TRANSFERUNTERLAGEN
Digitalisierungswerkstatt

„Digitales 3D-Aufmaß und Drohneneinsatz auf der Baustelle“

ZUKUNFTSINITIATIVE HANDWERK 2025

Gefördert durch das
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit
und Wohnungsbau
Baden-Württemberg

Digitalisierungswerkstatt

„Digitales 3D-Aufmaß und Drohneneinsatz auf der Baustelle“

Projektdauer
15. November 2019 bis 31. Oktober 2020

Veranstalter/Antragsteller:
Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V.
Holbeinstraße 16
79100 Freiburg

Mitantragsteller:
Fachverband der Stuckateure für Ausbau und Fassade Baden-Württemberg
Verband des Zimmerer- und Holzbaugewerbes Baden-Württemberg
Landesinnungsverband des Dachdeckerhandwerks Baden-Württemberg
Landesinnungsverband des Maler- und Lackiererhandwerks Baden-Württemberg

Teilnehmer, Referenten und Organisatoren der Digitalisierungswerkstatt im Januar 2020

Alle in diesen Unterlagen genannten Preise sind Netto-Marktpreise, zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Stand: Oktober 2020. Alle Angaben ohne Gewähr.

Die verwendeten Produktfotos sind Herstellerfotos

Inhalt

Digitale Vermessungsverfahren 6
Klassisches Handaufmaß 7
Laserentfernungsmessung 8
Photogrammetrie 10
Einzelpunktmessung mit Tachymeter 12
Laserscanning 14
Drohneneinsatz in der Bauwirtschaft 20
Sonstige digitale Vermessungslösungen 24

Leistungen selbst durchführen, einkaufen oder verkaufen? 25
Digitale Vermessung als Dienstleistung einkaufen 25
Digitale Vermessung als Dienstleistung anbieten 27

Rechtsfragen 28
Grundregeln für Aufmaße 28
Regeln beim digitalen Aufmaß 29
Tipps für rechtssichere Aufmaße 29

Resümee 30

CHECKLISTE: Auswahlkriterien digitales Vermessungsverfahren 32
CHECKLISTE: Für gewerblichen Drohnenflug 33

Digitale Vermessungsverfahren

Ausgehend vom klassischen Vermessen mit Zollstock und Maßband lässt sich bereits mit einfachen technischen Hilfsmitteln die Mengenermittlung auf der Baustelle optimieren. Klar ist aber auch: Mit zunehmender Digitalisierung und Technisierung verkompliziert sich dieser Prozess wieder erheblich. Es folgt ein Überblick über digitale Vermessungsverfahren, auf die wir auf den folgenden Seiten noch detaillierter eingehen.

Warum ein digitales Aufmaß Sinn macht

Aufmaße sind die Grundlage für die Kalkulation und Abrechnung von Bauleistungen. Die Mengenermittlung ist jedoch eine zeitaufwendige Tätigkeit, die in der Regel hoch qualifizierte Mitarbeiter – in Kleinbetrieben oft den Unternehmer selbst – bindet. Mit moderner Technik lässt sich der Prozess optimieren. Das Unternehmen kann damit

- Zeit einsparen,
- Übertragungsfehler minimieren,
- die Prozesssicherheit verbessern,
- die Messgenauigkeit erhöhen,
- die Prüfbarkeit und Nachvollziehbarkeit des Aufmaßes gewährleisten,
- die Durchsuchbarkeit und Archivierung von Aufmaßunterlagen ermöglichen,
- Mitarbeitern ein attraktives Betätigungsfeld bieten und nicht zuletzt
- Kunden von der Innovationskraft des Unternehmens überzeugen.

Klassisches Handaufmaß

Das Handaufmaß ist die klassische, historische Form des Aufmaßes. Die Einmessung erfolgt manuell und analog mit Zollstock oder Maßband. Die Daten werden anschließend in ein Aufmaßbuch (Feldbuch) übertragen.

Skizzen und Randzeichnungen dienen der Visualisierung der Maße und stellen den Bezug zum Objekt her. Sie dienen der besseren Nachprüfbarkeit.

Als Ergebnis des Handaufmaßes entstehen Grundriss, Schnitt- und Detailzeichnungen sowie die Mengenberechnung. Aufmaßblatt und Stückliste dienen dem Angebot sowie später der Abrechnung als Grundlage. Dieses Grundprinzip bleibt auch bei digitalen Vermessungsverfahren erhalten.

