

Ein Ultraleichtflugzeug, Luftbilder, KI-Algorithmen und Geofach- und Geosachdaten – wie in Landsberg am Lech durch den Einsatz neuer Technologien ein digitaler Zwilling für die Stadt-, Klimaanpassungs- und Mobilitätsplanung aufgebaut wird

Daniel Broschart, Marina Fischer, Julson Jubanski, Florian Siegert

(Dr. Daniel Broschart, Referat Digitaler Zwilling, Klimaschutz und Mobilität, Stadt Landsberg am Lech, Katharinenstraße 1, 86899 Landsberg am Lech, daniel.broschart@landsberg.de)

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

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

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

DOI: 10.48494/REALCORP2024.7034

1 ABSTRACT

Bei der Entwicklung umweltverträglicher Mobilität und der Erreichung gesetzter Klimaziele haben Kommunen einen erhöhten Informationsbedarf. Mit einer neuen Technologie werden kostengünstig ultrahoch aufgelöste Multisensor-Luftbilddaten erhoben, die neue Informationen für eine nachhaltige Stadt- und Verkehrsplanung liefern. Zur Datenanalyse werden neue KI-basierte Algorithmen entwickelt, um das Potenzial dieser neuen “big data” Datenquellen vollumfänglich nutzen zu können.

Ziel dieses Forschungsprojektes ist die raum-zeitliche Analyse flächendeckender Multisensor-Luftbilddaten und die Entwicklung eines realitätsnahen, virtuellen 3D-Modells, das die Grundlage zum Aufbau eines “digitalen Zwillings” darstellt. Durch die Anreicherung und Verschneidung mit kommunalen Geobasis- und Geofachdaten wird eine “TwinCity3D”-Plattform entwickelt, welche Planungsprozesse im städtischen und ländlichen Raum wesentlich verbessert. Verschiedene Szenarien der Stadt-, Klima- und Verkehrsplanung werden untersucht und Forschungsfragen beantwortet.

Mit Hilfe KI-basierter Algorithmen werden aus multitemporalen ultrahoch aufgelösten Luftbildern flächendeckend neue Informationen gewonnen. Dazu zählt die detaillierte Analyse des Stadtklimas über mehrere Jahre im Zusammenspiel von Verkehr, Bebauung und Stadtgrün sowie die Identifikation von Wärmeverlusten über Dachflächen. Die KI-basierte multitemporale Analyse des ruhenden Verkehrs im Stadtgebiet und Bilanzierung des Parkflächenverbrauchs liefert neue Informationen für eine künftige Mobilitätsplanung. Die Analyse und das Monitoring des Stadtgrüns führt zu neuen Erkenntnissen in Hinsicht auf Stadtklima und CO₂-Klimabilanz.

Die zu entwickelnde Datenanwendung wird Kommunen neue Informationen bereitstellen. Ein dreidimensionaler “digitaler Zwilling des Stadtgebietes” bietet weitreichende und neue Analysemöglichkeiten. Darüber hinaus wird die “TwinCity3D”-Plattform als innovatives Werkzeug für den Einsatz in öffentlichen Beteiligungsverfahren aufgebaut.

Keywords: Geodatenplattform, KI-Algorithmen, digitaler Zwilling, Luftbilder, Thermalaufnahmen

2 GRUNDLAGEN UND PROJEKTDESIGN

2.1 Ein Ultraleichtflugzeug und ein neu entwickeltes Kamerasystem

Im Rahmen des mFUND-Förderprojektes “TwinCity3D”, welches im Sommer 2022 begonnen wurde und das eine Laufzeit bis Sommer 2025 hat, kommt das Ultraleichtflugzeug “Elektra One Solar” zum Einsatz, das von der Landsberger Firma Elektra Solar GmbH entwickelt wurde. Im Zuge des Vorgängerprojektes “ThermCity3D” wurde ein Kamerasystem entwickelt und verfeinert, das aus insgesamt fünf RGB-Kameras, einer Thermalkamera und einer Multispektralkamera besteht. Die gleichzeitige Anbringung der Kameraeinheiten ermöglicht die Erzeugung mehrerer Luftbildprodukte während eines einzigen Bildfluges.

Die Luftfahrzeugkategorie des Ultraleichtflugzeuges bietet sowohl gegenüber konventionellen Luftaufnahmen als auch gegenüber Drohnen Vorteile: Das Ultraleichtflugzeug kann auf einer Flughöhe von 300 m eingesetzt werden, auf diese Weise können mit den Kameras aus dem semiprofessionellen Bereich hochaufgelöste Luftbildprodukte erzeugt werden. Bei dem Luftraum um 300 m Höhe über Boden wird der Überflugbereich genutzt. Eine Einverständniserlaubnis einzelner Grundstückseigentümer oder Nutzungsberechtigte, wie sie beispielsweise beim Drohneneinsatz bis 120 m erforderlich wäre, kann beim Einsatz des Ultraleichtflugzeuges entfallen. Da die “Elektra One Solar” zudem auch elektrisch angetrieben

Ein Ultraleichtflugzeug, Luftbilder, KI-Algorithmen und Geofach- und Geosachdaten – wie in Landsberg am Lech durch den Einsatz neuer Technologien ein digitaler Zwilling für die Stadt-, Klimaanpassungs- und Mobilitätsplanung aufgebaut wird wird, reduzieren sich die antriebsbedingten Vibrationen auf ein Minimum und beeinflussen oder beeinträchtigen die Aufnahmequalität der montierten Kamerasystem nur wenig.



