deutlich stärker auf (Abbildung 2, Industriegebiet links oben).

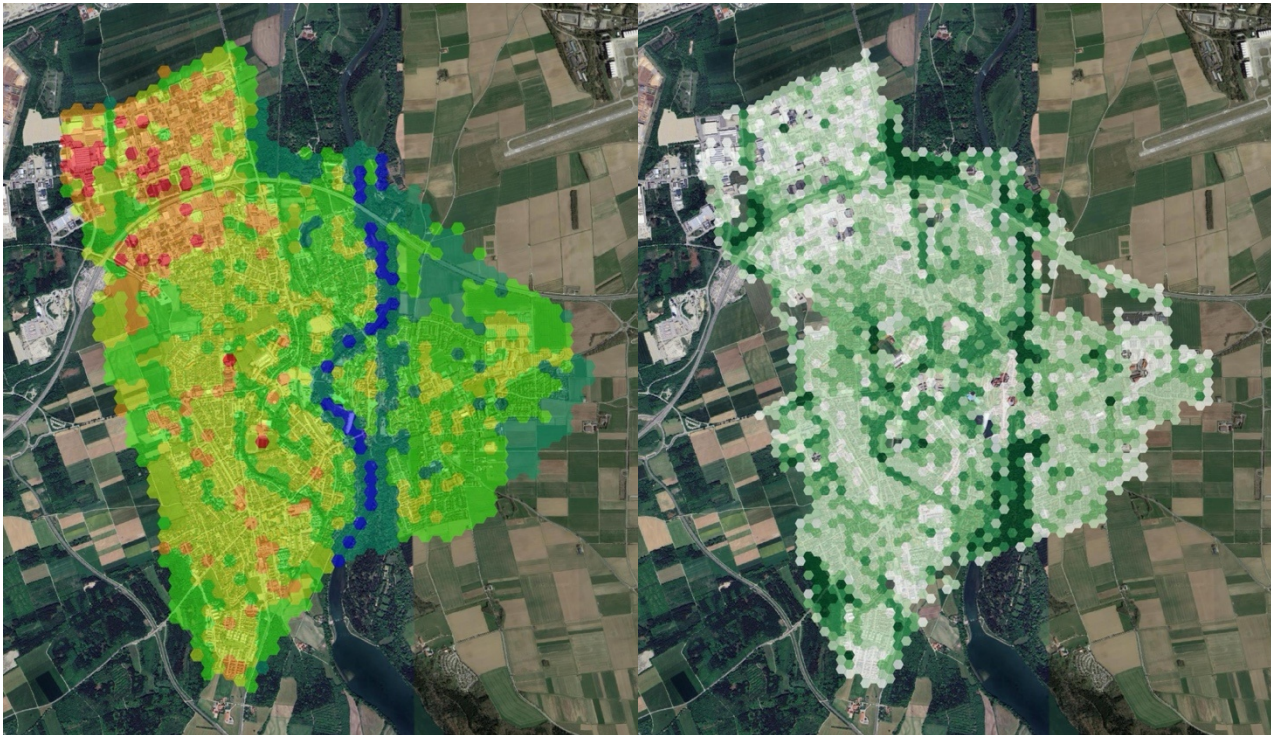


Abb. 2: Temperaturunterschiede innerhalb des Stadtgebietes an einem warmen Sommertag (links), Density-Analyse der erkannten Grünstrukturen über das Stadtgebiet (rechts) (3D RealityMaps 2024)

Auch Straßenverkehrsflächen wurden im Hinblick auf deren thermale Wirkung analysiert. Die Auswertung des Thermalbildes liefert hierzu Informationen, welche Straßenzüge sich an einem warmen Sommertag wie stark aufheizen. Neben der versiegelten Straßenverkehrsfläche selbst, tragen auch die oberirdisch abgestellten Fahrzeuge zur Aufheizung der Umgebung bei. Die kombinierte Auswertung der Thermalinformation der Straßenverkehrsflächen und den Grünstrukturen macht die Abhängigkeiten deutlich: Straßenbegleitgrün in Form von Alleebäumen trägt zur deutlichen Kühlung der Straßenverkehrsflächen bei. Straßenzüge und Straßenverkehrsflächen ohne, beziehungsweise mit wenig begleitenden, Grünstrukturen heizen sich dagegen deutlich stärker auf (Abbildung 2,3). Aus Sicht des Stadtklimas ist es wichtig, bestehende Grünflächen zu erhalten, da sie sich positiv auf die Umgebung auswirken. Eingriffe in diese Grünflächen oder deren Entfernung sollten so weitwie möglich vermieden werden. Thermaldaten, die die

Temperaturen in der gesamten Stadt zeigen, können dabei helfen, Flächen zu erkennen, die entsiegelt werden könnten – also Bereiche, wo Asphalt oder Beton entfernt werden kann, um neue Grünflächen zu schaffen und das Stadtklima zu verbessern.