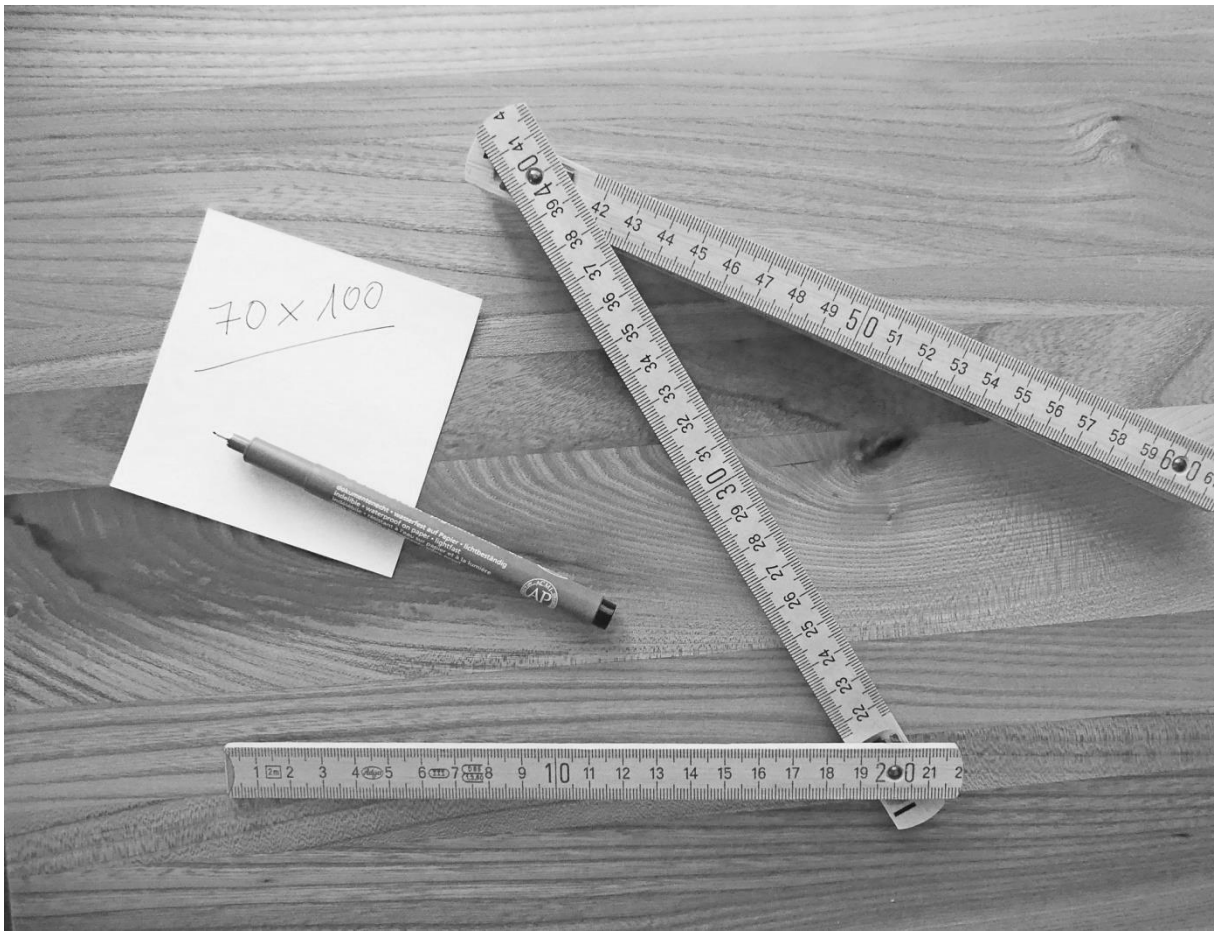


Foto: Pixabay

Laserentfernungsmessung

Laserentfernungsmesser bieten eine einfache Möglichkeit, den Aufmaßprozess zu optimieren. Einfache Geräte sind ab circa 100 Euro/netto im Fachhandel erhältlich, Geräte mit Bluetooth-Schnittstelle ab 150 Euro.

Die Messung basiert auf einem elektrooptischen Verfahren. Das Gerät misst die Zeitspanne, die der (Laser-) Lichtstrahl vom Messgerät zur Bauteiloberfläche und zurück benötigt. Daraus errechnet es die Entfernung. Grüne Laserdioden sind in der Herstellung etwas teurer als rote Laser, doch das grüne Laserlicht ist besser sichtbar. In hochwertigen Lasermessgeräten werden daher zunehmend grüne Laserdioden verbaut.

Premiumgeräte besitzen eine Bluetooth-Schnittstelle, mit der sie die Messdaten an ein Smartphone, Tablet-PC oder Notebook zur Weiterverarbeitung übertragen können. Die Top-Modelle verfügen zudem über einen Neigungssensor. Damit sind indirekte Höhenmessungen möglich. Das ist ideal, falls das zu messende Bauteil unzugänglich ist. Beim Einsatz im Außenbereich ist auf eine entsprechende IP-Schutzart – Staub- und Spritzwasserschutz – zu achten.

Mittlerweile bieten viele Hersteller ihre Hardware, den Laserentfernungsmesser, mit entsprechender Software an. Meist geschieht dies in Form von Apps für Smartphone und Tablet PC. Auch die Übergabe der Messergebnisse via Bluetooth an ausgewählte Apps von Drittanbietern ist oftmals möglich. Hier lohnt sich vor der Kaufentscheidung ein Blick auf die technischen Daten und in die entsprechenden App-Stores von Google und Apple.

Anwendungsbereich

- Bauaufmaße im Innen- und Außenbereich
- Ideal für unzugängliche Stellen und (große) Höhenmessungen
- Für Ein-Mann-Bedienung geeignet

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, …

Eigenschaften

- Zeiteinsparung: hoch
- Handhabung: einfach
- Einarbeitungszeit: kurz
- Messgenauigkeit: hoch (ab ± 1 mm)
- Anschaffungskosten: gering

Produktbeispiele Laserentfernungsmesser mit Bluetooth-Schnittstelle

- Bosch GLM 50 C (ca. 165 €)
- Hilti PD-E (ca. 500 €)
- Leica DISTO D 510 (ca. 500 €)
- Ridgid Micro LM-400 (ca. 150 €)
- Stabila LD 520 (ca. 330 €)
- Stanley Smart Measure Pro (ca. 150 €)

Produktbeispiele Aufmaß-App als Ergänzung zur Laserdistanzmessern

Leica DISTO Plan App

Die Leica DISTO Plan App ergänzt die Laserdistanzmessgeräte von Leica. Mit der App lassen sich Messungen dokumentieren und visualisieren. Die App erstellt CAD-fähige Grundrisse. Dazu muss man die Wände im oder gegen den Uhrzeigersinn mit den Laserdistanzmessgeräten DISTO X3 oder X4 erfassen. Sobald alle Messungen vorgenommen sind, wird der Plan automatisch von der Smart-Room-Funktion erzeugt. Die App ist für Android und Apple iOS verfügbar.

BOSCH Measuring Master

Die Aufmaß-App von Bosch ist mit den Bluetooth-Laserentfernungsmessern GLM 50 C Professional, GLM 100 C Professional und GLM 120 C Professional kompatibel. Die App ermöglicht es, Aufmaße und Grundrisse an einem Ort zu dokumentieren und zu verwalten. Messwerte können direkt in Bilder übertragen werden. Die Funktion Quick Sketch ermöglicht das Erstellen vereinfachter Skizzen, die später in detaillierte Grundrisse übernommen werden können. Auch detaillierte Pläne lassen sich mit der App, in Kombination mit den Lasermessgeräten, erzeugen. Die App ist für Android und Apple iOS verfügbar.

