

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 122 (2024)

**Heft:** 9-10

**Artikel:** Vom Sensor zur Lösung : wie der Blick von oben hilft, Städte  
zukunftssicher zu machen

**Autor:** Bacher, Uwe

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1073036>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Vom Sensor zur Lösung – wie der Blick von oben hilft, Städte zukunftssicher zu machen

Der Artikel hebt die Bedeutung der Luftbildvermessung für die Bereitstellung hochaktueller und detailreicher Geodaten und deren Weiterverarbeitung zu Informationen hervor. Die Daten sind essenziell für die Erstellung digitaler Zwillinge, die als virtuelle Abbilder von Städten dienen und eine präzise Analyse und Modellierung urbaner Prozesse ermöglichen. Durch den Einsatz von KI können aus diesen Daten wertvolle Informationen extrahiert werden, die zur Entwicklung und Überwachung von Massnahmen gegen die Auswirkungen des Klimawandels beitragen. Beispiele für Anwendungen umfassen die Erstellung von Baumkatastern, die Analyse des Solarpotenzials von Dachflächen und die Erfassung versiegelter Flächen zur Unterstützung von Massnahmen gegen Überhitzung und zur Abwasserbewirtschaftung. Der Artikel zeigt, wie diese Technologien und Daten Städte dabei unterstützen können, den Herausforderungen des Klimawandels effektiv zu begegnen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

*L'article met en évidence l'importance de la mensuration photogrammétrique pour la mise à disposition de géodonnées détaillées et de haute actualité et leur traitement postérieur pour des informations. Les données sont essentielles pour la création de jumeaux digitaux qui servent comme images virtuelles de villes et permettent une analyse précise et une modélisation de processus urbains. En utilisant l'IA on peut extraire de ces données de précieuses informations qui permettent le développement et le monitoring de mesures contre les impacts du changement climatique. Des exemples d'utilisation concernent l'élaboration de cadastres d'arbres, l'analyse de potentiels solaires de surfaces de toits et la saisie de surfaces étanches dans le but d'appuyer des mesures contre l'échauffement ainsi que pour le traitement des égouts. L'article montre comment ces technologies et données viennent en aide des villes pour agir efficacement contre les défis du changement du climat et développer des solutions durables.*

Quest'articolo sottolinea l'importanza delle riprese aeree per la fornitura di dati altamente aggiornati e dettagliati nonché la loro ulteriore elaborazione in informazioni. I dati sono essenziali per la creazione di gemelli digitali che servono a fornire immagini virtuali delle città e consentono di analizzare e modellare con precisione i processi urbani. Utilizzando l'intelligenza artificiale, è possibile estrarre informazioni preziose da questi dati che contribuiscono a sviluppare e monitorare le misure per contrastare gli effetti del cambiamento climatico. Esempi di applicazioni includono anche la creazione di registri degli alberi, l'analisi del potenziale solare delle superfici dei tetti e il rilevamento delle superfici sigillate a supporto delle misure contro il surriscaldamento e per la gestione delle acque reflue. L'articolo mostra come queste tecnologie e i dati vengono in aiuto alle città per contrastare efficacemente le sfide del cambiamento climatico e sviluppare soluzioni sostenibili.