Abb. 1: Aus einem Bildflug können mehrere Luftbildprodukte erzeugt werden: RGB-True Orthofoto (links oben), Oberflächenmodell (rechts oben), Multispektralaufnahme (links unten), Thermalaufnahme (rechts unten) (3D RealityMaps 2022)

2.2 Luftbildprodukte und Befliegungsrhythmen

Für das Projekt TwinCity3D werden Aufnahmen des Stadtgebietes mit 5 cm Bodenauflösung erzeugt. Zwischen den Kriterien einer möglichst hohen Auflösung der Luftbildprodukte, einem sparsamen Umgang mit dem Akku des Ultraleichtflugzeugs und der zu erfassenden Gebietsausdehnung wurde so eine Kompromissentscheidung getroffen, die eine hohe Qualität der Neuerkenntnisse aus den Befliegungsdaten ermöglicht.

Die Befliegungen werden über die Projektlaufzeit von insgesamt drei Jahren mehrfach und zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt. Auf diese Weise können in Abhängigkeit des Anwendungsfalls unterschiedliche Fragestellungen untersucht bzw. beantwortet werden. Nicht jedes Luftbildprodukt lässt Aussagen zu jedem Themenbereich zu. Die Thermalaufnahmen aus den Sommermonaten können beispielsweise zur Detektion von Verdachtsflächen etwaiger Hitzeinseln im Stadtgebiet verwendet werden und können in Kombination mit den Multispektralaufnahmen neue Erkenntnisse über den Gesundheitszustand von Stadtgrünstrukturen liefern. Die Ergebnisse der Winterbefliegung werden dagegen unter anderen Voraussetzungen verwendet. Im Rahmen der Pflichtaufgabe zur Erstellung einer kommunalen Wärmeleitplanung werden Analysen zur Annäherung des Wärmebedarfs innerhalb des Stadtgebietes getroffen. Die Thermalaufnahme in der Heizperiode kann hierzu Zusatzinfos beisteuern und so befasst sich

eine der gestellten experimentellen Forschungsfragen mit dem Ansatz, ob Wärmeverluste über Dachflächen erkannt und gegebenenfalls Annahmen zum Sanierungsstand von Gebäuden getroffen werden können.

2.3 Ein virtuelles Mesh-Modell des Stadtgebietes bildet die Grundlage für den digitalen Zwilling

Aufgrund unterschiedlicher äußerer Orientierungen, in diesem Fall Winkelpositionen, können die Luftbilder der fünf RGB-Kameras nach Abschluss des Bildfluges miteinander verrechnet werden. Im Zuge einer photogrammetrischen Berechnung kann das überflogene Stadtmodell als virtuelles 3D-Meshmodell gebildet werden. Das virtuelle 3D-Modell bildet die Basis zum Aufbau der TwinCity3D-Plattform. Das 3D-Modell allein besticht durch einen geringen Abstraktionsgrad und bildet das Stadtgebiet, sowie die grüne und blaue Infrastruktur realitätsnah ab. Die Orientierung und Navigation gelingt auch sogenannten “interessierten Laien”, d.h. Personen ohne explizite geographische oder planerische Ausbildung und Erfahrung im Kartenlesen, nach kurzer Einarbeitungszeit. Die Anwendung soll den Spieltrieb wecken und so können gemäß des Ansatz des “homo ludens” (STREICH 2011:217) planerische Inhalte auf spielerischem Wege platziert und durchaus ernste Themen kommuniziert, sowie politische Entscheidungen mit vorbereitet werden. Hierzu werden entsprechend der Forschungsfragen aus den verschiedenen Einsatzfeldern der zu entwickelnden TwinCity3D-Plattform zunehmend neue Ebenen designt und die Plattform fortentwickelt.



Abb. 2: Das virtuelle 3D-Meshmodell, erzeugt aus den RGB-Luftbildern (3D RealityMaps 2022)

2.4 Forschungsfragen

Für das Forschungsprojekt TwinCity3D wurden folgende Forschungsfragen formuliert, die im Laufe des Projektes bearbeitet werden:

- (1) Kann die regelmäßige Befliegung zum Zwecke eines Klimamonitoring verwendet werden?
- (2) Wie viele Fläche nimmt der oberirdisch ruhende Verkehr in Anspruch?
- (3) Kann das Stadtgrün detailliert erfasst werden?
- (4) Wie können Anwendungsszenarien in der Stadtplanung aussehen?
- (5) Wie kann der digitale Zwilling bei der Kommunikationsarbeit der Stadtverwaltung unterstützen?
- (6) Kann eine 3D-Visualisierung von Planungsszenarien die Transparenz und Beteiligung in Planungsprozessen verbessern?
- (7) Welche Aspekte des Datenschutzes sind berührt und wie kann hiermit umgegangen werden?