Photogrammetrie

Photogrammetrie (oder Bildmessung) bezeichnet eine Reihe von Messmethoden und Auswerteverfahren, um aus Fotografien und genauen Messbildern eines Objektes seine räumliche Lage oder dreidimensionale Form zu bestimmen. Im Regelfall werden die Bilder mit speziellen Messkameras aufgenommen.

Die Photogrammetrie ist ein passives Fernerkundungs- und Vermessungsverfahren, da sie die berührungslose Rekonstruktion von räumlichen Objekten aus deren fotografisch festgehaltener Strahlung ermöglicht. Die Objekte werden meist im natürlichen Licht und von mehreren Standpunkten der Kamera (oder gleichzeitig von mehreren Kameras) aufgenommen. Es genügt im einfachsten Fall eine Digitalkamera oder auch eine Digitalkamera im Smartphone oder an einer Drohne.

Die Messgenauigkeit hängt von vier Faktoren ab:

1. Der Distanz zum zu messenden Objekt.
2. Der Basislinie zwischen den 3D-Bildern, die zur Berechnung der Messpunkte verwendet wird.
3. Der Ausrichtung der Kamera auf das zu messende Objekt.
4. Den Lichtverhältnissen, sowie Struktur und Beschaffenheit des Objekts.

Anwendungsbereich

- Bauaufmaße im Innen- und Außenbereich
- Ideal für unzugängliche Stellen und Fassaden
- Für Ein-Mann-Bedienung geeignet

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, …

Eigenschaften

- Zeiteinsparung: hoch
- Handhabung: einfach
- Einarbeitungszeit: kurz
- Messgenauigkeit: gering bis mittel
  (Beispiel Leica BLK 3D ab ± 10 mm bei 7,5 m Objektabstand, entspr. 0,1 % bis 0,4 %)
- Anschaffungskosten: mittel

Produktbeispiel Photogrammetrie

3D-Imager BLK 3D

Der 3D-Imager BLK 3D von Leica nimmt Objekte gleichzeitig mit zwei Kameras auf. Er kombiniert die beiden Aufnahmen zu einem Foto, welches zusätzliche 3D-Informationen enthält. Jedes Foto ist quasi eine 3D-Aufnahme. Mittels Software ermöglicht das Gerät eine 3D-Messung in Echtzeit. Die Fotos und Messergebnisse lassen sich anschließend in verschiedenen Formaten teilen und exportieren. Komfortabel ist die Weiterverarbeitung der Fotos am Computer. Mit einer entsprechenden Desktop-Anwendung lassen sie sich verwalten oder in CAD-fähige 3D-Modelle überführen. Die Entnahme von Maßen ist auch nachträglich möglich.

Kosten

- Leica BLK 3D (ca. 4.000 €)
- Softwarelizenz BLK 3D Software Basis, Abonnement 99 €/Jahr

Leica BLK 3D

Einzelpunktmessung mit Tachymeter

Das Tachymeter ist – vereinfacht gesprochen – ein Laserentfernungsgerät mit erweitertem Funktionsumfang. Das Messinstrument berechnet aus Entfernung und Winkel von Einzelpunkten deren genaue Lage im Raum. Durch die Kombination von Einzelpunkten lassen sich Längen bestimmen, aber auch 2D-Grundrisse oder sogar 3D-Modelle erzeugen.

Hierfür sind neben dem eigentlichen Messgerät ein Stativ mit Rotationssensor sowie eine CAD-Software zur Weiterverarbeitung der Daten erforderlich. Das Tachymeter wird im Raum aufgestellt und kalibriert sich nach dem Einschalten selbstständig. Messpunkte lassen sich entweder manuell oder halbautomatisch per Fernsteuerung anvisieren. Sie werden anschließend an das zum System gehörende Aufmaßprogramm übertragen. Dies erfolgt meist im DXF-Format per USB-Kabel, Bluetooth oder WLAN. Die Daten bilden die Grundlage für Grundrisse, Aufrisse oder Schnitte. Auch der umgekehrte Weg ist möglich. Manche Systeme erlauben es, geometrische Punkte zu importieren. Diese lassen sich dann per Laserstrahl auf Decken, Wände und Böden projizieren, um beispielsweise Bohrbilder zu übertragen.

Anwendungsbereich

- Aufmaß im Innen- und Außenbereich
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen
- Erstellen von 3D-Modellen
- Einmessung von geometrischen Punkten aus vorhandenen CAD-Zeichnungen
- Ideal für unzugängliche Stellen, Höhenmessungen und das Aufmaß schlecht erreichbarer, jedoch gut einsehbarer, auch unregelmäßiger Flächen, beispielsweise Dachflächen
- Für Ein-Mann-Bedienung geeignet