U. Bacher

## Einleitung

Der Blick von oben auf die Welt oder mehr technisch die Kartierung vom Flugzeug aus bzw. Luftbildvermessung, stellt eine der wichtigsten Quellen für die Bereitstellung von räumlichen Grundlagendaten dar. In der öffentlichen Wahrnehmung führt die Technologie hingegen ein Schattendasein und wird häufig wie bei Google Maps mit Satellitendaten gleichgesetzt. Betrachtet man die Entwicklung, die sich in diesem Bereich in den letzten rund 25 Jahren vollzogen hat, sieht man ein beeindruckendes Beispiel, wie sich eine Technologie aus der analogen Welt vollständig zum Digitalen hin gewandelt hat. Im Zuge der immer schnelleren Veränderungen in der Gesellschaft, sei es durch die Urbanisierung, den Klimawandel oder die Dekarbonisierung der Energieerzeugung, wird es immer wichtiger, Prozesse zu simulieren und für die Entscheidungsfindung digitale Abbilder oder Zwillinge zu nutzen. Grundlage aller räumlichen digitalen Zwillinge, sei es für Gemeinden, Städte, Länder oder ganze Kontinente, sind aktuelle Geodaten, die in der geforderten Qualität nur von der Luftbildvermessung zur Verfügung gestellt werden können. Diese hochaktuellen und detailreichen Daten in Kombination mit neuen Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz generieren Informationen, die auf traditionellem Weg nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand gewonnen werden können. Ziel ist es, den handelnden Personen die Daten aus den modernen Sensoren in aufbereiteter Form zur Verfügung zu stellen, damit daraus die richtigen Schlüsse gezogen werden können, um den Herausforderungen der Zeit gerecht zu werden.

## Herausforderungen von Städten im Zuge des Klimawandels

Das Klima verändert sich und Extremwetterereignisse nehmen zu. Gleichzeitig ist ein Trend zu beobachten, dass immer mehr



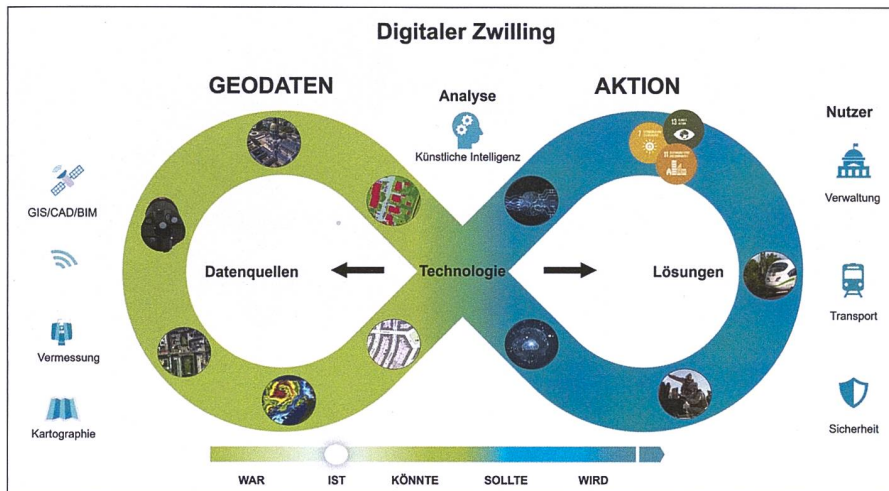


Abb. 1: Konzept eines digitalen Zwillings. Daten, Analyse und Aktion sind verknüpft und werden fortlaufend aktualisiert.

Menschen in oder im Umfeld von Städten leben. Der Deutsche Städtetag weist in seiner Handreichung zur Anpassung von Städten (Deutscher Städtetag, 2019) darauf hin, dass die Risiken für die Bewohner, die Infrastruktur und die städtische Vegetation vor allem durch hochsommerliche Extremtemperaturen, Starkregenereignisse, Dürren und Stürme weiter steigen. Diese Entwicklungen erfordern Anpassungen im Bereich der städtischen Infrastruktur und der Grünflächen. Von besonderer Bedeutung sind Massnahmen für das Stadtklima, insbesondere Anpassungen, die Kalt- und Frischluftproduktionsflächen innerhalb des Stadtgebietes schützen und erweitern. Ziel aller Massnahmen muss es sein, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Städte zu reduzieren.

Konzepte und Lösungen, um auf diese Herausforderungen reagieren zu können, erfordern eine möglichst genaue Kenntnis der bestehenden Situation. Für dieses Abbild der Stadt eignet sich hervorragend ein digitaler Zwilling, d.h. eine «Kopie» der Stadt in der virtuellen Welt. Ein solcher digitaler Zwilling enthält dann neben den räumlichen Daten wie dem 3D Stadtmodell, Infrastrukturdaten oder der Landnutzung auch Echtzeitdaten von Sensoren, Social Media oder Wetterdaten. Ausgehend davon, lassen sich durch Analyse und Modellierung geeignete Massnahmen entwickeln und deren Wirksamkeit dau-

erhaft verfolgen. Die Ergebnisse werden dann den handelnden Personen in aufbereiteter Form zur Verfügung gestellt.