Beim Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur zeigen die ausgewerteten Daten, dass Parkplätze entlang der Straßen reduziert werden könnten, um Platz für Radwege zu schaffen. Diese flächendeckende Analyse bildet die Grundlage für eine stadtweite Strategie, die zu einer neuen Aufteilung des Straßenraums in den betroffenen Straßen führen kann.



Abb. 3: Erkannter oberirdischer Verkehr und dessen Verteilung auf die Straßenverkehrsflächen als Heatmap (links), Auswertung von Thermalinformationen der Straßenverkehrsflächen (rechts). Grün: kühl – rot: heiß (3D RealityMaps 2024)

## 4 DIGITALER ZWILLING

Die TwinCity3D-Plattform ist die Basis des räumlichen digitalen Zwillings von Landsberg am Lech. Hier werden alle Geodaten zusammengeführt. Basis ist ein aus den Luftbildern berechnetes naturgetreues 3D-Stadtmodell mit seinem niedrigen Abstraktionsgrad, es ermöglicht ein besseres Verständnis der räumlichen Zusammenhänge im Stadtgebiet. Gleichzeitig dient die Plattform als Visualisierungsebene für unterschiedlichste Geodaten und die Analyseergebnisse. In der Planungsebene wird schließlich ein Blick in die Zukunft geworfen: Bauplanungen werden als 3D-Objekte in das städtische Umfeld eingesetzt und können so besser beurteilt werden. Der Digitale Zwilling dient als praktisches Planungswerkzeug, das Mitarbeitende der Stadtverwaltung künftig selbstständig im Arbeitsalltag nutzen sollen.

### 4.1 Ein virtuelles 3D Stadtmodell als Basis für den digitalen Zwilling

Die aktuellste Luftbildbefliegung und das daraus berechnete 3D-Mesh-Modell bildet die Grundlage der TwinCity3D-Plattform. Es dient als Orientierungshilfe und ist so detailliert, dass sich auch Menschen ohne Fachwissen leicht darin zurechtfinden können. Da das Modell mit Geokoordinaten und einer Datenbank mit zusätzlichen Informationen verbunden ist, lassen sich alle wichtige Orte und Daten im virtuellen 3D-Stadtmodell genau dort anzeigen, wo sie sich in der realen Stadt befinden. Die TwinCity3D-Anwendung hat einen Splitscreen-Modus, in dem einfach zwischen dem 3D-Mesh-Modell und dem abstrakten CityGML-Modell hin- und hergeschaltet werden kann (Abbildung 4).

Das CityGML-Modell liegt im Level-of-Detail-2 (LOD2) vor, d.h. es handelt sich um ein Blockmodell mit Standarddachformen (KOLBE 2008:3) und wird vom Bayerischen Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) im Rahmen der OpenData-Strategie zur Verfügung gestellt. Verschiedene Datenebenen können, nach Themen organisiert, einzeln angeschaltet werden. Der mittels KI erfasste Baumbestand kann in der Planungsansicht in einer vereinfachten Darstellung in Form von abstrahierten Bäumen mit korrekter Höhe und Kronendurchmesser visualisiert werden. Die Datenbank kann nach



verschiedenen Informationen abgefragt werden, wie zum Beispiel nach Baumhöhen, Laub- und Nadelbäumen oder nach Zuständigkeit gemäß Amtsstruktur (Abbildung 5).

