

## LiDAR4HVAC

LiDAR Technologie für die Rekonstruktion von gebäudetechnischen Anlagen und Systemen

<b>Programm / Ausschreibung</b>	COIN, Kooperation und Netzwerke, COIN Netzwerke 14. Ausschreibung	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.01.2023	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Lidar; Big-Data; Artificial Intelligence; Retrofit		

### Projektbeschreibung

Lt. der Europäischen Union wurden in Europa ca. 220 Millionen Gebäude vor 2001 errichtet. Die Renovierung und Sanierung von Bestandsgebäuden ist daher von entscheidender Bedeutung für die Erreichung der Klimaziele und dem Ausstieg aus fossilen Energieträgern. Um die Sanierungsrate zu beschleunigen sind jedoch zeit- und kosteneffiziente Methoden zur Bestandserfassung bestehender Heizungs- und Klimatisierungssysteme erforderlich. In diesem Zusammenhang verspricht die LiDAR-Technologie (Light Detection and Ranging) einen wesentlichen Fortschritt. LiDAR ermöglicht die automatisierte Erfassung von Bestandsgeometrien mittels Punktwolke. Eine automatisierte Segmentierung der Punktwolke in Bezug auf gebäudetechnische Anlagen und Systemen ist derzeit noch nicht möglich. Dementsprechend sind LiDAR-Anwendungen nach wie vor mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden und das erhoffte Potenzial zur Unterstützung der Sanierungs- und Baufortschrittsprozesse nicht nutzbar. Eine der wesentlichen Herausforderungen dabei ist die Vielfalt und Heterogenität der Informationsdaten von gebäudetechnischen Anlagen. Die Bereitstellung relevanter Informationen zum richtigen Zeitpunkt auf Basis unzähliger Datenquellen spielt dabei ebenfalls eine Rolle.

Im gegenständlichen Projekt wird daher eine Methode für die 3D-Rekonstruktion von gebäudetechnischen Komponenten für die geometrische und semantische Modellierung in der Sanierungs-, Planungs- und Ausführungsphase der technischen Gebäudeausrüstung auf Basis der LiDAR Technologie entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf der Objekterkennung mithilfe von (semi-)automatischen Ansätzen wie z.B. Machine Learning, Deep Learning in Kombination mit Laserscanning und Photogrammetrie Verfahren für eine effiziente Verortung, Registrierung und Segmentierung von geometrischen Daten und Objekten. Ein spezielles entwickeltes Plugin für BIM, ermöglicht den nahtlosen Transfer der aufbereiteten Informationen aus der Punktwolke in ein BIM Modell.

Des Weiteren werden Mindestanforderungen für As-Is conditions und Prozessmodelle entwickelt, die in digitale Arbeitsweisen (BIM) für den Austausch und die Erfassung von Informationen in der Planung und Ausführung von Sanierungsprojekten eingesetzt werden.

Die entwickelten Methoden und Verfahren werden in der praktischen Anwendung getestet. Die Unternehmenspartner aus den Bereichen der Planung und Ausführung von gebäudetechnischen Anlagen werden die Konzepte und Methoden anhand von beispielhaften Anwendungsfällen (Use Cases) wie z.B. Mängelmanagement durch den Abgleich der BIM Modelle - Soll (As-designed)-Ist (As-built) - Dokumentenmanagement, 4D-BIM Terminzeitplanung (BIM-basierte

Baufortschrittsüberwachung), Bestandsdatenerfassung, Verortung von Komponenten, Erstellung eines digitalen Zwillings für Energieoptimierungen etc. anwenden und erproben.

## **Abstract**

In the European Union, around 220 million buildings were built before 2001. The renovation and refurbishment of existing buildings is crucial for achieving climate goals and phasing out fossil fuels.

However, to accelerate the rate of refurbishment, time- and cost-effective methods of inventorying existing heating and air-conditioning systems are required.

In this context, LiDAR (Light Detection and Ranging) technology promises a significant advance.

LiDAR enables the automated acquisition of as-built geometries using point clouds. An automated segmentation of the point cloud in relation to building services and systems is not yet possible. Accordingly, LiDAR applications are still associated with a high level of manual effort and the potential for supporting the renovation and construction progress processes cannot be released. One of the main challenges is the diversity and heterogeneity of the information data from building services systems. The provision of relevant information at the right time based on countless data sources also plays a role.

In this project, a method for 3D reconstruction of building technology components for geometric and semantic modeling in the renovation, planning and execution phase of the technical building equipment based on LiDAR technology is therefore being developed. The focus is on object recognition using (semi-)automatic approaches such as machine learning, deep learning in combination with laser scanning and photogrammetry methods for efficient localization, registration and segmentation of geometric data and objects. A specially developed plugin for BIM enables the seamless transfer of the prepared information from the point cloud to a BIM model.

Furthermore, requirements for as-is conditions and process models are developed, which are used in digital working methods (BIM) for the exchange and collection of information in the planning and execution of renovation projects.

The developed methods and procedures are tested in practical application. The corporate partners from the areas of planning and execution of building services systems will use the concepts and methods based on exemplary use cases such as defect management by comparing the BIM models - target (as-designed) actual (as-built) - document management , 4D-BIM scheduling (BIM-based construction progress monitoring), inventory data acquisition, localization of components, creation of a digital twin for energy optimization, etc. apply and test.

