

Serielles Sanieren nach dem Energiesprong-Prinzip

Anforderungen an das 3D-Scannen bei seriellen Sanierungsprojekten

#3DScannen #Punktwolke #HighPrecisionModeling #EnergiesprongProjekte #ScanToBIM #DigitalerZwilling
#DataDrivenDesign #Gebäudesanierung



© ecoworks

Powered by

dena
Deutsche Energie-Agentur

Das **serielle Sanieren nach dem Energiesprong-Prinzip** verfolgt einen ganzheitlichen und technologisch innovativen Ansatz, um bestehende Gebäude in energieeffiziente und nachhaltige Wohnhäuser umzuwandeln. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Vorfertigung von Bauteilen und Systemen in der Fabrik.

Für diese vorgefertigten Elemente spielen sogenannte **„as built“-Daten** eine entscheidende Rolle. Sie werden durch die hochpräzise Erfassung der vorhandenen Gebäudeabmessungen, strukturellen Bedingungen und Systeme gewonnen und bilden die Grundlage für die anschließende Gestaltung und Fertigung **maßgeschneiderter Retrofit-Bauteile**.

Durch die Nutzung millimetergenauer Daten wird eine nahtlose Passform und Ausrichtung für die Vorfertigung gewährleistet, was

die Planung und Koordination optimiert und eine erfolgreiche **serielle Sanierung** ermöglicht. Dafür werden innovative Werkzeuge und Technologien wie 3D-Scanning, Wärmebildgebung und hochpräzise Oberflächenmodellierung eingesetzt. Dadurch wird eine genaue und effiziente Datenerfassung ermöglicht, die zu einem digitalen Zwilling des Gebäudes führt.

Anschließend können Design- und Leistungssimulationen (z.B. Energie-, Heiz- und Kühllastberechnungen sowie Nachhaltigkeitsbewertungen) mithilfe von BIM-Programmen (Building Information Modeling) auf die Erstellung von Bauteilen angewendet und für die Serienproduktion genutzt werden, um effiziente, reibungslose und standardisierte Fertigungsprozesse zu ermöglichen.

Realitätsbasierte Modellierung für Energiesprong-Projekte

Im **Architektur- und Ingenieurwesen** spielt 3D- oder Laserscanning eine entscheidende Rolle bei der Erfassung bestehender Gebäude, Standorte oder Strukturen und bietet praktische Anwendungsmöglichkeiten für Renovierungs- und Sanierungsprojekte sowie für umfassende Designanalysen und Simulationen.

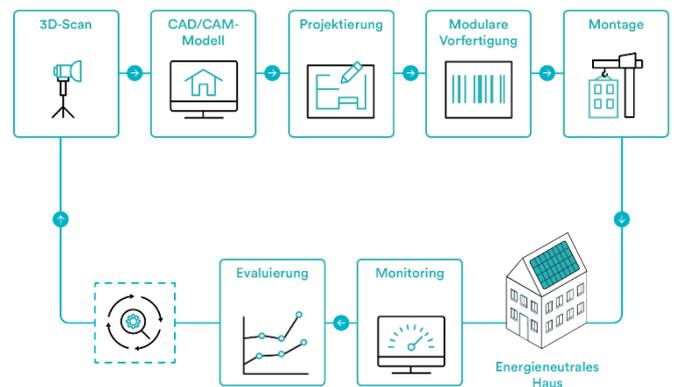
In der **Fertigungsindustrie** wird das Laserscanning häufig für die Qualitätskontrolle und Teileinspektion eingesetzt, um eine präzise Einhaltung der gewünschten Spezifikationen sicherzustellen. Darüber hinaus erleichtert es die Einrichtung digitaler Archive für Produkte und Komponenten und dient als wertvolle Referenz und Ressource für zukünftige Replikationen.

Bei **Energiesprong-Projekten** ist es bei der Anwendung von Laserscanning entscheidend, spezifische Aspekte zu berücksichtigen, die auf die individuellen Anforderungen der seriellen Sanierung zugeschnitten sind.

Wie serielles Sanieren funktioniert

Im Gegensatz zur herkömmlichen Sanierung, bei der jedes Gebäude einzeln betrachtet und saniert wird, werden beim seriellen Sanieren mehrere Gebäude mit ähnlichen Merkmalen gleichzeitig saniert.

Der Ansatz basiert auf dem Konzept der industriellen Fertigung, bei dem wiederholbare Prozesse und standardisierte Komponenten eingesetzt werden. Energiesprong ist eine spezifische Methode für serielles Sanieren, die in den Niederlanden entwickelt wurde und sich auf energieeffiziente Sanierungen konzentriert.