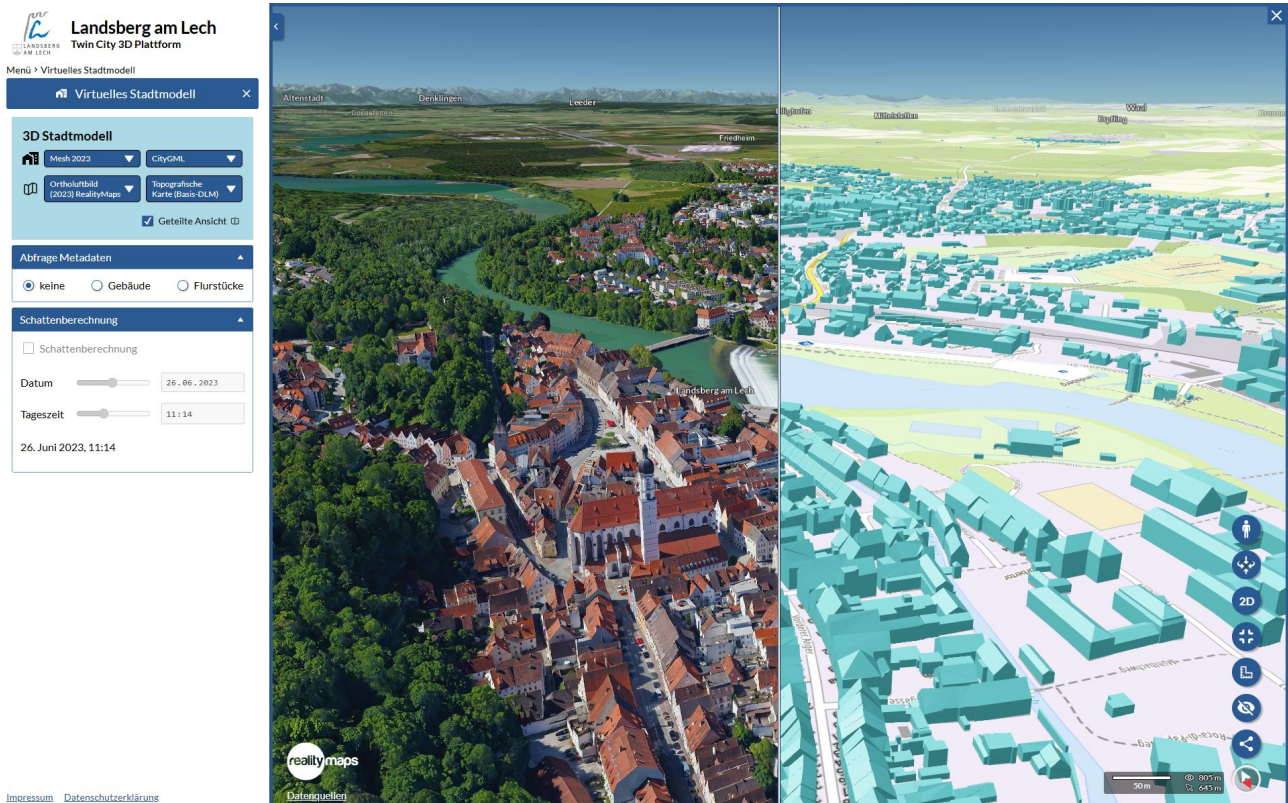


Abb. 4: Benutzeroberfläche der TwinCity3D-Plattform im Splitscreen-Modus (RealityMaps 2024)

