



Strategiedialog

BEZAHLBARES WOHNEN UND INNOVATIVES BAUEN



BW

LASANGE



LASANGE

ECKDATEN

Antragsteller: Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Beteiligte: -

Projektlaufzeit: 15.06.2024 - 14.06.2025



2



INHALT

PROJEKTTITEL	1
LASANGE	2
ECKDATEN	2
INHALT	3
LaSanGe - Laserscanning für die beschleunigte Sanierung von Gebäuden	4
Projektziele und Konzept	4
Methodisches Vorgehen und Laboruntersuchungen	4
Mobile Mapping System und Datenerfassung	5
Datenauswertung und KI-basierte Klassifizierung	5
Sanierungskartierung und praktische Anwendung	7



LaSanGe - Laserscanning für die beschleunigte Sanierung von Gebäuden

Projektziele und Konzept

Das Projekt "LaSanGe" entwickelte eine innovative, auf multispektralen LiDAR-Daten basierte Prozesskette zur automatisierten Erfassung und Bewertung von Gebäudefassaden und Fenstereigenschaften. Im Kontext der deutschen Klimaziele sollte eine technische Lösung für die großflächige, schnelle und kosteneffiziente Datenerfassung zur Unterstützung energetischer Gebäudesanierungen geschaffen werden.

Die Kernidee basierte auf der Erkenntnis, dass herkömmliche 3D-Erfassungsmethoden bereits zur Planung von Infrastruktur im urbanen Bereich genutzt werden, wie z.B. beim Glasfaserausbau, jedoch aufgrund mangelnder erfasster Parameter noch nicht in der energetischen Sanierung. Die Methoden liefern bisher zwar bereits die erforderlichen hochaufgelösten geometrischen Informationen, ermöglichen jedoch keine Aussagen über thermische Eigenschaften von Fenstern und Fassaden. Durch den Einsatz mehrerer Laserwellenlängen sollten die wellenlängenabhängigen Transmissionseigenschaften verschiedener Fenstertypen genutzt werden, um eine berührungslose Charakterisierung zu ermöglichen. Endanwender sollten dabei keine Kenntnisse im Umgang mit 3D-Punktwolken benötigen, da alle relevanten Informationen automatisch extrahiert und in benutzerfreundlichen Kartenformaten aufbereitet werden.

Methodisches Vorgehen und Laboruntersuchungen

Für die Umgebungserfassung wurden im Rahmen des Projekts mehrere LiDAR-Systeme mit unterschiedlichen Wellenlängen

kombiniert. Die verwendeten Systeme umfassten einen eigengefertigten Drohnenscanner mit 532 nm und 1064 nm, einen Ouster Dome mit 850 nm, einen Velodyne PUCK sowie einen Livox HAP mit jeweils 905 nm, einen eigengefertigten prototypischen Scanner mit 1550 nm sowie einen eigengefertigten hochpräzisen Profils Scanner. So konnten die Wellenlängen 532 nm, 850 nm, 805 nm, 1064 nm und 1550 nm für die Untersuchung der Fenstereigenschaften abgedeckt werden und gleichzeitig eine hochaufgelöste Punktwolke für die Vermessung geometrischer Eigenschaften erfasst werden.

Zur Untersuchung der wellenlängenabhängigen Transmissionseigenschaften wurden umfangreiche Laborexperimente mit verschiedenen Fenstertypen durchgeführt. Die Versuchsanordnung bestand aus LiDAR-Sensoren in etwa 2 Meter Abstand vor dem zu vermessenden Fenster, welches einen Meter Abstand zu einer dahinterliegenden weißen Wand hatte. Als Testobjekte dienten zweifach und dreifach verglaste Fenster, jeweils beschichtet und unbeschichtet.

Die Laborergebnisse zeigten deutliche wellenlängenabhängige Unterschiede in der Transmission (Abb. 1). Bei allen Fenstern traten geringe Verluste bei 532 nm und bei 850 nm auf. Bei unbeschichteten Fenstern traten auch bei 1064 nm und 1550 nm nur geringe Verluste auf. Bei Fenstern mit einer energetisch wirkenden Beschichtung wurden die Wellenlängen 1064 nm und 1550 nm dagegen fast vollständig blockiert, was eine eindeutige Identifizierung von Fensterbe-