3 BISHERIGE ANALYSEN – NEUE ERKENNTNISSE ÜBER DAS STADTGEBIET

3.1 Kommunale Wärmeleitplanung und Wärmebedarf im Stadtgebiet

Mit der kommunalen Wärmeleitplanung wurde die Planung der Wärmeversorgung innerhalb des kommunalen Gebietes zur Pflichtaufgabe. In den kommenden Jahren müssen sich alle deutschen Kommunen auf den Weg begeben, eine solche Wärmeleitplanung durchzuführen. Die einzelnen Schritte der kommunalen Wärmeleitplanung sind im Wärmeplanungsgesetz (WPG) festgelegt.

Der digitale Zwilling kann hierbei an verschiedenen Stellen unterstützend zum Einsatz kommen und Infos und neue Erkenntnisse über das Stadtgebiet ermöglichen. Einer der ersten Schritte, der im Rahmen dieser neuen Pflichtaufgabe zu bewältigen ist, ist die Abschätzung des Wärmebedarfes innerhalb des Stadtgebietes. Da in Fall von Landsberg am Lech keine flächendeckenden Informationen zu Gebäudebaujahren vorliegen und Informationen über zwischenzeitliche Sanierungen im Regelfall nicht in den Verwaltungsapparat eingehen, wird im Zuge der Ermittlung des Wärmebedarfes eine Analyse des Stadtgebietes vorgeschaltet.

Zunächst wird ein stadtmorphologischer Ansatz gewählt, um die Entstehungsgeschichte des Stadtgebietes in zeitliche Epochen zu clustern. Dabei kommen einerseits historische Karten und Luftbilder zum Einsatz, andererseits werden die Ur-Bebauungspläne (spätere Änderungen innerhalb des gleichen Geltungsbereiches werden nicht berücksichtigt) der einzelnen Baugebiete dazu verwendet, um die Stadterweiterungen und Siedlungsentwicklungen abzubilden.

Die Cluster des Stadtgebietes werden hinsichtlich der Art der Flächennutzung in drei Klassen unterschieden:

- Wohnbauflächen
- Handel- und Gewerbeflächen
- Industrie- und Dienstleistungsflächen

Hierzu wird die vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) bereitgestellte tatsächliche Nutzung verwendet und die Nutzungsklassen gefiltert. Anschließend werden Entstehungsgeschichte und Art der Nutzung miteinander verschnitten.

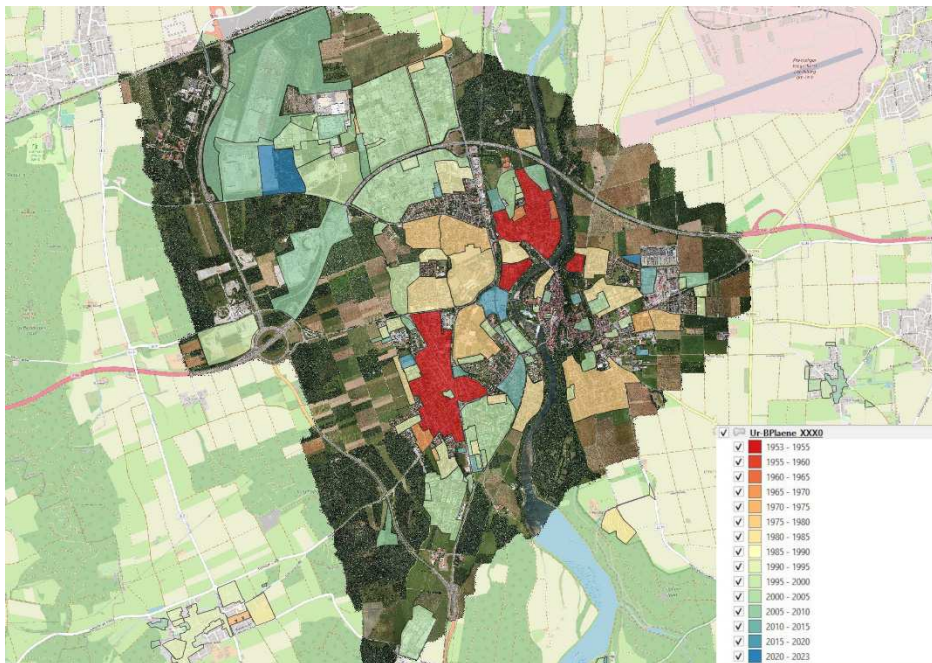


Abb. 3: Bebauungsplan-Analyse, Klassifizierung nach Datum der Rechtskraft (Stadt Landsberg am Lech 2024)