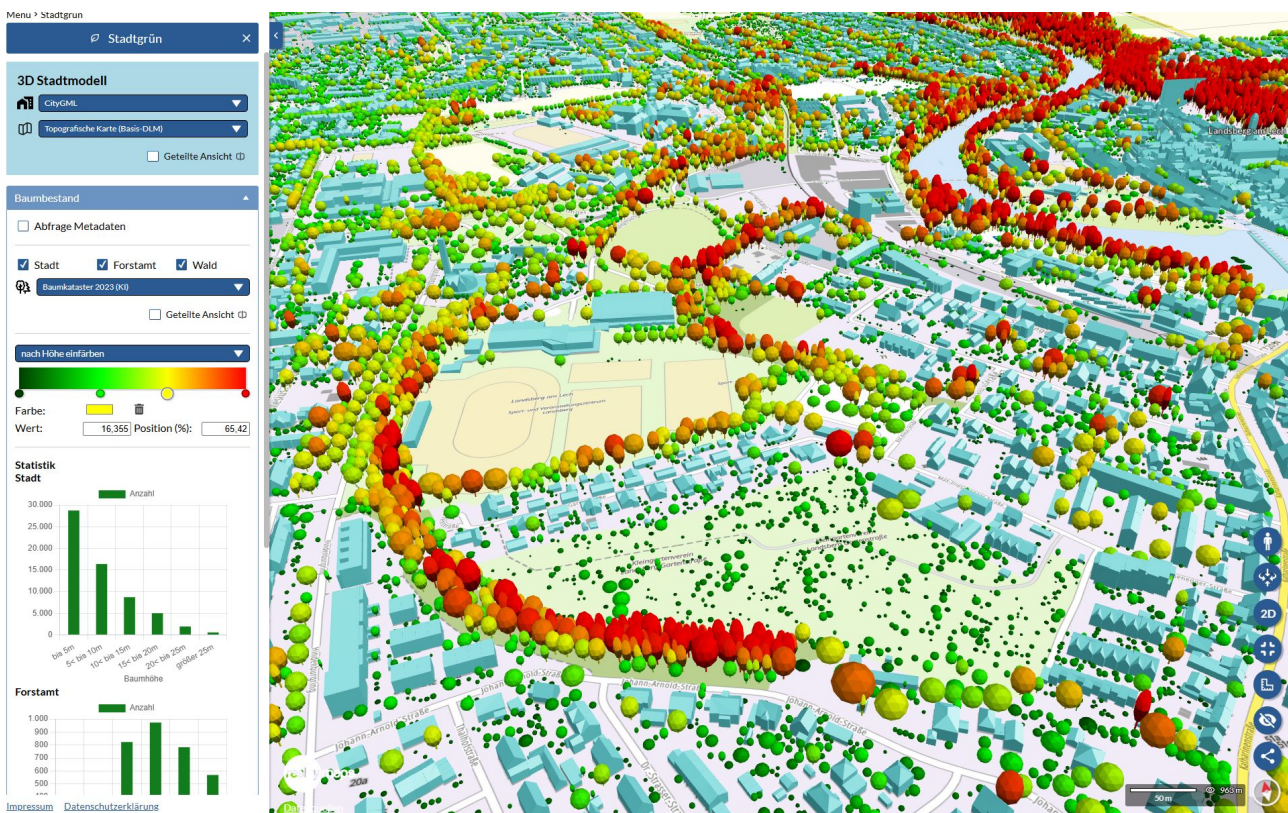


Abb. 5: Anzeige des mittels KI erfassten Baumbestands mit farblicher Unterscheidung von Höhenklassen

Ergebnisse von GIS-Analysen können als 2D-Kartenebenen überblendet werden. Aktuell sind erste Heatmaps mit Thermalinformationen, Baumdichten oder Infos zum oberirdisch ruhenden Verkehr verfügbar.



Durch die halbtransparente Überblendung im virtuellen 3D-Meshmodell werden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Phänomenen im räumlichen Kontext sicht- und begreifbar.

Wiederholte Luftbildbefliegungen helfen zeitliche Veränderungen sichtbar zu machen und den Erfolg von planerischen Maßnahmen zu überprüfen. Der digitale Zwilling wird so zu einem Monitoring-Tool, mit dem gewollte und ungewollte Veränderungen schnell erkannt werden können. Der Vergleich von Luftbildern aus verschiedenen Jahren hilft zum Beispiel die Entwicklung des Stadtgrüns zu überwachen. Eine wiederholte Analyse der Grünstrukturen über mehrere Jahre lässt qualitative und quantitative Vergleiche zu. Die nachfolgende Abbildungsreihe zeigt die Orthofotos von Luftbilddaten aus 2020 und 2023 im Vergleich. Das Ergebnisbild der Differenzanalyse (rechts) zeigt die Veränderungen in einem Spektrum von blau (Zuwachs) über gelb bis rot (Verluste). Im unten gezeigten Bildausschnitt wurden mehrere Bäume und Büsche im Zuge einer Umgestaltung des Gartens gefällt. Auch ein Alleebaum wurde wegen Krankheitsbefall gefällt (Abbildung 6). Anhand einer Differenzanalyse wird es erstmalig möglich auch kleinste Veränderungen im gesamten Stadtgebiet automatisiert zu erkennen.



Abb. 6: Durch die vergleichende Auswertung von multitemporalen Luftbildern können zwischenzeitliche Veränderungen beobachtet und festgehalten werden: hier ein Ausschnitt von 2020, 2023 und das Ergebnis der Differenzanalyse).