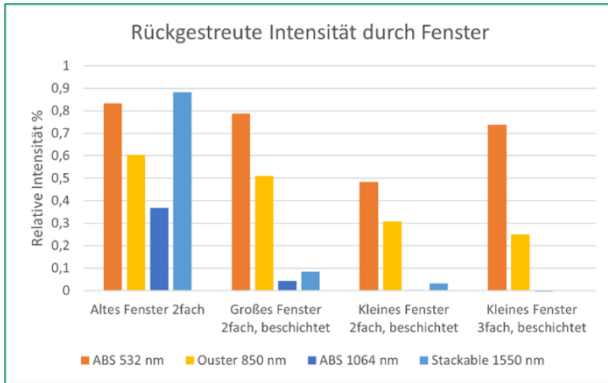


Abbildung 1: Ergebnisse der Laborversuche. Die rückgestreute Intensität von mehreren Messpunkten auf der hinter dem Fenster liegenden Wand wurde gemittelt und auf die rückgestreute Intensität ohne Fenster normiert. Bereits bei dem alten, 2-fach verglasten Fenster tritt eine starke Abnahme der Leistung bei 850 nm und 1064 nm auf, während die Verluste bei 532 nm und 1550 nm erwartet gering ausfallen. Beide 2-fach verglaste und beschichtete Scheiben zeigen den gleichen Trend, das Verhältnis von 532 nm zu 850 nm bleibt in etwa gleich zum unbeschichteten Fenster, die Wellenlängen 1064 nm und 1550 nm werden jedoch fast vollständig blockiert. Eines der beiden Fenster zeigt allgemein eine etwas niedrigere Transmission. Bei dem 3-fach verglasten und beschichteten Fenster zeigt sich ebenfalls keine bzw. sehr geringe Transmission bei 1064 nm und 1550 nm, hier fällt jedoch auf, dass sich das Verhältnis zwischen 532 nm und 850 nm gegenüber den 2-fach verglasten Scheiben stark ändert.

schichtungen mit zwei geeigneten Wellenlängen ermöglicht.

Mobile Mapping System und Datenerfassung

Alle Sensoren außer dem prototypischen 1550 nm Scanner wurden auf einem Messfahrzeug integriert (Abb. 2). Die Ausstattung umfasste neben den LiDAR-Systemen auch RGB-Kameras, eine FLIR Vue Pro Thermalkamera und eine Quanta Micro Positioniereinheit zur präzisen Verortung der Messdaten. Die Sensoren wurden in ein lokales Netzwerk integriert und zeitsynchronisiert, wobei die Ansteuerung und Datenaufzeichnung über Laptops im Fahrzeug erfolgte.

Mit dem vollständig ausgerüsteten System wurden Befahrungen in verschiedenen Freiburger Stadtteilen durchgeführt. Dabei entstanden sowohl Aufnahmen von Wohngebieten unterschiedlicher Baualters-

klassen als auch des IPM-Gebäudes selbst. Das Resultat ist ein einzigartiger multispektraler Datensatz, der die gleichzeitige Umgebungserfassung von fünf LiDAR-Systemen mit sechs unterschiedlichen Wellenlängen sowie Thermal- und RGB-Kamerabilder umfasst (Abb. 3).



Abbildung 2: Messfahrzeug mit Sensorik montiert auf Dachträger aus Aluminiumprofilen. Integriert wurden mehrere LiDAR Systeme mit unterschiedlichen Wellenlängen, Thermal- und RGB-Kameras sowie eine Positioniereinheit.

Datenauswertung und KI-basierte Klassifizierung

Die Auswertung der erfassten Daten erfolgte durch einen mehrstufigen, vollautomatisierten Prozess. Zunächst wurde ein neuronales Netz zur Klassifizierung der Punktwolken und Erkennung von Gebäuden basierend auf den Daten des hochauflösten Scanners eingesetzt. Ein weiteres spezialisiertes Netz segmentierte dann die klassifizierte Punktwolken in einzelne Gebäudeinstanzen für die weitere Analyse (Abb. 4).