Um den Wärmebedarf abzuleiten, wird im Rahmen von TwinCity3D experimentell versucht, anhand der Gebäudefußabdrücke und des Volumens eine überschlägige Berechnung anzustellen. Im Zuge der kommunalen Wärmeleitplanung ist es im Weiteren erforderlich, Versorgungsgebiete zu identifizieren, diese räumlich abzugrenzen und Angebote der Art der Wärmeversorgung zuzuordnen. Auf diese Weise entsteht ein flächenfüllendes Mosaikgebilde über das Stadtgebiet, welches dieses in die vier Versorgungsklassen

- Wärmenetzgebiete

- Wasserstoffnetzgebiete
- Gebiete mit dezentraler Wärmeversorgung und
- Prüfgebiete

einteilt und Versorgerinnen, Versorgern, Planerinnen, Planern, Nutzerinnen und Nutzern eine Auskunft und mehr Planungssicherheit geben soll.

3.2 Erkenntnisse aus der durchgeführten Winterbefliegung

Die Luftbildprodukte aus der Befliegung während der Heizperiode liefern neue Erkenntnisse, die im Zuge der kommunalen Wärmeleitplanung eingespielt werden können. Die nachfolgende Abbildung zeigt die RGB-Aufnahme zweier benachbarter Baugebiete unterschiedlichen Entstehungsjahrzehnts und die Überlagerung der RGB-Aufnahme mit den Temperaturen auf den Dachoberflächen.



Abb. 4: RGB-Orthofoto aus dem Winter-Bildflug (links) und Überlagerung der Temperaturen an der Dachoberfläche (rechts) (RealityMaps 2023)

Während auf den östlich gelegenen Gebäuden der Schnee auf den Dachflächen zum Teil bereits geschmolzen ist, liegt der Schnee auf den Gebäuden im westlichen Bildausschnitt noch flächig. Die Überlagerung mit der Thermalaufnahme kann zur Verifizierung dieses Erstverdacht eingesetzt werden. Die Zahlen belegen, was bei der Ansicht der RGB-Aufnahme mit Schneebelag vermutet wurde: Auf den Dachflächen östlich kann eine höhere Oberflächentemperatur gemessen werden, als diese auf den westlichen Dachflächen festgesetzt werden kann. In diesem Stil können mehrere Bildausschnitte im Stadtgebiet identifiziert werden und dieses Beispiel zeigt zugleich, dass bereits die qualitative Interpretation eines RGB-Bildes Verdachtsflächen zu etwaigen Wärmeverlusten über Dachflächen zulassen kann. Beim Vergleich der Bauvolumina fällt auf, dass die Außenmaße der betrachteten Gebäude ähnliche Dimensionen aufweisen. Ein reiner Vergleich von Bauvolumina liefert für die kommunale Wärmeleitplanung nur einen theoretischen Wärmebedarf. Die Analyse des Stadtgebietes nach etwaigen Auffälligkeiten hinsichtlich Wärmeverluste über den Dachflächen, kann die Datenlage des Wärmebedarfes für die kommunale Wärmeleitplanung konkretisieren und Erkenntnisse zur späteren Dimensionierung von Versorgungsgebieten und Planung der Versorgungsinfrastruktur beitragen.

Die Auswertung der Temperaturverteilung auf den Dachoberflächen unter Berücksichtigung des Bebauungsplanjahrgangs zeigt auf, dass insbesondere bei Gebäuden älteren Baujahres, höhere Temperaturen festgestellt werden können. Das arithmetische Mittel aller analysierten Dachoberflächentemperaturen der Thermalaufnahme aus der Winterbefliegung beträgt -4° Celsius. Auf 10,5 % bzw. 168 Dachoberflächen der Gebäude aus rechtskräftigen Bebauungsplänen vor 1980 wurden Temperaturen über dem arithmetischen Mittel festgestellt.

Aus dem Gebäudebestand, der auf Basis von Bebauungspläne aus den Jahren 2010 bis 2020 entstanden ist, weisen dagegen lediglich 3 % bzw. 4 Dachoberflächen Temperaturen oberhalb des arithmetischen Mittels von -4° Celsius auf.