## Beitrag der Luftbildvermessung zum digitalen Zwilling

Die Trends, die sich im Bereich der Luftbildvermessung seit geraumer Zeit abzeichnen, zeigen deutlich auf, dass auch hier die steigende Nachfrage nach Grundlagendaten für urbane Bereiche erkannt wurde. Die Industrie reagiert mit der Entwicklung von speziellen Sensoren und

Lösungen, um dem Bedarf gerecht zu werden. Die Anforderungen an die Daten geht weit über die klassischen Luftbilddaten hinaus und hin zu detaillierten 3D Daten und 3D Analysen.

Aktuelle Sensoren wie der Leica CityMapper-2 erfüllen diesen Bedarf, indem sie neben den klassischen Luftbildern auch Schrägluftbilder und Lidar Daten simultan aufzeichnen. Die klassischen bildbasierten Daten und die Lidar Daten stammen von komplementären Technologien, die sich hervorragend ergänzen (Bacher, 2022). Die Bilddaten sind sehr detailliert und genau in der X/Y Ebene und bieten ein gewohntes Bild für die Interpretation. Die Lidar Daten hingegen haben eine hohe Genauigkeit in der Z-Komponente und können zu einem gewissen Grad Vegetation durchdringen und bieten dadurch die Möglichkeit, neben dem digitalen Oberflächenmodell auch das Gelände unter der Vegetation direkt zu vermessen. Damit stehen Grundlagen- und Ausgangsdaten für ein breites Anwendungsspektrum im Rahmen urbaner digitaler Zwillinge zur Verfügung.

Parallel zur Entwicklung neuer Sensoren geht auch die Weiterentwicklung von Analyse Methoden einher. Hierbei spielt vor allem die Künstliche Intelligenz eine entscheidende Rolle, um aus den Daten die notwendigen Informationen zu extrahieren. Die sogenannte GeoKI hat

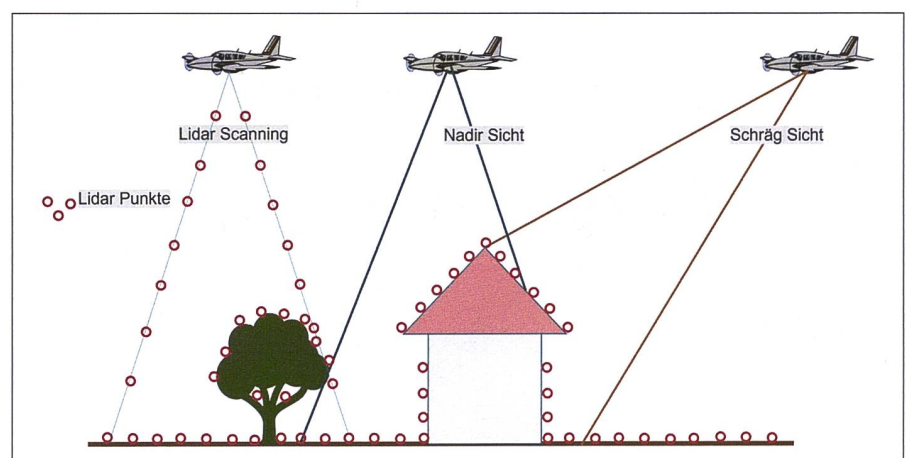


Abb. 2: Hybride Datenerfassung aus der Luft. Simultan werden konsistente Nadir- und Schrägluftbilder sowie Lidar Daten erfasst. Hybride Daten bilden die perfekte Datengrundlage für die Erzeugung aller relevanter Informationen für einen räumlichen digitalen Zwilling.



gegenüber den klassischen prozeduralen Analysewerkzeugen den grossen Vorteil, robuster mit heterogenen Eingangsdaten umgehen zu können. Möglich wird das durch das Training der verwendeten neuronalen Netze mit einer sehr breiten Auswahl an Trainingsdaten.