## 4.2 Planungsebene

Das 3D-Mesh-Modell und das CityGML-Modell sind zwei verschiedene Arten, eine Stadt darzustellen. Beide haben ihre eigenen Vor- und Nachteile und werden je nach Bedarf eingesetzt. Das Mesh-Modell zeigt die Stadt sehr detailliert und realitätsnah. Es eignet sich besonders gut, wenn es um eine hohe visuelle Qualität und die schnelle, genaue Erkennung von Gebäuden und Orten geht. Das CityGML-Modell ist abstrakt und weniger detailliert. Dafür eignet es sich besser für Planungen und Simulationen, bei denen abstrakte Darstellungen ausreichen. Ein Beispiel dafür ist die Schattensimulation in der TwinCity3D-Plattform: Hier kann durch die Eingabe von Datum und Uhrzeit visualisiert werden, wie Schatten im Stadtgebiet fallen und welche Auswirkungen diese haben.

Die TwinCity3D-Plattform bietet eine Importfunktion, um 3D-Modelle von Bauplanungen in verschiedenen Formaten wie zum Beispiel XPlan einzulesen und im virtuellen 3D-Stadtgebiet visualisieren zu können. Durch den Beschluss des IT-Planungsrates wurde festgelegt, dass alle Bebauungspläne künftig im Datenstandard XPlanung (XPlanGML) erstellt werden müssen. Das sorgt dafür, dass die Pläne einheitlich aufgebaut sind und leichter ausgetauscht werden können. Die TwinCity3D-Plattform kann XPlanGML-Dateien einlesen. Bebauungspläne legen als rechtliche Vorgaben fest, wo und wie gebaut werden darf. Damit man besser verstehen kann, wie sich diese Vorgaben räumlich auswirken, wird das Import-Tool der TwinCity3D-Plattform die Inhalte der Bebauungspläne in 3D umwandeln. So werden Baugrenzen, Baulinien, die erlaubte Höhe von Gebäuden oder die Anzahl der Stockwerke direkt im Digitalen Zwilling sichtbar.

3D-Modelle, wie sie von Architekten und Bauplanern erstellt werden, können ebenfalls importiert werden. Da es sich hierbei um extern erstellte CAD-Konstruktionen handelt, wird eine Checkliste vorbereitet, wie diese Dateien vorbereitet werden müssen, dass ein Import und eine korrekte Darstellung in TwinCity3D möglich ist. Wenn die 3D-Modelle ohne Geokoordinaten vorliegen, dann kann das 3D-Modell vom Nutzer interaktiv im Stadtmodell positioniert werden. Für erste Überlegungen zu Bauvorhaben wird weiterhin ein dreidimensionales Konstruktionstool in der TwinCity3D-Plattform bereitgestellt. Anhand eines Polygons kann das 3D-Meshmodell beschnitten und geplättet werden um wie im physischen Modellbau – eine



Bodenplatte zu erzeugt, auf der verschiedene einfache Baukörper platziert und dimensioniert werden können. Der Vorteil dieses Planungswerkzeuges liegt auf der Hand: Bei Überlegungen zur städtebaulichen Entwicklung können einfach und schnell verschiedene Szenarien im realen Umfeld simuliert werden.



Abb. 7: Import eines Bebauungsplans im XPlan-GML-Format in der Planungsebene (RealityMaps 2024)



Abb. 8: Der Digitalen Zwilling als immersive VR-Anwendung

Das 3D-Modell kann mit Hilfe der TwinCity3D-Plattform auch als Virtual-Reality-Anwendung (VR) erkundet werden. Dabei erleben Nutzer die Stadt in einer virtuellen Umgebung, die einen realistischen Spaziergang ermöglicht. Durch die detailgetreue 3D-Darstellung wird es einfacher, die digitalen Inhalte mit der echten Stadt zu verbinden. Im Vergleich zu statischen 2D-Plänen oder einzelnen gerenderten Ansichten bietet die TwinCity3D-Plattform mehr Flexibilität: Der Standort kann frei gewählt und verschiedene Planungsoptionen können interaktiv diskutiert werden. Dies greift das Konzept der „Echtzeitplanung“ (ZEILE 2010) auf und entwickelt es weiter. So wird die Bewertung neuer Bauvorhaben hinsichtlich Größe,



Wirkung und Integration transparenter und verbessert insgesamt die Kommunikation im Planungsprozess (STREICH 1996).