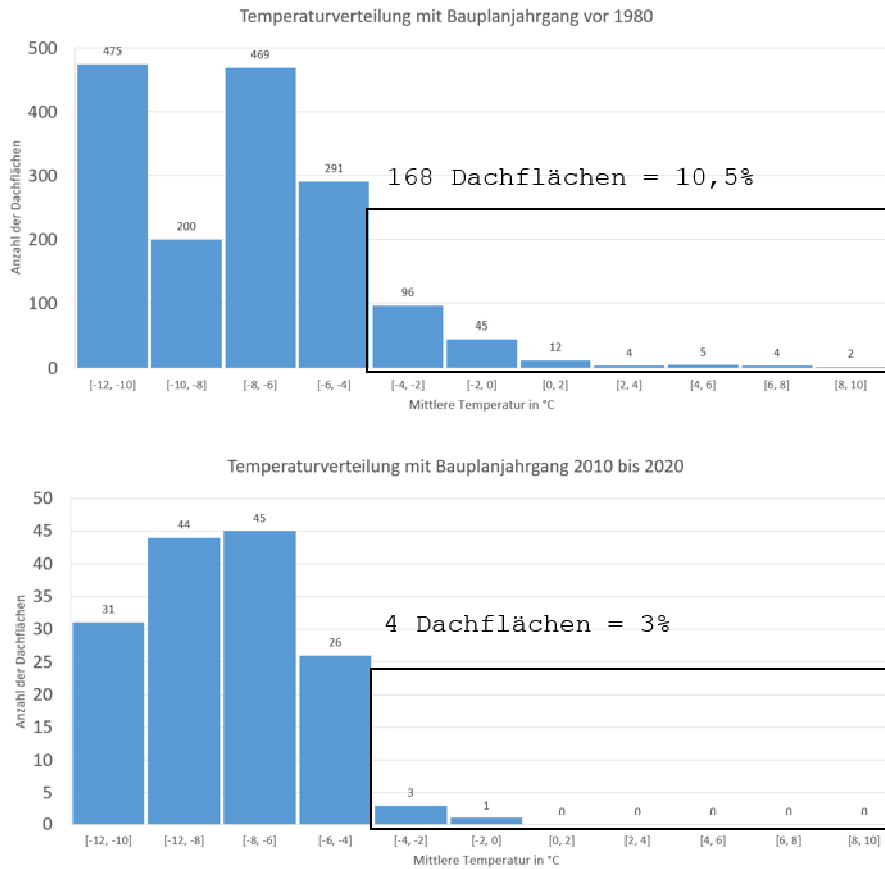


Abb. 5: Temperaturverteilung mit Bebauungsplanjahrgang (RealityMaps 2023)

Bei der Fokussierung auf die Dachoberflächen von Industriegebäuden können aufgrund der großflächigen Dachstrukturen auch Detailaussagen getroffen werden. Das nachfolgende Beispiel zeigt konkrete Wärmeverluste über Teildachflächen auf.

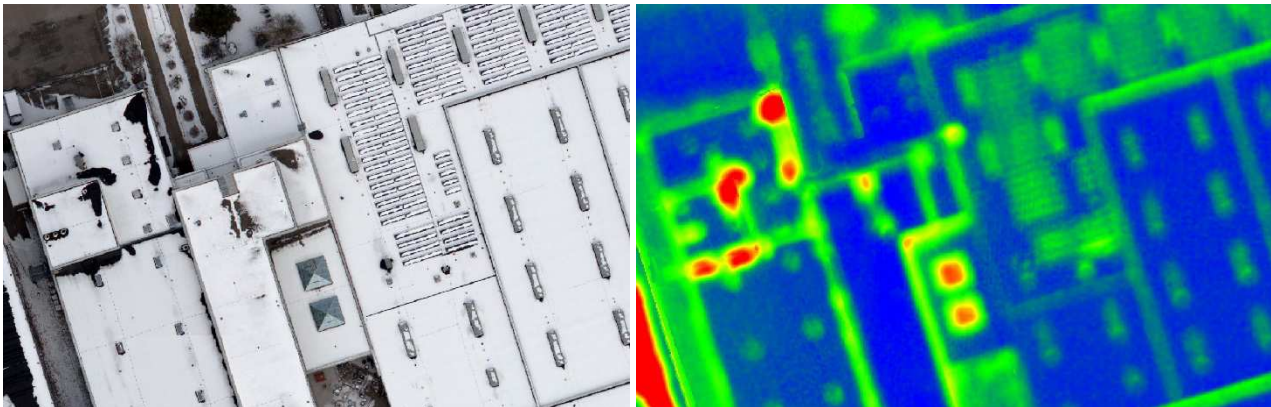


Abb. 6: Bei der vergleichenden Betrachtung der Dachflächen von Industriegebäuden anhand von RGB-Luftbild und Thermalaufnahme aus den Wintermonaten können Wärmeverluste identifiziert werden (RealityMaps 2023)

3.3 Einsatzmöglichkeiten bei der Energieversorgung – PV-Potenzial

Die Dachflächen des Stadtgebietes spielen bei einem weiteren Anwendungsfall für den digitalen Zwilling eine Hauptrolle: Sie verbergen ein Ausbaupotenzial für Photovoltaik- und Solaranlagen und somit zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien.