## Vom Sensor zur Lösung

Flugzeuggetragene Sensoren liefern wichtige Grundlagendaten wie senkrechte und schräge Luftbilder oder (und) Lidar Daten. In den meisten Analyseworkflows werden diese Daten zunächst zu Orthophotos oder Punktwolken weiterverarbeitet und dann entsprechend der weiteren Aufgabenstellung analysiert. Dies führt dazu, dass nicht mehr das ganze Potenzial der Daten für die eigentliche Analyse genutzt wird. Ein Beispiel ist die Nutzung von Orthophotos, bei denen die 3D Information, die in den originalen orientierten Luftbildern enthalten ist, bei der Entzerrung herausgerechnet wurde. Eine Analyse der Orthophotos kann dann auch nicht mehr denselben Informationsgehalt liefern wie die Ausgangsdaten.

Geht man jedoch den direkten Weg von den Sensordaten (bzw. möglichst rohen Daten) und generiert daraus die für die



Abb. 3: Digitaler Zwilling der Stadt Klagenfurt. Bodennutzung, True Orthophoto und Versiegelung pro Parzelle.

Problemstellung relevanten Informationen, vermeidet man mögliche Informationsverluste. Hybride Sensoren sind hierfür der perfekte Datenlieferant, da hiermit nicht nur Bilddaten, sondern zusätzlich Lidar Daten simultan erfasst werden. Das bedeutet, alle Daten zeigen die gleiche Situation und ergänzen sich somit perfekt. Durch diese zeitliche und räumliche Konsistenz eignen sich diese Daten in besonderem Masse für die Nutzung von GeoKI basierten Lösungen.

Auf Hexagons HxDR Plattform wurden Lösungen entwickelt, bei der die orientierten Sensordaten aus Flugzeug getra-

genen Sensoren hochautomatisiert und mit Unterstützung von GeoKI zu fertigen Lösungen verarbeitet, analysiert und visualisiert werden. Als Basisprodukte liefert die GeoKI unterstützte Anwendung True Orthophotos, 3D Meshmodelle, LoD2 Gebäudemodell, Bäume als Vektordaten, DGM und DOM sowie eine pixelscharfe Landbedeckungsklassifizierung. Allein aus diesen Produkten lassen sich eine Menge an potenziellen Lösungen generieren. Ein Beispiel hierfür ist ein Verzeichnis aller Bäume des Projektgebietes mit Fusspunkt, Höhe und Kronendurchmesser. Werden diese Bauminformationen zu-



Abb. 4: Digitaler Zwilling der Stadt Klagenfurt, dargestellt ist das Solarpotenzialkataster. Die farbliche Darstellung stellt die Höhe des zu erwartenden Energieertrages dar (rot/orange/gelb).



sätzlich mit Infrastruktur- und Katasterinformationen verschnitten, entsteht eine Gefährdungskarte oder besser ein Gefährdungsdashboard, das zeigt, wo umstürzende Bäume Infrastruktureinrichtungen beschädigen würden und wer für die Fläche, auf der der jeweilige Baum steht, verantwortlich ist. Die Daten zu städtischen Bäumen sind darüber hinaus eine wichtige Information für die Berechnung von Beschattungen oder für die Modellierung des Stadtklimas.

Ein anderes Beispiel ist die Bestimmung des Solarpotenzials für die Gebäude der Stadt Klagenfurt in Österreich (Klagenfurt, 2024). Der hier verwendete Ansatz geht weit über das hinaus, was bei bisherigen Berechnungen des Solarpotenzials gemacht wird. In der Lösung, die ebenfalls in Hexagon HxDR realisiert wurde, werden zunächst automatisch die Dachflächen analysiert und dann wird eine möglichst grosse Anzahl an Standard Solarmodulen darauf platziert. Dachfenster, Kamine, Dachgauben oder bestehende Solaranlagen werden bei der Berechnung berücksichtigt. Für die jeweiligen Module wird dann unter Einbeziehung der Neigung und der Abschattung im Tagesverlauf der mögliche Energieertrag bestimmt.