Energiesprong hat sich auf den hohen Energieeffizienzstandard „Net-Zero“ spezialisiert, bei dem Gebäude idealerweise so saniert werden, dass sie über das Jahr gerechnet ihren Energiebedarf aus erneuerbaren Quellen decken. Grundlage ist der Effizienzhaus 55 oder 40 Standard. Das erfordert oft die Integration von Solaranlagen, Wärmepumpen und anderen Erneuerbare-Energien-Technologien in das Sanierungspaket.

Dieses Dokument gibt einen Überblick über den Prozess des Laserscanning bei der seriellen Gebäudesanierung und umfasst alle darin enthaltenen Schritte. Der Schwerpunkt liegt jedoch auf der umfassenden Standortanalyse. Diese Phase beinhaltet eine detaillierte Bewertung der Gebäude und ihrer energiebezogenen Eigenschaften, die als Ausgangspunkt für das Design dient und den Umfang der Sanierung bestimmt.

Einführung in das Laserscanning bei der seriellen Sanierung

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Hauptherausforderung des Laserscanning darin besteht, ein adäquates digitales Zwillingmodell des Gebäudes zu erstellen. Erfahrungen zeigen, dass es für eine präzise Zustandsanalyse nicht ausreicht, das Punktwolkenmodell direkt in die BIM-Software zu integrieren, da es so zu gravierenden Fehlern während der Produktionsphase und in den schwerwiegendsten Fällen auf der Baustelle kommen kann.

Um diese Probleme zu vermeiden und Qualität in jeder der Hauptphasen von Laserscanning und Modellierung für Energiesprong-Projekte zu gewährleisten, wird im Folgenden eine genauere Betrachtung jedes Hauptschritts vorgenommen.

Schritt 1: Standortuntersuchung



Zu Beginn des Projekts erfolgt eine Standortanalyse zur Bewertung der spezifischen Anforderungen und zur **Bestimmung der geeigneten Technologie** für ein 3D-Scanning. Sie hilft dabei, die spezifischen Standortmerkmale wie Größe, Komplexität und Zugänglichkeit zu identifizieren, die die Wahl der Scanausrüstung und -methodik beeinflussen.

- **Best Practice:** Eine ordnungsgemäße Planung und Berücksichtigung der Scan-Standorte sowie der Scan-Abdeckung und -Überlappung sind entscheidend, um umfassende und hochwertige Punktwolken zu erhalten. Eine ausreichende Scan-Dichte und -Abdeckung können dazu beitragen, bessere Vermessungsergebnisse zu erzielen und potenzielle Datenlücken zu reduzieren.

Schritt 2: Datenerfassung – 3D-Laserscanning



In 3D-Scanning-Projekten für die Architektur liegt es in der Verantwortung des Dienstleisters, **die richtige Methode zur Datenerfassung auszuwählen**. Sie hängt von der gewünschten Auflösung für verschiedene Teile des Gebäudes ab, wie vom Kunden spezifiziert. Gängige Methoden umfassen Photogrammetrie, Laserscanning und Strukturlichtscanning. Für alle Methoden sind spezialisierte Fähigkeiten sowie spezielle Software und Hardware erforderlich.

- **Best Practice:** Um präzise Daten zu erfassen, werden terrestrische Scanner empfohlen. Sie werden in der Regel auf sta-

tionären oder stativmontierten Einrichtungen installiert und verwenden Zielpunkte, um mehrere Scans auszurichten und zu registrieren, was Konsistenz und Präzision gewährleistet. Zusätzlich wird als Teil des Scanvorgangs die fotografische Erfassung aller Scans automatisch in die neuesten Softwarelösungen integriert, was eine visuelle Besichtigung des Gebäudes oder der Struktur ermöglicht. Hinsichtlich des Höhenbereichs variieren terrestrische Scanner in ihren Spezifikationen. Die meisten sind jedoch in der Lage, Objekte oder Umgebungen in einem Bereich von wenigen Metern bis weit über hundert Metern zu erfassen. In diesem Fall wird der Scanner normalerweise von einem Kran unterstützt.