Die TwinCity3D-Plattform wird als Hybridstruktur aufgebaut und integriert neben dem fotorealistischen Meshmodell den vom LDBV bereitgestellten LOD2-Datensatz. Der LOD2-Datensatz bildet bei der Ermittlung des PV-Potenzials die Basis für den ersten Schritt der Analyse. Die Dachstrukturen des gesamten Stadtgebietes werden nach ihrer Ausrichtung klassifiziert und bilanziert.



Abb. 7: Auf Basis des virtuellen 3D-Stadtmodells ermitteltes PV-Potenzial, klassifiziert nach Dachausrichtungen (RealityMaps 2023)

Mittels trainierter KI-Algorithmen werden in den nächsten Analyseschritten Restriktionen ermittelt, die von der Gesamtdachfläche zu subtrahieren sind. Aus dem 3D-Meshmodell werden Dachteilflächen wie Gauben berechnet, die aufgrund ihrer Größe nur bedingt oder nicht zur Installation von PV-Anlagen geeignet sind. Aus den Luftbildprodukten der Sommerbefliegung (und somit keiner Beeinträchtigung durch Schnee) werden in einem weiteren Schritt die bereits installierten PV-Anlagen erkannt und bilanziert.

Die Flächenanalyse im GIS ermöglicht somit die Bilanzierung von Ausnutzungsgrad und dient dem Aufzeigen bisher ungenutzter PV-Potenziale. Da die Befliegung multitemporal, d.h. in regelmäßigen Abständen erfolgt, kann ein Monitoring über den Fortschritt des PV-Ausnutzungsgrades erzeugt werden. Der Vergleich der Luftbilder aus verschiedenen Jahren zeigt auf, wo Veränderungen stattgefunden haben und wo zwischenzeitlich PV-Anlagen errichtet wurden. Die erneute Durchführung der beschriebenen Analysen mittels Anwendung von KI-Algorithmen und Flächenbilanzierung im GIS erzeugt ein PV-Ausbaumonitoring und kann beispielsweise im Rahmen der Jahresberichterstattung des Klimaschutzreferates im politischen Gremium verwendet werden.

3.4 Stadtgrünstrukturen klassifizieren und die Anreicherung des Baumkatasters

Stadtgrünstrukturen nehmen eine bedeutende Rolle für das Mikroklima ein und können im Sinne der Umsetzung des Schwammstadtprinzips einen Beitrag als Retentionsflächen leisten. Um die Resilienz im Stadtgebiet zu fördern, können die Instrumente eines Entwicklungsplans für das Stadtgrün sowie ein Stadtgrünmonitoring unterstützend eingesetzt werden. Bevor es soweit ist und Maßnahmen abgeleitet werden können, ist jedoch zunächst eine umfangreiche Datenerhebung erforderlich.

Die Führung eines Baumkatasters gehört insbesondere aus Verkehrssicherungspflicht zu den städtischen Aufgaben. Inhalt des städtischen Baumkatasters ist die Erfassung derjenigen Bäume, die auf oder unmittelbar angrenzend an öffentlichen Wege- und Verkehrsflächen stehen. Informationen zu den Baumbeständen auf privaten Grundstücken und den Flächen der Forstverwaltung gehören nicht zu den Regelaufgaben des Baumkatasters. Für die Zwecke der Klimaanpassungsplanung sind weiterführende Informationen erforderlich. Aus diesem Grund wird im Rahmen von TwinCity3D ein Algorithmus zur Detektion von Bäumen fortentwickelt. Der KI-Algorithmus liefert einerseits den Stammmittelpunkt jeden Baumes > 2 Meter, andererseits auch den Kronendurchmesser sowie eine Typenunterscheidung in Laub- und Nadelbaum. Aus dem Oberflächenmodell werden die Höheninformationen mit einer Genauigkeit von +/- 1 Meter abgeleitet. Durch die Kombination dieser Informationen wird es zukünftig möglich sein, Annäherungen zum städtischen Grünvolumen, der Biomasse und schlussendlich der Speicherkapazitäten von Kohlenstoff innerhalb des Stadtgebietes berechnen und in einer Gesamtbilanz festhalten zu können.



Abb. 8: Per KI-Algorithmus erkannte Bäume (links) vs. im Baumkataster kartierte Bäume (rechts) (RealityMaps 2024)

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 liegt dabei bei > 94 %.

Der Vergleich der Luftbildinformationen aus verschiedenen Befliegungsdaten dient der Differenzanalyse, zwischenzeitlicher Aufwuchs oder entfernte Grünstrukturen können dokumentiert und im Sinne eines Stadtgrünmonitorings Veränderungen festgehalten werden.

4 DER PROTOTYP DER TWINCITY3D-PLATTFORM

4.1 Layerstruktur

Das jeweils aktuellste 3D-Mesh-Modell aus den Befliegungsdaten stellt die Grundlage der „TwinCity3D“-Plattform dar. Es dient als Navigationsebene und ermöglicht aufgrund des niedrigen Abstraktionsgrades finden sich auch sogenannte „interessierte Laien“ schnell zurecht und können sich innerhalb des Modells orientieren, weil bekannte Situationen schnell wiedererkannt werden. Zusätzlich lassen sich auf dieser ersten Ebene der TwinCity3D-Plattform Punktinformationen abrufen. Aufgrund der Kombination von Geokoordinaten und verknüpfter Datenbank mit Zusatzinformationen lassen sich Points-of-Interest an den Stellen im virtuellen 3D-Stadtmodell wiederfinden, wo sie sich in der Realität zuordnen lassen.