Im nächsten Schritt erfolgte nun die detaillierte semantische Segmentierung einzelner Gebäude durch ein weiteres spezialisiertes neuronales Netz, das Türen, Fenster, Fassaden, Dächer und Vegetation zuverlässig unterscheiden konnte. Die

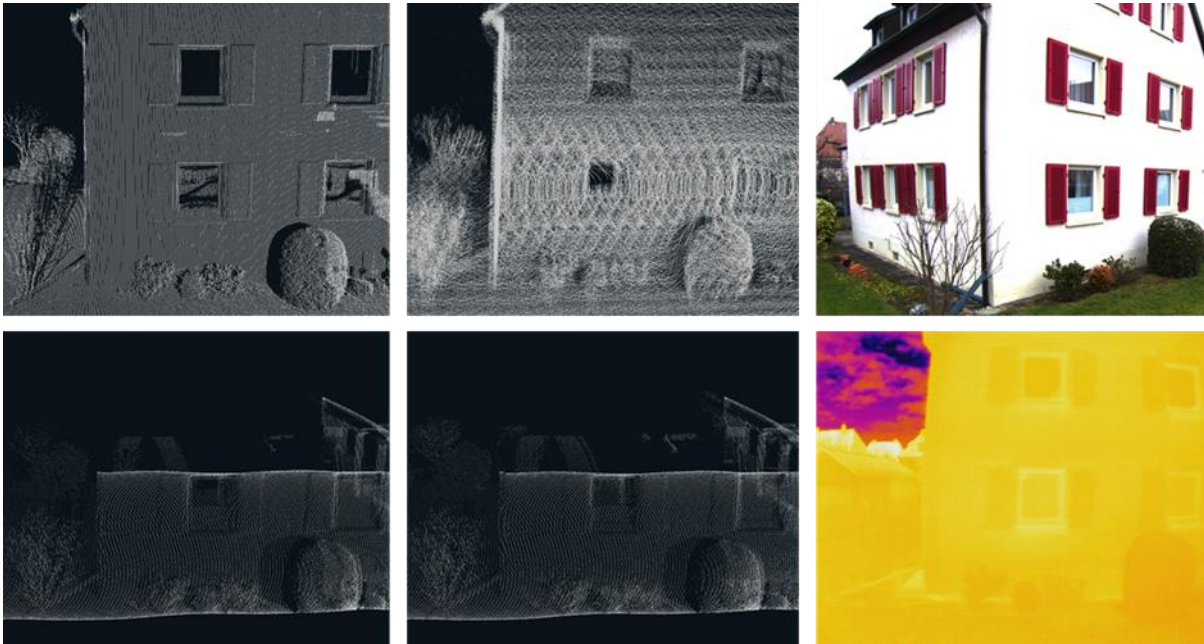


Abbildung 3: Beispieldaten einer gescannten Wohnhausfassade. Links oben: gescannt mit dem hochpräzisen Profilschanner. Mitte oben: Ouster 850 nm Wellenlänge. Rechts oben: RGB-Kamera Aufnahme. Links unten: Drohnenscanner mit 1064 nm Wellenlänge. Mitte unten: Drohnenscanner mit 532 nm Wellenlänge. Rechts unten: Thermalkameraaufnahme. Die Punktwolke des hochauflösenden Profilschanners dient in allen weiteren Prozessierungsschritten für die Klassifizierung und Instanzierung. Die Punktwolken des Drohnenschanners scannen aufgrund des Öffnungswinkels nur das Erdgeschoss und werden, so wie auch die unpräzise Punktwolke des Ousters, nur für die Fensterklassifizierung verwendet.

Ergebnisse der automatisierten Segmentierung ermöglichen die Analyse einzelner Fenster durch Analyse der Transmission bei verschiedenen Wellenlängen sowie die Abschätzung von Parametern wie der Fassadendicke basierend auf Distanzen zwischen erkannten Ebenenflächen der Fassade und der Fenster (Abb. 5).

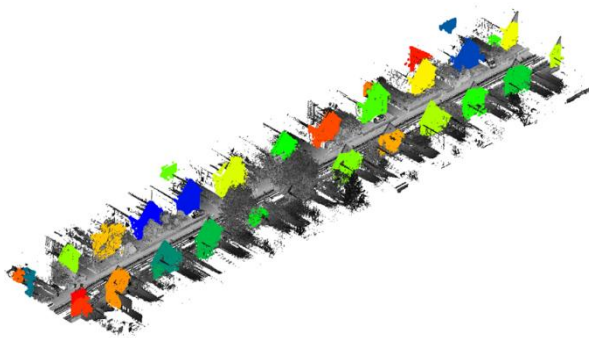


Abbildung 4: Automatisiert segmentierte Punktwolke in einzelne Gebäude für die weitere Prozessierung.