Zielgruppe

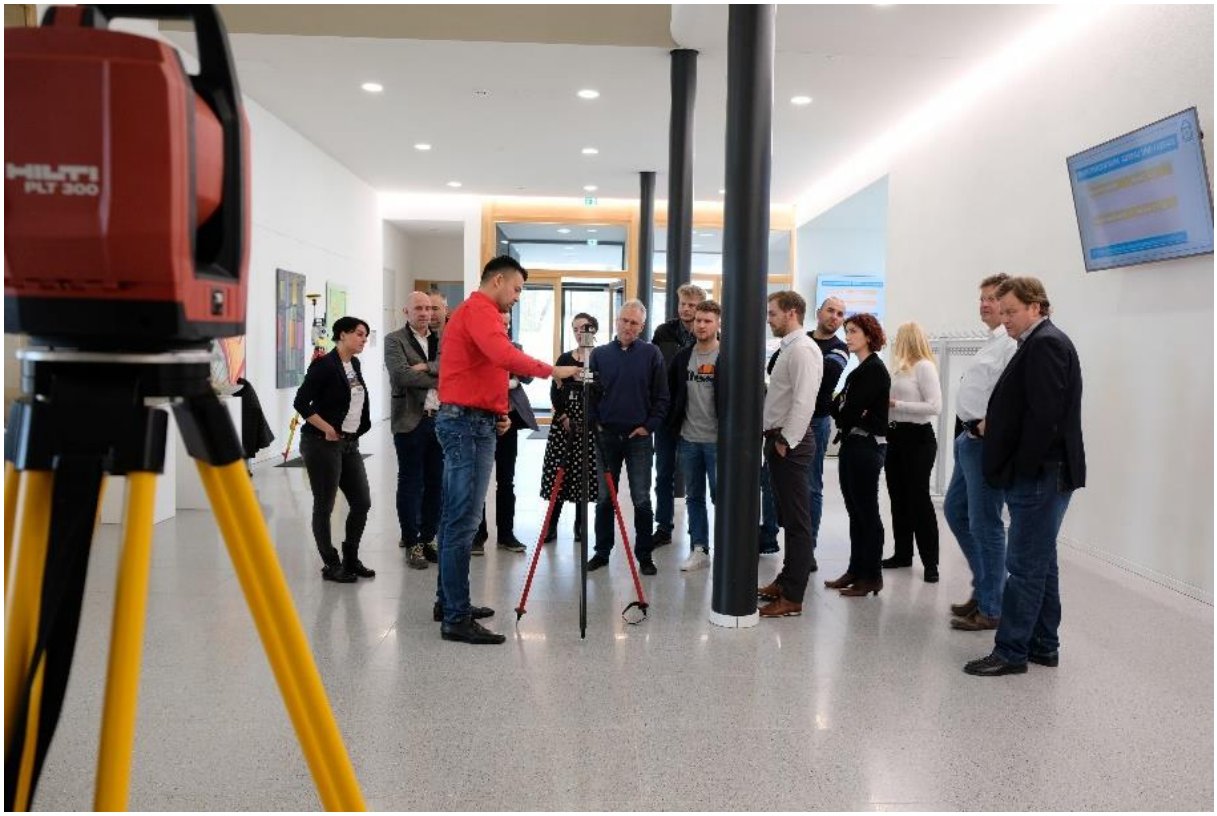
- Alle Bau- und Ausbaugewerke, Bauleiter, Architekten, …

Eigenschaften

- Zeiteinsparung: hoch
- Handhabung: mittel
- Einarbeitungszeit: mittel
- Messgenauigkeit: mittel bis hoch
  Beispiele:
  Leica Disto S910, ± 1 mm bei 300 m, Winkel ca. 0,1°
  Flexijet 3D, Distanz ca. ± 1 mm bei 100 m, Winkel ca. 0,0007°
- Anschaffungskosten: mittel bis hoch

Produktbeispiele Tachymeter

- Flexijet 3D (ca. 14.000 €)
- Hilti PLT 300 (ca. 13.200 €)
- Leica DISTO S910 P2P-Paket (ca. 1.800 €)
- Prodim International Prodim Laser 3D (Preis auf Anfrage)
- SL Laser ProCollector (ca. 9.900 €)



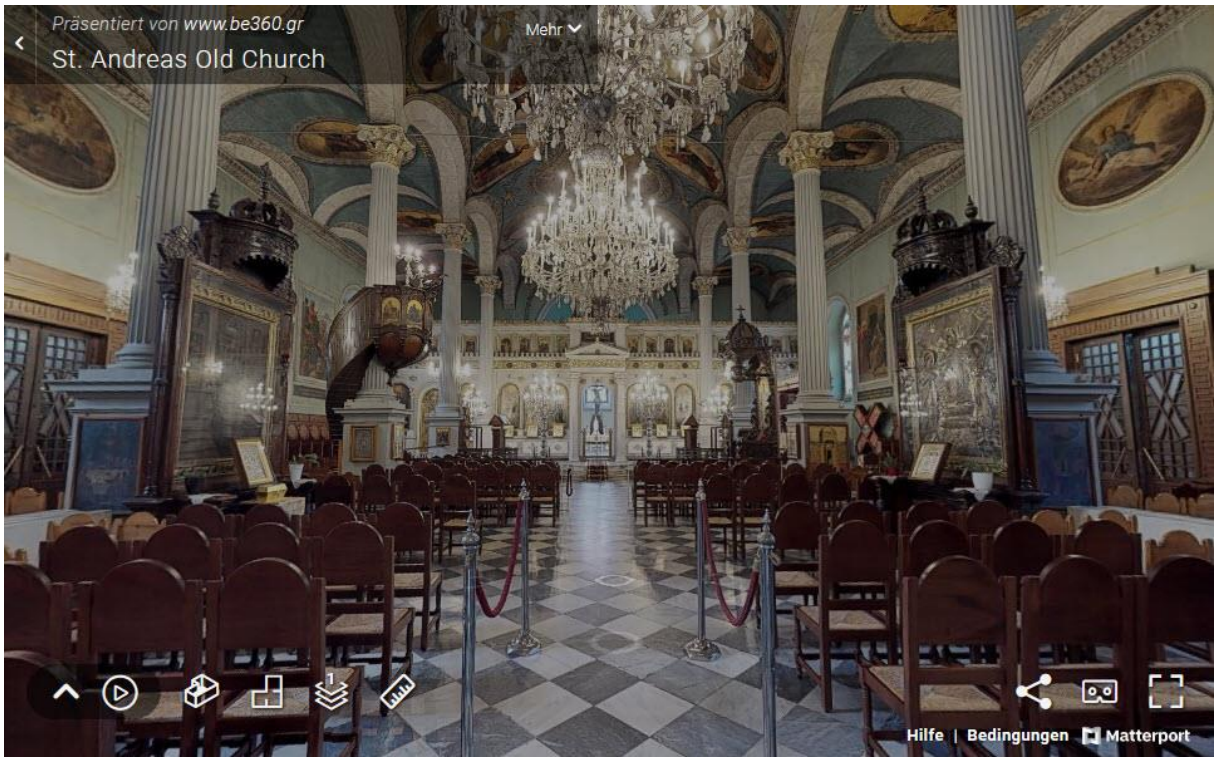
Live-Vorführung während des Workshops

Laserscanning

Laserscanning (auch Laserabtastung) bezeichnet das zeilen- oder rasterartige Überstreichen von Oberflächen oder Körpern mit einem Laserstrahl. Die Koordinaten der gemessenen Punkte werden aus den Winkeln und der Entfernung in Bezug zum Ursprung (Gerätestandort) ermittelt und erfasst. Auf diese Weise entstehen Millionen Punkte, welche zusammen die „Punktwolke“ bilden. Die räumliche Position jedes einzelnen Punktes der Wolke ist definiert. So lässt sich aus der Punktwolke ein 3D-Modell generieren. Die Genauigkeit der Messung ist abhängig vom Gerät und dessen Einstellung.