## 5 FAZIT UND AUSBLICK

Mit dem mFUND-Forschungsprojekt „TwinCity3D“ sind eine Vielzahl neuer Erkenntnisse für die Stadt Landsberg am Lech erarbeitet worden, die in den Anwendungsbereichen Stadtplanung, Klimaschutz und Klimaanpassungsplanung Verwendung finden. Das neue System zur Erfassung von Geodaten aus der Luft eröffnet völlig neue Möglichkeiten für die Analyse städtischer Strukturen. So kann das städtische Baumkataster um Daten zu Grünflächen auf nicht-städtischem Gelände ergänzt werden, was eine Gesamtbilanz des Grünvolumens und eine CO<sub>2</sub>-Berechnung ermöglicht. Auch der Platzbedarf des ruhenden Verkehrs kann für die gesamte Stadt erfasst und in GIS-Analysen statistisch ausgewertet werden. Mithilfe einer umfassenden Analyse der Zusammenhänge zwischen Verkehrsflächen, Grünstrukturen und Wärmeentwicklung lassen sich fundierte Planungsgrundlagen für eine nachhaltige Stadtentwicklung schaffen. Regelmäßige Befliegungen machen die Plattform zu einem effizienten Monitoring-Tool für langfristige Stadtplanungsprozesse. Zudem sollen die entwickelten Methoden es kleineren Städten ohne umfassende Smart City-Strategie ermöglichen, kostengünstige Geodaten für die Stadtentwicklung einzusetzen. Die in die TwinCity3D-Plattform integrierte Planungsebene macht es einfacher, städtische Planungen anschaulich darzustellen und verständlich zu erklären. Für eine nachhaltige Stadtentwicklung und Mobilitätsplanung ist es entscheidend, Geodaten zu erfassen, auszuwerten und aufzubereiten – in Zukunft wird das wohl eine Pflichtaufgabe in der Stadtplanung sein. Nur mit einer soliden Datenbasis können Planungen und politische Entscheidungen nachvollziehbar und transparent gestaltet werden. Objektive Fakten helfen dabei, persönliche Meinungen oder Gefühle zu ergänzen. Das führt zu mehr Verständnis bei Bürgerinnen und Bürgern sowie im Stadtrat und stärkt das Vertrauen in Planungen und politische Entscheidungen.

## 6 DANKSAGUNG/FÖRDERHINWEIS

Der vorliegende Beitrag entstand im Zuge des darin vorgestellten Forschungsvorhabens „TwinCity3D – Entwicklung einer geodatenbasierten “TwinCity3D”-Plattform und KI-Analysetools zur Unterstützung einer umweltfreundlichen Stadt- und Verkehrsplanung“, welches im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND des BMDV gefördert wird. Die Autoren bedanken sich beim mFUND und dem BMDV für die Förderung und beim TÜV Rheinland für die inhaltliche und organisatorische Unterstützung.

Über den mFUND des BMDV: Im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND fördert das BMDV seit 2016 datenbasierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte für die digitale und vernetzte Mobilität 4.0. Die Projektförderung wird ergänzt durch eine aktive fachliche Vernetzung zwischen Akteuren aus Politik, Wirtschaft, Verwaltung und Forschung und durch die Bereitstellung von offenen Daten auf dem Portal mCLOUD. Weitere Information finden Sie unter [www.mFUND.de](http://www.mFUND.de)

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- KOLBE, Thomas, H.: CityGML, KML und das Open Geospatial Consortium, in Schilcher, Matthäus: Tagungsband zum 13. Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme, TU München, München 2008.
- RealityMaps, (2024). TwinCity3D: <https://www.realitymaps.de/forschung-twincity3d/> München, 2024.
- STREICH, Bernd: Town Planning in Change: Form follows Digital Function & Medial Experimental Design work in Architecture and Urban Planning, Kongressbeitrag, 19. Internationaler Kongress der Union of Architects (UIA), Barcelona, 1996.
- ZEILE, Peter: Echtzeitplanung: Die Fortentwicklung der Simulations- und Visualisierungsmethoden für die städtebauliche Gestaltungsplanung, Dissertation im Fachbereich Architektur, Raum- und Umweltplanung, Bauingenieurwesen (ARUBI), TU Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2010.