Im Kapitel weiter oben, in dem auf die PV-Potentialanalyse eingegangen wird, wurde bereits die Anlegung der TwinCity3D-Plattform in Hybridstruktur erwähnt. Das vom LDBV bereitgestellte CityGML-Modell des Gebäudedatensatzes im Level-of-Detail-2 (LOD2), d.h. als Blockmodell mit Standarddachformen (KOLBE 2008:3) kann als weitere Visualisierungsebene eingeblendet werden. Die mittels angewandtem KI-Algorithmus ermittelten Baumbestände können durch vereinfachte Darstellung in Höhe und Kronendurchmesser hinzugeschaltet und gemäß den Zuständigkeiten der städtischen Amtsstruktur in „Stadtgrün“ oder „Forstgrün“ unterschieden werden.

3D-Meshmodell und CityGML-Modell stellen unterschiedliche „Welten“ dar, die jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile bieten und je nach Anwendungsfall mit weiteren Geosach- und Geofachdaten angereichert werden können. Da das 3D-Meshmodell aufgrund des niedrigeren Abstraktionsgrades höhere visuelle Ansprüche erfüllt, eignet es sich besonders zur Navigation oder Anreicherung mit weiteren Themen, die schnell und korrekt zugeordnet werden müssen. Das CityGML-Modell weist einen wesentlich höheren Abstraktionsgrad auf und kann für Simulationen verwendet werden, die einen modellhaften Charakter aufweisen. Beispielsweise wurde in den aktuellen Prototypen der TwinCity3D-Plattform bereits eine Schattensimulation integriert, bei der Datum und Tageszeit eingestellt und die Auswirkungen des Schlagschattenverlaufes im Modell visualisiert werden können.

Die integrierte Funktion der „Split-Screen“-Ansicht vereint die beiden Welten schließlich wieder anhand eines dynamischen Schiebereglers, bei dem innerhalb des gewählten Bildausschnittes zwischen Mesh- und CityGML-Modell dynamisch gewechselt werden kann. Auf diese Weise kann eine parallele Navigation im fotorealistischen 3D-Meshmodell und im 3D-CityGML erfolgen, was wiederum den Vorteil einer schnellen Standort-Zuordnung des gerade im CityGML gezeigten Simulationsergebnisses erlaubt.

Zusätzliche Ergebnisse von GIS-Analysen können als 2D-Kartenebene überblendet werden. Aktuell sind erste Heatmaps mit Thermalinformationen, Baumdichten oder Infos zum oberirdisch ruhenden Verkehr verfügbar. Auch hier werden die Vorteile der Navigation im virtuellen 3D-Meshmodell ausgespielt: Durch die halbtransparente Überblendung können auch Laien eine unmittelbare Verknüpfung der zu transportierenden geostatistischen Info mit der räumlichen Situation herstellen.



Abb. 9: Benutzeroberfläche des TwinCity3D-Plattform-Prototypen (RealityMaps 2024)

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes ist vorgesehen, die TwinCity3D-Plattform um Importmöglichkeiten zu erweitern. So soll es zukünftig möglich sein, dass Mitarbeitende der Stadtverwaltung selbst Punkt-, Linien- und Flächeninformationen im Shape-Format zu integrieren. Um die Beurteilung von 3D-Informationen, wie beispielsweise Bauvorhaben, besser beurteilen zu können, ist zusätzlich eine Importfunktion für 3D-Inhalte vorgesehen. Die TwinCity3D-Plattform erweitert damit den digitalen Werkzeugkasten der Stadtverwaltung und soll bei der Kommunikationsarbeit von Sachverhalten im Alltag unterstützen.

Gerade bei den 3D-Aspekten verspricht sich das Forschungsteam einen Mehrwert durch die Ausspielung des niedrigen Abstraktionsgrades: Die Herausforderung der Transferleistung, die gezeigten Inhalte gedanklich mit der gebauten Realität zu verknüpfen, wird erleichtert. Gegenüber der Verwendung von gerenderten Einzelperspektiven oder zweidimensionalen Plänen kann in der TwinCity3D-Plattform der Standort frei gewählt und Planungsalternativen diskutiert werden. Auf diese Weise wird die Idee der „Echtzeitplanung“ (ZEILE 2010) aufgegriffen und fortentwickelt. Die Beurteilung eines geplanten Bauvorhabens im Hinblick auf räumliche Dimension, Wirkung und Einfügen wird transparenter und trägt so insgesamt zu einer Verbesserung der Planungs-Kommunikation bei (STREICH 1996).