Das 3D-Scanningverfahren ist ideal für die Bestandserfassung. Mit ihm lassen sich unter anderem filigrane, komplexe, schiefe, gewölbte oder frei geformte Oberflächen erfassen. Durch das Versetzen des 3D-Scanners können auch komplizierte Konstruktionen oder Scans über mehrere Etagen erstellt und miteinander kombiniert werden. Damit lassen sich ganze Gebäude und/oder Fassadenflächen exakt räumlich darstellen.

Die Datenerfassung ist in der Regel einfach. Die 3D-Scanner arbeiten weitestgehend autonom. Komplex wird es jedoch, wenn man aus der Punktwolke ein bemaßtes 3D-Modell erstellen möchte. Die Modellierung erfolgt mithilfe von CAD-Programmen. Hierzu sind, neben den entsprechenden Programmen, grundlegende Kenntnisse erforderlich. Beim 3D-Laserscanning ist daher genau abzuwägen, welche Leistungen man selbst erbringen kann und welche man besser an einen der zahlreichen Dienstleister fremdvergibt. Hat ein Unternehmen im Bereich des 3D-Laserscanning Know-how erarbeitet, kann es dieses gegebenenfalls anderen Unternehmen als Dienstleistung anbieten.



Beispiel: Kirchenraum, der mithilfe eines 3D-Scanners visualisiert wurde
www.matterport.com/industries/gallery/st-andreas-old-church

Produktbeispiele 3D-Scanner

Beispiel 1: 3D Raumscanner HottScan

Der HottScan kombiniert mehrere Messprinzipien: Ein 3D-Lasersystem tastet die Umgebung automatisch ab. Mit der Tachymeterfunktion können zusätzlich zu den Standardmesspunkten weitere, individuelle Messpunkte generiert werden. Dadurch wird die Erfassung von Flächen präzisiert und gleichzeitig vereinfacht. Die Ausrichtung des Messpunktes kann wahlweise mit der Fernsteuerungsfunktion oder manuell vorgenommen werden.

Innerhalb von rund zwei Minuten entsteht die 360°-Panorama-Aufnahme eines Raumes. Eine inkludierte Modellierungssoftware unterstützt den Anwender beim Konstruieren seines 3D-Modells.

Arbeitsschritte

1. 360°-Scan erstellen
2. Daten mittels USB-Stick oder Wifi in App übertragen und vor Ort kontrollieren
3. Mit der Software Raum-Modellierer aus den Daten ein 3D-Modell generieren
4. Exakte Bemaßung ist im Büro nachträglich möglich.
   Mengenlisten lassen sich auf dieser Basis erstellen
5. Der Datenexport erfolgt über gängige CAD-Schnittstellen

Anwendungsbereich

- Virtuelle Baubegehungen
- Dokumentation des Ist-Zustands
- 3D-Dokumentation von Bestandsimmobilien
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen
- Erstellen von 3D-Modellen

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, Makler, Vermieter, …

Eigenschaften

- Handhabung: mittel
- Einarbeitungszeit: mittel bis hoch
- Messgenauigkeit: mittel bis hoch (± 1 mm bei 8 m; 0,005°)
- Anschaffungskosten: mittel

Kosten

- HottScan 3D-Raumscanner (ca. 7.000 €)
  zuzüglich Software Raum-Modellierer (1.000 €)

Beispiel 2: 3D-Scanner Matterport Pro2

In rund 30 Sekunden erstellt die Matterport Pro2-Kamera ein 360°-Panorama in hochauf-lösenden Bildern. Zusätzlich erfassen Infrarot-Sensoren die Maße der Räumlichkeiten. Neben einer interaktiven Panoramatour erhält man so einen Grundriss im PDF-Format. Aneinandergrenzende Räumlichkeiten lassen sich ebenso miteinander kombinieren wie unterschiedliche Etagen.
Herzstück des Matterport 3D-Scanningsystems ist eine Online-Plattform, auf der eine „Cortex" genannte Anwendung die Scans automatisch in ein interaktives 3D-Modell verwandelt. Cortex kann Objekte in Räumen identifizieren, die Standorte der Kamera lokalisieren und entsprechend alle Scans zusammenfügen. Dabei ist es der Anwendung egal, ob die Aufnahmen aus der Matterport-Kamera, einem iPhone, einer 360°-Kamera oder einem hochwertigen 3D-Laserscanner stammen. Lediglich die Messgenauigkeit variiert.

Arbeitsschritte

1. Mit Matterport Pro2 oder kompatibler Kamera (z. B. Apple iPhone, 360°-Kameras, Leica BLK360) Panoramabilder erfassen
2. Daten auf Matterport Plattform (Cloud) hochladen
3. Digitaler Zwilling, sprich ein fotorealistisches 3D-Modell wird automatisch erzeugt.
4. Das 3D-Modell lässt sich mit Zusatzinformationen ergänzen und individualisieren
5. Über einen Link beziehungsweise die Integration in eine Webseite kann man das 3D-Modell mit Dritten teilen

Anwendungsbereich

- Virtuelle Baubegehungen
- 3D-Dokumentation von Bestandsimmobilien
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen
- Erstellen von 3D-Modellen
- Generieren von interaktiven Panoramatouren
- Nachträgliche Entnahme von Maßen möglich (Genauigkeit abhängig vom Gerät)