Abbildung 5: Visualisierung der automatisierten Segmentierung einzelner Fenster in schwarz umrandeten Bounding Boxes, welche wiederum zur Klassifizierung der Fenstereigenschaften durch Analyse der Transmission der unterschiedlichen Wellenlängen genutzt werden können. Eine durch die Fassadenpunkte gefittete Fläche (grün dargestellt) wird genutzt um die Tiefe von Fassade zu Fensterflächen als Eigenschaft zur Dämmungsermittlung auszugeben.



Sanierungskartierung und praktische Anwendung

Die Georeferenzierung der Messdaten ermöglichte die Entwicklung einer Software zur automatisierten Erstellung von Sanierungskarten im geoTIFF-Format. Diese können problemlos in GIS-Systeme integriert und zum Beispiel mit OpenStreetMap überlagert werden, was Kommunen und Planern eine transparente, großflächige Visualisierung der Analyseergebnisse bietet (Abb. 6).

Die entwickelte Methodik erlaubt die automatisierte Extraktion verschiedener relevanter Parameter wie Fenstertyp, Fassadendämmungsdicke und thermische Anomalien. Durch die Mobile Mapping-Technologie können ganze Stadtbezirke in kurzer Zeit erfasst werden, wobei die automatisierte Auswertung eine zeitnahe Bereitstellung der Ergebnisse ermöglicht. Das System kann verschiedenen Anwendergruppen einen Mehrwert liefern, darunter Vermessungsbüros, Energieberatungsunternehmen, Kommunen, Stadtwerke und Sanierungsunternehmen.



Abbildung 6: Da alle Messpunkte georeferenziert vorliegen, lassen sich die Ergebnisse aller Analysen automatisch auf eine Sanierungskarte projizieren, wie hier beispielhaft für die Fassadendicke dargestellt. Die Farbskala geht von Rot (dünne Fassade und somit vermutlich geringe oder keine Dämmung) nach Grün (dicke Fassade und somit vermutlich dicke und gute Dämmung).

Fazit und Ausblick

Das Projekt LaSanGe hat seine wesentlichen Ziele erreicht und eine innovative Prozesskette entwickelt, die einen bedeutenden Beitrag zur Beschleunigung energetischer Gebäudesanierungen leisten kann.

Erreichte Ziele

- ✓ Automatisierte Fensterdetektion durch neuronale Netze
- ✓ Fenstercharakterisierung mittels multispektraler Analyse
- ✓ Dämmungsabschätzung durch präzise Geometrieerfassung
- ✓ Sanierungskarten mit georeferenzierten Ergebnissen



Die Entwicklung des multispektralen LiDAR-Ansatzes zur gleichzeitigen Erfassung der Umgebung mit mehreren Wellenlängen stellt eine wesentliche technische Innovation dar. Die speziell entwickelten neuronalen Netze für die semantische Segmentierung von 3D-Punktwolken mit multispektralen Informationen und die Automatisierung der Pipeline von den Rohdaten bis zur interpretierten Sanierungskarte reduzieren den manuellen Aufwand erheblich und ermöglichen eine kosteneffiziente praktische Anwendung.

Der erreichte Proof-of-Concept zeigt die grundsätzliche Machbarkeit der entwickelten Methodik und rechtfertigt eine Weiterentwicklung zu einem produktiven System. Konkrete Verwertungsmöglichkeiten umfassen die Lizenzierung an Dienstleistungsunternehmen, die Integration in bestehende Mobile Mapping-Systeme oder eine potenzielle Ausgründung. Das Projekt demonstriert das Potenzial innovativer Messtechnik für eine breite praktische Anwendung im Bereich der energetischen Gebäudesanierung.

PROJEKTSKIZZE

Projektidee und -ziel

LaSanGe entwickelte eine neuartige Prozesskette basierend auf multispektraler LiDAR-Technologie, dem Einsatz auf Mobile Mapping Fahrzeugen mit georeferenzierter Datenerfassung und einer Auswertung mit KI-Methoden zur beschleunigten energetischen Gebäudesanierung. Dadurch können Fenster- und Dämmungseigenschaften berührungslos charakterisiert und Sanierungsbedarfe automatisiert kartografiert werden.

Vision ist die schnelle, großflächige und kosteneffiziente Erfassung des energetischen Zustands ganzer Stadtbereiche zur beschleunigten Umsetzung der deutschen Klimaziele im Gebäudesektor.





Baden-Württemberg