## **Endberichtkurzfassung**

Im Rahmen der europäischen Dekarbonisierungsstrategie, dem European Green Deal, verfolgt die Europäische Union das Ziel der Klimaneutralität bis 2050, wobei Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor eine Schlüsselrolle einnehmen. Rund 30 % des globalen Energieverbrauchs entfallen auf den Gebäudebestand, der damit einen wesentlichen Anteil der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortet. Die Renovierung und Sanierung von Bestandsgebäuden ist daher von entscheidender Bedeutung für die Erreichung der Klimaziele und dem Ausstieg aus fossilen Energieträgern. Um die Sanierungsrate zu beschleunigen sind jedoch zeit- und kosteneffiziente Methoden zur Bestandserfassung bestehender Heizungs- und Klimatisierungssysteme erforderlich. In diesem Zusammenhang verspricht die LiDAR-Technologie (Light Detection and Ranging) einen wesentlichen Fortschritt. LiDAR ermöglicht die automatisierte Erfassung von Bestandsgeometrien mittels Punktwolke.

Im gegenständlichen Projekt wurde daher eine Methode für die 3D-Rekonstruktion von gebäudetechnischen Komponenten für die geometrische und semantische Modellierung in der Sanierungs-, Planungs- und Ausführungsphase der technischen

Gebäudeausrüstung (TGA) auf Basis der LiDAR Technologie entwickelt. Der Fokus lag dabei auf der Objekterkennung mithilfe von (semi-)automatischen Ansätzen wie z.B. Deep Learning in Kombination mit Laserscanning und Photogrammetrie Verfahren für eine effiziente Verortung, Registrierung und Segmentierung von geometrischen Daten und Objekten. Anhand von realen Use-Cases wurde ein durchgängiger Scan2BIM-Workflow entwickelt, erprobt und durch einen systematischen Vergleich zwischen konventioneller und digitaler Bestandsdatenerfassung im TGA-Bereich evaluiert. Die dabei erzielte drastische Reduktion der Vor-Ort-Erfassungszeit bei gleichzeitig objektiv höherer geometrischer Datenqualität belegt den praktischen Mehrwert des digitalen Erfassungsworkflows gegenüber konventionellen Aufnahmemethoden eindrucklich.

Im Bereich der KI-gestützten Objekterkennung wurden YOLO-Modelle auf Basis von Transfer-Learning für die Erkennung und Segmentierung von Heizkörpern und Rohrleitungen trainiert und validiert. Der Trainingsdatensatz für Heizkörper umfasste beispielsweise 1.007 reale Bildaufnahmen mit 1.179 annotierten Objektinstanzen, auf deren Basis Präzisionswerte und Trefferquoten von über 90 % erzielt wurden. Für die bildbasierte Detektion gerader Rohrleitungsabschnitte auf Laserscanner-Panoramabildern wurden YOLO-Modelle mit - Oriented Bounding Boxes - eingesetzt, dessen orientierte Begrenzungsrechtecke eine geometrisch präzise Einpassung an lineare Installationsobjekte bei praxistauglichen Konfidenzwerten ermöglichten. Ergänzend wurden pixelakkurate Objektlokalisierungen mittels Fine-Tuning bestehender Segmentierungsmodelle erprobt und validiert.

Auf Basis registrierter Laserscandaten und im offenen E57-Format exportierter Punktwolken wurde mithilfe eines speziell entwickelten Plugins für BIM eine semiautomatische Bestandsmodellierung durchgeführt. Damit konnten IFC-konformen BIM-Modelle für weiterführende TGA-Fachplanung, hydraulische Berechnung und Ausschreibungserstellung bereitgestellt werden. Der entwickelte Point-Cloud2BIM-Workflow wurde für die Bauteilkategorien Heizkörper und Rohrleitungen im Rahmen der praxisnahen Use-Cases erfolgreich demonstriert. Der implementierte Human-in-the-Loop-Ansatz erwies sich dabei als methodisch tragfähige Verbindung zwischen automatisierter KI-Detektion und expertenbasierter Qualitätskontrolle und ermöglichte eine interaktive Segmentierung und Modellierung von TGA-Objekten im entwickelten Plugin.

Für die beteiligten Ingenieurbüros konnten durch den Einsatz von Laserscanning und Scan2BIM-Modellierung substantielle Mehrwerte generiert werden. Die Erstellung von As-Is-BIM-Bestandsmodelle als Planungsgrundlage für Energieeffizienzmaßnahmen, der Abgleich bestehender Planungsunterlagen mit aktuellen Scandaten, die Beweissicherung als Anti-Claim-Managementstrategie in Sanierungsprojekten sowie das digitale Mängelmanagement im Rahmen der BIM-gestützten Örtlichen Bauaufsicht (BIM-ÖBA) erschließen neue Geschäftsfelder und erweitern das Dienstleistungsportfolio der beteiligten Planungsbüros nachhaltig. Für den beteiligten Softwareentwickler lieferte das Projekt praxisvalidierte Entwicklungsimpulse für die Weiterentwicklung der BIM-Softwareprodukte, insbesondere hinsichtlich des Human-in-the-Loop-gestützten Modellierungsansatzes, der geometrischen Segmentierung von Punktwolkendaten auf Basis von Nutzerinteraktion sowie des Abgleichs geometrischer Segmentierungsergebnisse mit normativen TGA-Bauteilkatalogen.

## **Projektkoordinator**

- Forschung Burgenland GmbH

## **Projektpartner**

- Woschitz Engineering ZT GmbH
- Spitzer GesmbH

- rmDATA GmbH
- Reiterer & Scherling GmbH