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, Makler, Vermieter, …

Eigenschaften

- Handhabung: mittel
- Einarbeitungszeit: mittel
- Messgenauigkeit: gering bis mittel (360° Kameras 4-8%, Matterport 1%, BLK360 0,1%)
  Maße Räumlichkeiten: +/- 1 %
- Anschaffungskosten: günstig bis hoch, abhängig von der Kamera
- Laufende Kosten: gering bis mittel (Cloud-Modell)

Kosten

- Matterport Pro2-Kamera (ca. 3.200 €)
- Online –Plattform Hosting: 9 €/Monat für 1 Benutzer und 5 aktive Modelle;
  62 €/Monat bei 5 Benutzern und 25 aktiven Modellen

Beispiel 3: 3D-Laserscanner Leica BLK360

Der 3D-Laserscanner BLK360 von Leica erfasst 360.000 Laserpunkte pro Sekunde. Zusätzlich macht er sphärische 360°-Fotoaufnahmen in HDR (= High Dynamic Range). Mit der im Lieferumfang enthaltenen Software lassen sich die Punktwolke und die Fotoaufnahmen zu einem fotorealistischen Modell kombinieren.

Anwendungsbereich

- 3D-Dokumentation von Bestandsimmobilien
- As-Built-Dokumentation von Gebäuden
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen, 3D-Modellen, Schnitten, etc.
- Nachträgliche Entnahme von Maßen vom Büro aus möglich (hohe Genauigkeit)

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, Makler, Vermieter, …

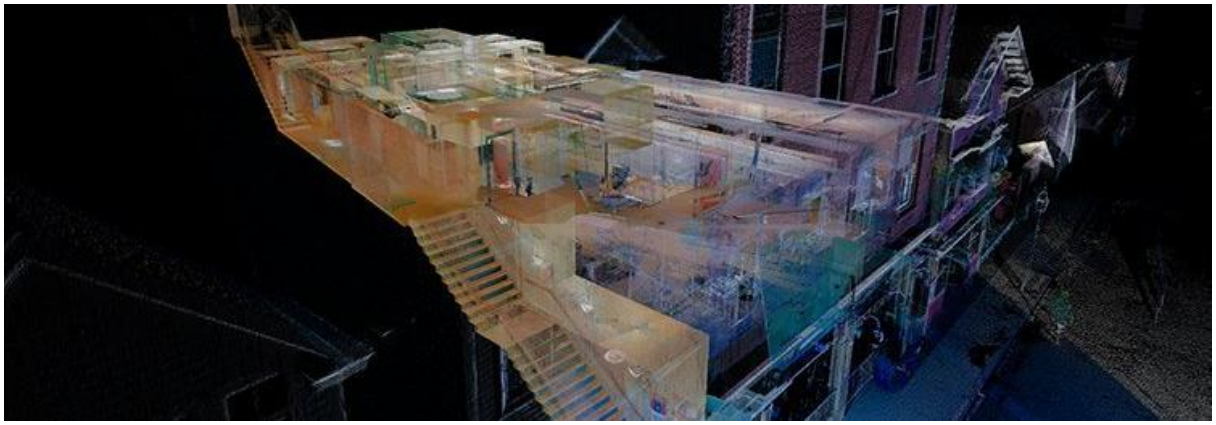
Eigenschaften

- Handhabung: komplex
- Einarbeitungszeit: hoch
- Messgenauigkeit: mittel bis hoch (± 6 mm bei 10 m, ± 8 mm bei 20 m)
- Anschaffungskosten: hoch
- Laufende Kosten: hoch (Software-Lizenzen)

Kosten

- Leica BLK360 (ca. 16.000 €), inkl. App Cyclone FIELD 360
- Software zur Weiterbearbeitung: Leica Cyclone REGISTER 360 1-Jahres-Lizenz enthalten. Dauerhafte Lizenz 4.000 €

Leica BLK360 3D-Scanner



Mit Leica BLK360 erstelltes 3D-Modell

Fotos: Leica Geosystems

Beispiel 4: Mobiler 3D-Laserscanner Leica BLK2GO

Der mobile 3D-Laserscanner BLK2GO von Leica erreicht nicht ganz die Genauigkeit des BLK360. Dafür bietet er Vorteile, wenn beispielsweise der Untergrund das Aufstellen eines Stativs nicht zulässt. Das Gerät ist nämlich handgeführt und daher äußerst flexibel. Es lässt sich frei durch Räume bewegen. Messungen auch in kleinsten Nischen, unter Treppen oder hinter Vorsprüngen sind damit möglich. Der 3D-Laserscanner erfasst dabei fortlaufend je Sekunde bis zu 420.000 Messpunkte. Parallel dazu erstellt der BLK2GO sphärische 360°-Fotoaufnahmen. Die erzeugten Daten lassen sich mit allen gängigen CAD-Programmen weiterverarbeiten.

Anwendungsbereich

- 3D-Dokumentation von Bestandsimmobilien
- As-Built-Dokumentation von Gebäuden
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen, 3D-Modellen, Schnitten, etc.
- Nachträgliche Entnahme von Maßen vom Büro aus möglich (mittlere Genauigkeit)

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, Makler, Vermieter, …

Eigenschaften

- Handhabung: komplex
- Einarbeitungszeit: hoch
- Messgenauigkeit: mittel (± 6 bis 15 mm, bei bis zu 25 m Reichweite)
- Anschaffungskosten: hoch
- Laufende Kosten: hoch (Software-Lizenzen)

Kosten

- Leica BLK2GO ca. 46.000 €
- Software zur Weiterbearbeitung: Leica Cyclone REGISTER 360 1-Jahres-Lizenz enthalten. Dauerhafte Lizenz 4.000 €

Aufnahmen mit dem Leica BLK2GO. Die Punktwolken lassen sich exportieren und in einem CAD-Programm zum 3D-Modell weiterverarbeiten. Foto: Leica Geosystems

Beispiel 5: Trimble TX8

Mit dem 3D-Laserscanningverfahren lassen sich neben der 3D-Modellierung beispielsweise auch Deformationsanalysen, Ebenheitskontrollen und Oberflächeninspektionen durchführen. Für solche anspruchsvollen 3D-Scans, die auch in Sachen Vermessungspräzision richtungsweisend sind, bieten spezialisierte Unternehmen eine Reihe von hochwertigen Scanstationen an.