4.2 Datenschutzaspekte

Der Datenschutz wird bereits in der ersten Projektphase berücksichtigt. Mit 5 Zentimetern ist die Bodenauf Auflösung der als Basis erzeugten Luftbilder so gewählt, dass beispielsweise Personen als solche erkannt werden können, eine Identifikation jedoch nicht möglich ist. Nummernschilder oder ähnliche personenbezogene Informationen können ebenfalls nicht identifiziert werden. Die Luftbilder liefern somit keine personenbezogenen Informationen. Verknüpfungen zu personenbezogenen aus Geosachdatenbanken, wie beispielsweise Eigentumsverhältnisse, sind im Rahmen des Forschungsprojektes nicht vorgesehen.

Ein Ultraleichtflugzeug, Luftbilder, KI-Algorithmen und Geofach- und Geosachdaten – wie in Landsberg am Lech durch den Einsatz neuer Technologien ein digitaler Zwilling für die Stadt-, Klimaanpassungs- und Mobilitätsplanung aufgebaut wird

Die Definition der Nutzerinnen- und Nutzergruppen der sich im Aufbau befindenden „TwinCity3D“-Plattform wurde im ersten Projektjahr vorgenommen. Aus diesen Angaben lassen sich Nutzungsansprüche und Verwendungsmöglichkeiten bestimmen und in der Folge Anforderungen ableiten. Die Stadtverwaltung übernimmt dabei die Aufgabe der Datenaktualisierung, der Auswertung eingehender Informationen und bereitet Analyseergebnisse für politische Gremien oder Beteiligungsveranstaltungen vor. Die „Vollversion“ der „TwinCity3D“-Plattform wird deshalb zukünftig der Stadtverwaltung zugesprochen.

Informationen die bedenkenlos und ohne vertiefenden Erklärungsbedarf öffentlich zugänglich gemacht werden können, wird eine öffentliche Version der „TwinCity3D“-Plattform entwickelt. Diese Version soll ohne Login- bzw. Passwortschutz bereitgestellt werden.

Zwischen diesen beiden Extremen ergeben sich noch vielfältige Anwendungsfälle, für die maßgeschneiderte Lösungen erforderlich werden können. Über ein Layerrechtenmanagement sollen zukünftig auch Zwischenversionen entstehen können, so dass auch einzelne Layer aus der Vollversion zugeteilt werden können, um beispielsweise Varianten eines Bauvorhabens, in Form von virtuellen 3D-Modellen, diskutieren zu können und politische Entscheidungen herbeizuführen. Gleiches gilt im Rahmen der Vorbereitung von Beteiligungsverfahren wie sie aus der Bauleitplanung bekannt sind. Eine Importmöglichkeit für XPlanGML-Datensätze wird vorbereitet und kann zukünftig unterstützend zum Einsatz kommen.

5 FAZIT UND AUSBLICK

Nach gut der Hälfte der Projektlaufzeit wurden in „TwinCity3D“ einige Meilensteine bereits erreicht. Datenschutzrechtliche Aspekte wurden frühzeitig bearbeitet, eine strategische Strukturierung gemäß der zukünftigen potenziellen Nutzergruppen definiert, erste Befliegungen durchgeführt und die Luftbildprodukte sowie KI-Algorithmen fortentwickelt und analysiert. Hieraus sind neue Erkenntnisse über das Stadtgebiet von Landsberg am Lech entstanden, die in den Anwendungsbereichen des Klimaschutzes, der Klimaanpassungsplanung, sowie dem Stadtgrünmanagement Verwendung finden werden. Für den weiteren Projektverlauf stehen noch einige Meilensteine aus, über die die aktuell noch prototypisch vorliegende TwinCity3D-Plattform zunehmend fortentwickelt und verfeinert wird. Das spätere Produkt soll es auch Klein- und Mittelstädten ohne umfassende Smart City-Strategie ermöglichen, kostengünstig Mehrwerte aus diesem Bereich mittels neuer Technologien zu erzeugen. Eine Wegeentscheidung zwischen 3D-Meshmodell oder 3D-CityGML-Ansatz ist aus Sicht des Projektteams zukünftig nicht mehr zwingend erforderlich, da eher das Beste aus beiden 3D-Welten genutzt und zusammengeführt werden sollte.

6 DANKSAGUNG, FÖRDERHINWEIS

Der vorliegende Beitrag entstand im Zuge des darin vorgestellten Forschungsvorhabens „TwinCity3D – Entwicklung einer geodatenbasierten „TwinCity3D“-Plattform und KI-Analysertools 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

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: <https://www.realitymaps.de/forschung-thermcity3D/> München, 2023.
- REALITYMAPS: <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.
- STREICH, Bernd: Stadtplanung in der Wissensgesellschaft – Ein Handbuch – 2. Auflage. VS Verlag, Wiesbaden, 2011.
- 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.