- **Qualitätskontrolle:** Während des Scan- (und Verarbeitungs-) Workflows sollten eine detaillierte (manuelle) Dokumentation und die Erfassung von Metadaten erfolgen. Dies beinhaltet die Aufzeichnung von Scanparametern, Verarbeitungsschritten, angewendeten Algorithmen und etwaigen Annahmen während der Datenverarbeitung. Eine gut dokumentierte Arbeitsweise gewährleistet Wiederholbarkeit und Rückverfolgbarkeit und erleichtert zukünftige Analysen oder Modifikationen.

Schritt 3: Datenverarbeitung – Punktwolkenmodell



Die erfassten Punktwolken aus der Laser- Vermessung werden verarbeitet, um Störungen zu entfernen, mehrere Scans zu registrieren¹ und eine vereinheitlichte, saubere **Punktwolke des Gebäudes** zu erstellen. Dies wird in der Regel vom selben Dienstleister umgesetzt, der auch die Vermessung durchgeführt hat.

- **Best Practice:** Effektive Vorverarbeitungstechniken wie Ausreißerentfernung, Rauschfilterung und Datenreduktion sollten implementiert werden, um die Qualität der Punktwolken zu verbessern. Darüber hinaus ist es entscheidend, sichere und genaue Registrierungsmethoden auszuwählen, um mehrere Scans auszurichten und ein einheitliches Punktwolkenmodell zu erstellen.
- **Qualitätskontrolle:** Techniken zur merkmalsbasierten Registrierung wie das Abgleichen von markanten Punkten oder Oberflächenmerkmalen sowie die Einbeziehung von Kontrollpunkten oder Referenzdaten können die Ausrichtungsgenauigkeit erheblich erhöhen. Es ist auch entscheidend, die verarbeiteten Punktwolken regelmäßig mit Ground-Truth- oder Referenzdaten zu validieren, um ihre Genauigkeit zu gewährleisten.

¹ Die Registrierung im Bereich des Laserscanning bzw. der Photogrammetrie ist das Zusammenführen einzelner Laserscanner-Punktwolken-Standorte zu einer Gesamtpunktwolke. Die Punktwolken werden also aneinander ausgerichtet.

Schritt 4: Hochpräzises, realitätsbasiertes Oberflächenmodell – Digitaler Zwilling



Dies ist ein entscheidender Schritt für **Energiesprong-Projekte**. In dieser Phase werden die Punktwolken mit spezialisierter Software von erfahrenen Fachleuten verarbeitet, um ein **„as built“-Oberflächenmodell** des bestehenden Gebäudes zu erstellen. Das Oberflächenmodell stellt die Wände, Dächer und Fassaden zuverlässig und detailliert dar.

- **Best Practice:** Der wichtigste Aspekt bei der Erstellung des Oberflächenmodells ist der Prozess der Oberflächenrekonstruktion. Dies beinhaltet die Analyse der Punktwolken und die Abschätzung der Geometrie und Topologie der Gebäudeoberflächen. Üblicherweise werden fortgeschrittene Algorithmen wie die Delaunay-Triangulation oder voxelbasierte Methoden verwendet, um aus der Punktwolke ein Netz oder ein Oberflächenmodell zu erstellen. Dieses Netz repräsentiert die Gebäudeoberflächen mit hoher Präzision und erfasst sowohl die Gesamtform als auch die feinen Details.
- **Qualitätskontrolle:** Der Vergleich des Oberflächenmodells mit den Referenzdaten kann eine effektive Maßnahme zur Qualitätskontrolle darstellen. Referenzdaten können aus herkömmlichen Vermessungsmethoden oder bestehenden architektonischen Plänen gewonnen werden. Durch den Vergleich des Oberflächenmodells mit den Referenzdaten können Abweichungen oder Ungenauigkeiten identifiziert und beseitigt werden. Dies sollte ein iterativer Prozess sein. Regelmäßige Überprüfungen und Inspektionen sollten in jedem Stadium durchgeführt werden. Dies kann die Überprüfung vorheriger Schritte oder die Feinabstimmung der Scanparameter umfassen.

Das resultierende Oberflächenmodell oder der **digitale Zwilling** liefert eine detaillierte und genaue Darstellung der Gebäudegeometrie, die für die energetische Sanierungsplanung und -gestaltung nach dem Energiesprong-Prinzip unerlässlich ist. Der digitale Zwilling kann auch für Simulationen, Energieanalysen und Visualisierungszwecke verwendet werden. Er ermöglicht es, den aktuellen Zustand des Gebäudes genau zu bewerten und potenzielle Nachrüstungsmaßnahmen zu identifizieren, die dem Energiesprong-Ansatz entsprechen.