Ein Beispiel hierfür ist der Trimble TX8. Für die Erfassung hochpräziser Daten misst er rund eine Millionen Punkte pro Sekunde. Dabei hält der TX8 laut Hersteller die hohe Präzision von weniger als 2 mm über den gesamten Arbeitsbereich von bis zu 120 m aufrecht. Bei Bedarf lässt sich der Scanbereich sogar auf 340 m erweitern. Die integrierte Kamera erstellt HDR-Bilder im gesamten Gesichtsfeld.

Anwendungsbereich

- 3D-Dokumentation von Bestandsimmobilien
- As-Built-Dokumentation von Gebäuden
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen, 3D-Modellen, Schnitten, etc.
- Kontrolle der Maßhaltigkeit von Bauteilen
- nachträgliche Entnahme von Maßen vom Büro aus möglich (hohe Genauigkeit)

Zielgruppe

- Alle Baugewerke, Bauleiter, Architekten, …

Eigenschaften

- Handhabung: komplex
- Einarbeitungszeit: hoch
- Messgenauigkeit: hoch (± 2 mm bei 120 m)
- Anschaffungskosten: hoch
- laufende Kosten: hoch (Software-Lizenzen)

Kosten

- Trimble TX8, Preis auf Anfrage

Weitere Beispiele Laserscanner

- Artec Ray
- Faro Focus S 150, Faro Focus S 350
- Leica P40, Leica RTC360
- Trimble ScanStation TX6, Trimble X7
- Ricoh Theta V 360° Sphärenkamera (ca. 340 €)
- Ricoh Theta Z1 360° Sphärenkamera (ca. 860 €)
- Insta 360 One X 360° Sphärenkamera (ca. 420 €)
- Apple iPhone 12 Pro (ca. 1.100 €) Smartphone mit LiDAR-Technologie

Drohneneinsatz in der Bauwirtschaft

Drohnen, auch UAS (unmanned aircraft system) oder UAV (unmanned, uninhabited oder unpiloted aerial vehicle) genannt, sind vielfältig einsetzbar. Bei Überwachungs- und Rettungseinsätzen oder in der Filmproduktion sind sie bereits obligatorisch. Auch für die digitale Vermessung ist die Technik zunehmend interessant. Denn Drohnen werden immer leistungsfähiger und gleichzeitig preisgünstiger. Außerdem machen es Softwarelösungen neuerdings möglich, aus (mehreren) Luftaufnahmen 3D-Modelle zu generieren. Ein solches Aufmaß aus der Luft ist vor allem bei Dächern von Vorteil. Auch komplexe Geländestrukturen und weitläufige (Straßen-) Bauwerke lassen sich mit Drohnen besser erfassen als vom Boden aus.

Einsatzgebiete in der Bauwirtschaft

1. Inspektion von Dächern und Gebäuden
2. Wärmebildinspektionen
3. Flächenberechnung von Dächern, Fassaden, u. a.
4. Volumenberechnungen dank topografischer Kartierung
5. Erstellen digitaler Geländemodelle
6. Erstellen von 3D-Modellen von Gebäuden u. a.
7. Luftaufnahmen zur Baudokumentation und Bauüberwachung

Drohnenflugvorführung während des Workshops

Rechtliche Rahmenbedingungen und Bestimmungen

Bis 31.12.2020 galt die nationale Drohnenverordnung aus dem Jahr 2017. Zusätzlich gelten bis zum 1. Januar 2023 für Drohnenbesitzer (vor 01.01.2021) nationale Übergangsregelungen. Die EU-Richtlinien der neuen EU-Drohnenverordnung definieren ab 2021 einheitliche Grundregeln.

Weitere Informationen finden Sie online unter:

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: www.bmvi.de
- Luftfahrt-Bundesamt (LBA): www.lba.de
- Flugsicherheitsbehörde EASA Agentur der Europäischen Union: www.easa.europa.eu

Nach der neuen EU-Drohnenverordnung ab 01.01.2021 sind u.a. folgende Regeln gültig:

1. **Anmeldung als Drohnenpilot:** Als Betreiber einer Drohne, muss man sich online beim Luftfahrt-Bundesamt (ab 30.04.2021) registrieren, wenn
   - das UAV ein Höchstabfluggewicht von 250 g oder mehr hat
   - die Drohne mit einem Sensor zur Erfassung personengebundener Daten (z.B. einer Kamera) ausgestattet ist

   Nach der Registrierung erhält man eine **Registriernummer** (e-ID). Die Registriernummer ist an sichtbarer geeigneter Stelle **an jeder Drohne anzubringen**

2. **Voraussetzungen:** Der Betrieb eines UAV ist in drei Kategorien unterteilt „offen, speziell und zulassungspflichtig".
   Die Kategorie „offen", welche auf die meisten baugewerblichen Drohneneinsätze zutrifft, muss u. a. folgende Voraussetzungen erfüllen:
   - maximale Flughöhe 120 m
   - ständiger Sichtkontakt des Piloten zum Fluggerät
   - höchstzulässige Startmasse unter 25 kg
   - kein Transport gefährlicher Güter / kein Abwurf von Gegenständen
   - sichere Entfernung zu Menschen
   - kein Flug über Menschenansammlungen
   - Mindestalter des Piloten 16 Jahre
   - ⇨ Sobald eine dieser Voraussetzungen nicht zutrifft, greifen die Kategorien „speziell" oder „zulassungspflichtig". Eine Betriebsgenehmigung wird dann erforderlich.