Im Zuge des Klimawandels ist die Versiegelung in Städten ein besonders grosses Problem. Versiegelte Flächen können kein Wasser aufnehmen und verstärken so bei Extremwetterereignissen (Starkregen) das Problem, die Wassermengen kontrolliert ableiten zu können. Zusätzlich erhitzen sich versiegelte Flächen stärker und tragen so nicht unerheblich zur Überhitzung von urbanen Räumen in den heissen Sommer-

monaten bei. Städte setzen im Zuge der Anpassung an den Klimawandel auch darauf, die Veränderung der Versiegelung nachzuverfolgen und Flächen zu entsiegeln. Um das zu erreichen, ist eine genaue Kenntnis der aktuellen Versiegelung unerlässlich. Für eine genaue Erfassung von versiegelten Flächen ist es wichtig, auch die Flächen zu erkennen, die sich unter anderen Objekten wie Bäumen, Markisen oder Sonnenschirmen verbergen. Hierfür wurde ein auf GeoKI basierender Ansatz entwickelt und ebenfalls auf Hexagons HxDR Plattform implementiert, der die originalen Luftbilder für die Landbedeckungsklassifikation nutzt. Hiermit ist man in der Lage, quasi unter die «störenden» Objekte zu blicken und so eine 3D Landnutzung zu berechnen. Das Ergebnis ist die Nutzungsklasse der Oberfläche und zusätzlich die Nutzungsklasse des Bodens. Auf diese Weise lassen sich für alle Grundstücke zum Beispiel der Grad der Versiegelung und das Grünraumvolumen exakt bestimmen. Die Stadt Köln verwendet diese Anwendung für die effiziente Abrechnung von Abwassergebühren (Kartographische Nachrichten, 2023). Die Versiegelungsdaten in Verbindung mit exakten Höhendaten sind jedoch auch eine unerlässliche Information für die Starkregensimulation und leisten so einen wichtigen Beitrag, Städte auf die klimatischen Veränderungen vorzubereiten.

## Zusammenfassung

Städte stehen durch den Klimawandel vor grossen Herausforderungen. Es gilt, Anpassungen an die Infrastruktur und die Vegetation in den Städten jetzt einzulei-

ten. Für eine gezielte Vorgehensweise sind aktuelle und möglichst detaillierte Informationen unerlässlich. Für eine möglichst zeitnahe, vollständige und detaillierte Erfassung der benötigten Informationen hat sich die Erfassung aus der Luft in Verbindung mit modernen GeoKI Ansätzen als effiziente Herangehensweise herausgestellt. Das Zusammenführen der Daten aus unterschiedlichen Quellen zu einem digitalen Zwilling der Stadt, die aufgabenspezifische Analyse und die bedarfsgerechte Bereitstellung der Ergebnisse ermöglichen es den handelnden Personen, die richtigen Schlüsse zu ziehen und gezielt zu handeln.

### Referenzen:

Deutscher Städtetag (2019): Anpassung an den Klimawandel in den Städten, (<https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Weitere-Publikationen/2019/klimafolgenanpassung-staedte-handreichung-2019.pdf>)

Klagenfurt (2024): Digitaler Zwilling Klagenfurt, <https://www.klagenfurt.at/digitaler-zwilling>

Bacher, U. (2022): Hybrid Aerial Sensor Data as Basis for a Geospatial Digital Twin, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., Vol. XLIII-B4-2022

Kartographische Nachrichten – Info und Praxis 1 (2023): Hexagon entwickelt GeoAI-Lösung für das Abwassermanagement in Köln, A19.

Uwe Bacher  
Hexagon Office  
Heinrich-Wild-Strasse 201  
CH-9435 Heerbrugg  
[uwe.bacher@hexagon.com](mailto:uwe.bacher@hexagon.com)