Schritt 5 (Option A): Produktentwurf – BIM-Modell und Simulationen



Durch die Nutzung des Oberflächenmodells als Ausgangspunkt können Architektur- und Ingenieurbüros sowie Energieexpertinnen und -experten zusätzliche Informationen in den digitalen Zwilling integrieren und so ein umfassendes **BIM-Modell erstellen**, das ein ganzheitliches Verständnis für die Eigenschaften und die Leistung des Gebäudes ermöglicht. Mit dem BIM-Modell können **Simulationen und Energieanalysen** durchgeführt werden, um die Energieeffizienz zu bewerten, die Auswirkungen von Modernisierungsmaßnahmen zu beurteilen und den Energieverbrauch, die thermische Leistung und den CO₂-Fußabdruck zu analysieren.

- **Best Practice:** Es ist sicherzustellen, dass das Koordinatensystem des **Oberflächenmodells** korrekt mit der BIM-Modellierungssoftware und anderen Projektdaten übereinstimmt. Eine ordnungsgemäße Ausrichtung ermöglicht eine genaue Integration und Koordination zwischen dem Oberflächenmodell und anderen BIM-Komponenten. Außerdem sollte während des gesamten Prozesses der Erstellung des Oberflächenmodells und des BIM-Modells ein konsistentes Detaillierungsniveau beibehalten werden. Dadurch wird sichergestellt, dass das Detaillierungsniveau für die beabsichtigte Verwendung des BIM-Modells angemessen ist, wie zum Beispiel Energieanalyse, Visualisierung und Sanierungsplanung.
- **Qualitätskontrolle:** Die Genauigkeit des Oberflächenmodells sollte während des BIM-Modellierungsprozesses regelmäßig validiert und überprüft werden. Zudem sollte das Modell mit vorhandenen Architekturplänen, traditionellen Vermessungsdaten oder anderen zuverlässigen Quellen abgeglichen werden, um Konsistenz und Genauigkeit sicherzustellen. Darüber hinaus sollte die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den Beteiligten, einschließlich Architektur- und Ingenieurbüros, Energieexpertinnen und -experten sowie 3D-Scan-Spezialistinnen und -Spezialisten, unterstützt werden. Dies fördert ein gemeinsames Verständnis der Projektanforderungen und erleichtert die effektive Integration des Oberflächenmodells in das BIM-Modell.

Schritt 5 (Option B): Produktionspläne – IFC-Modell



Während der Produktionszeichnungsphase dient das **BIM-Modell als Grundlage** für die Erstellung präziser und detaillierter Konstruktionszeichnungen, einschließlich Plänen, Ansichten, Schnitten und Details.

Die Umwandlung des **Open-BIM-Modells** in das IFC-Format ermöglicht **Interoperabilität** und eine nahtlose Zusammenarbeit mit Auftragnehmern, Subunternehmern und anderen Stakeholdern, die unter Umständen unterschiedliche BIM-Softwareplattformen verwenden. In einem offenen BIM-Workflow basiert der gesamte Prozess auf Standardformaten wie IFC für den Austausch von Informationen zwischen Programmen und nicht auf proprietären Formaten.

Das **IFC-Modell** bewahrt die wertvollen Daten und Beziehungen, die im BIM-Modell eingebettet sind, und gewährleistet, dass die Informationen während des Austauschprozesses intakt bleiben. Es erleichtert das Teilen der Daten zu Geometrie und Eigenschaften sowie anderer relevanter Daten des BIM-Modells mit externen Parteien und unterstützt die **Koordination, Kollisionsprüfung und Integration** mit anderen Projektbereichen.

- **Best Practice:** Obwohl es möglich ist, direkt vom Oberflächenmodell zur Produktionsdesignphase überzugehen, wird im Allgemeinen empfohlen, zusätzliche Schritte einzubinden, um einen robusteren und präziseren Designprozess sicherzustellen. Es ist wichtig, zu beachten, dass die Genauigkeit und Detailtiefe im endgültigen IFC-Modell von der Qualität der ursprünglichen Punktwolkendaten, den angewendeten Verarbeitungsschritten und den eingesetzten Modellierungstechniken abhängen. Eine gründliche Qualitätskontrolle und Validierung sollten in jedem Stadium durchgeführt werden, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des resultierenden IFC-Modells sicherzustellen.

- **Qualitätskontrolle:** Es ist entscheidend, die Produktionszeichnungen und das IFC-Modell auf Genauigkeit, Konsistenz sowie Einhaltung relevanter Standards und Projektanforderungen zu überprüfen. Eine Möglichkeit, die Genauigkeit zu kontrollieren, besteht darin, das IFC-Modell mit dem aus dem 3D-Scanning generierten Oberflächenmodell zu vergleichen. Durch das Überlagern des Oberflächenmodells mit dem IFC-Modell kann eine visuelle Inspektion erfolgen und etwaige Abweichungen können identifiziert werden. Durch die Überprüfung der Ausrichtung von Oberflächen, Wänden, Öffnungen und anderen Elementen kann festgestellt werden, ob das IFC-Modell die gescannten Daten genau darstellt.



© Opitz Holzbau

Aktuelles und Hintergrundinformationen finden Sie auf:

www.energiesprong.de



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

KONTAKT
Paula Baptista
Klimaneutrale Gebäude,
Seniorexpertin, Innovation &
Transformation
Tel.: +49 30 66 777-208
E-Mail: paula.baptista@dena.de

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
www.dena.de | info@dena.de

Stand 06/2024
Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

energie
sprong
de

Powered by

dena
Deutsche Energie-Agentur

Schritte		Software	Format	Arbeitspakete & Zeitspanne	Genauigkeit für Energiesprong	Dienstleister	Vertrag & Qualitätskontrolle
	1	Standortuntersuchung Drohne, analog	PTX, CAD	<i>Nicht zutreffend</i>	<i>Nicht zutreffend</i>	Architektur- und Ingenieurbüros, Spezialist/-innen	<i>Nicht zutreffend</i>
	2	Datenerfassung 3D-Laserscanning Terrestrisches Laserscanning	RAW	Arbeitspaket I Einige Stunden für Wohngebäude	Max. 1-4 mm und max. 1-2 mm für Hochpräzisionsbereiche	Expert/-innen von beispielsweise Leica, Faro, Matterport, Trimble, NavVis; Drittanbieter-Spezialisten, die z.B. die Scanner von diesen Unternehmen vermieten	> Einschluss einer Haftungsklausel
	3	Datenverarbeitung Punktwolkenmodell Punktwolkenverarbeitung				Vom selben Unternehmen wie oben; die Notwendigkeit weiterer Scans oder von Scans mit höherer Dichte sowie der Korrektur von Registrierungsfehlern sollte berücksichtigt werden	> Einschluss einer Haftungsklausel > Nach der Lieferung sollte die Genauigkeit überprüft werden. > Das Modell sollte nach der Lieferung nicht bearbeitet werden.
	4	Hochpräzises, realitätsbasiertes Oberflächenmodell Digitaler Zwilling Punktwolke zur Oberflächenmodellierung; Geomagic, PolyWorks, Autodesk Recap Pro usw.	PTX	Arbeitspaket II Ca. eine Woche für typische Wohngebäude	Max. 1-3 mm	3D-Modellierungsexpert/-innen von erfahrenen Unternehmen (10+ Jahre empfohlen), die im Bereich Geoinformationstechnologie/Geodäsie, Architekturphotogrammetrie, Laserscanning und LiDAR-Dienste, 3D-Visualisierung und virtuelle Realität (VR) tätig sind.	> Einschluss einer Haftungsklausel > Die Lieferung sollte im .IFC-Format erfolgen. Enthalten sein sollte die ursprünglich registrierte Punktwolke, die mit der Modelldatei ausgerichtet ist.
	5A	Produktentwurf BIM-Modell Software zur Gebäudedatenmodellierung (BIM)	IFC BIM	Arbeitspaket III Variiert	Max. 1-3 mm	Architektur- und Ingenieurbüros, Spezialist/-innen	> Einschluss einer Haftungsklausel > Das Oberflächenmodell sollte zusammen mit dem Produktmodell in der Datei ausgerichtet sein. > Hier sollten die 2D-CAD-Pläne, Ansichten, Schnitte und Details angefordert werden. > In der Regel die erste Qualitätskontrolle durch Dritte
		Gebäudeleistung Simulation & Design Energie-Modellierungssoftware wie EnergyPlus, IESVE, DesignBuilder, eQUEST usw.					Variiert
	5B	Produktionspläne IFC-Modell Variiert	IFC BIM	Arbeitspaket III / IV Variiert	Variiert	Ingenieur- und spezialisierte Planungsbüros	> Variiert > In der Regel die zweite und abschließende Qualitätskontrolle durch Dritte

Diese Werte können je nach verschiedenen Faktoren variieren, darunter die verwendete Ausrüstung, die Komplexität des Objekts und der erforderliche Detaillierungsgrad.