3. **Drohnenführerschein:** Die „offene" Kategorie ist in drei Unterkategorien (A1, A2 und A3) eingeteilt. Je nach Unterkategorie gelten abweichende Vorgaben und Anforderungen:

Unterkategorie	Drohnen-Klasse	Registrierung	EU-Drohnen-Führerscheine	Unbeteiligte Personen	Erholungs-, Industrie-, Gewerbe- & Wohngebiete
A1	C0 < 250 g	Nur Modelle mit Kamera		Überflug erlaubt	Überflug erlaubt
	C1 < 900 g	ja	EU-Kompetenznachweis A1/A3	Kein Überflug erlaubt	Überflug erlaubt
A2	C2 < 4 kg	ja	zusätzlich EU-Fernpilotenzeugnis A2	Mindestabstand 30 m (5 m im Langsam-Flugmodus)	Überflug erlaubt
A3	C2 < 4 kg	ja	EU-Kompetenznachweis A1/A3	Größerer Abstand, sodass keine Gefährdung	Mindestabstand 150 m
	C3 < 25 kg	ja	EU-Kompetenznachweis A1/A3	Größerer Abstand, sodass keine Gefährdung	Mindestabstand 150 m
	C4 < 25 kg	ja	EU-Kompetenznachweis A1/A3	Größerer Abstand, sodass keine Gefährdung	Mindestabstand 150 m

Für Bestandsdrohnen gibt es Übergangsregelungen. Der EU-Drohnenführerschein A1/A3 ist 5 Jahre gültig. **Tipp:** Bis Mitte 2021 kann der A1/A3 Schein kostenlos beim LBA abgelegt werden.

4. **Klassifizierung der Drohne:** Drohnen der offenen Kategorie werden mit einer C-Klassifizierung (C0 bis C4) gekennzeichnet. Aktuell sind noch keine zertifizierten Modelle zu kaufen. Bestandsdrohnen ohne Zertifikat dürfen weiter betrieben werden.
5. **Versicherung:** Betreiber müssen eine Haftpflichtversicherung für Drohnen abschließen (LuftVG).

Verboten ist

1. jegliche Behinderung oder Gefährdung
2. der Betrieb von Drohnen über sensiblen Bereichen wie
    a. Einsatzorten von Polizei oder Rettungskräften (auch Krankenhäuser)
    b. Menschenansammlungen
    c. Hauptverkehrswegen
    d. im Bereich von Flugplätzen
    e. Naturschutzgebieten
3. der Betrieb von Drohnen über Wohngrundstücken, sofern keine (schriftliche) Erlaubnis der Bewohner/der Eigentümer vorliegt
4. keine Aufnahmen von Personen ohne Erlaubnis (im Landesgesetz verankert, nicht im EU-Drohnengesetz)

Die Frage „Wo darf man fliegen" ist im Detail nicht innerhalt der EU-Drohnenverordnung geregelt. Diese Vorgaben regeln die einzelnen EU-Ländern in einem Geo-System individuell. Dies soll bis Mitte/Ende 2021 fertiggestellt werden. Bis dahin gilt die Drohnenverordnung 2017.

Unterstützende Apps und Onlinetools zur Vorbereitung von Drohnenflügen

Mit einer Smartphone-App lässt sich der Drohneneinsatz planen. Sie zeigt an, ob ein Aufsteigen der Drohne generell erlaubt ist. Wetter-Apps informieren über die zu erwartenden Wetterbedingungen.

1. Droniq App: In der kostenlosen App (iOS und Android) der Droniq GmbH, einem Gemeinschaftsunternehmen der Deutschen Flugsicherung (DFS) und der Deutschen Telekom, lassen sich Drohnen registrieren, Flüge in Deutschland planen und prüfen ob der Einsatz der EU-Verordnung entspricht. Sie ist für den Profipilot ein Hilfsmittel für den sicheren Drohnenflug.
   www.droniq.de
2. Airmap: Mit dieser App (iOS und Android) lassen sich Flugverbotszonen für Drohnen weltweit im Browser ansehen. Gerade, wer mit seiner Drohne viel unterwegs ist, kann sich hier über Gefahrenzonen aufklären.
   www.app.airmap.com
3. Map2fly: Die App (iOS und Android) zeigt deutschlandweit auf einer farbig markierten Karte genau an, wo man fliegen darf und wo nicht.
   www.map2fly.flynex.de
4. Dronecast: Eine Wetter-App (derzeit nur Android), speziell für die Anforderungen für Drohnenflieger
   www.dronecast.app
5. UAV-Forecast: Die Anwendung bietet als App und am PC nicht nur Wetterinformationen, sondern auch die Verfügbarkeit von GPS-Satelliten und zeigt Flugverbotszonen und Flugbeschränkungen in einem einzigen Tool.
   www.uavforecast.com

Photogrammetrie-Software zur Überführung von Drohnen-Fotos in 3D-Modelle

Um (Drohnen-) Fotos in ein 3D-Modell überführen zu können, bedarf es einer speziellen Software.

Hier eine Auswahl:

Autodesk ReCap Pro

Die Scan-Software ReCap Pro von Autodesk dient der Erstellung von 3D-Modellen anhand von importierten Fotos und Lasercans. Der ReCap Photo-Service ist in der Software enthalten. Er verarbeitet Drohnenfotos zu 3D-Darstellungen von Geländen und Gebäuden.

www.autodesk.de, Preis: 400 €/Jahr

Agisoft Metashape

Die Software nutzt die Photogrammetrie als Auswerteverfahren, um aus Fotos automatisch detailgetreue, komplett texturierte 3D-Modelle zu erzeugen. Dank der Möglichkeit, lediglich mit der Fotokamera zu arbeiten, ist dieses Verfahren laut Hersteller günstig und flexibel.

www.agisoft.com, Preis: 145 €

Pix4Dmapper

Die Photogrammetrie-Software Pix4Dmapper wandelt Bilder in digitale Karten und 3D-Modelle um. Wer eine Drohne verwendet, kann die Flugplanung und Bilddatenübertragung mit der kostenlosen Pix4Dcapture-App automatisieren. In den mit Pix4Dmapper generierten Daten lassen sich nachträglich Strecken, Flächen und Volumen ermitteln.

www.pix4d.com/de, Preis: 216 €/Monat (Pix4Dmapper)

Trimble inpho

Die Auswertesoftware ist entwickelt worden, um Luftaufnahmen in Punktwolken, Oberflächenmodelle und digitalisierte 3D-Modelle umzuwandeln.

de.geospatial.trimble.com/products-and-solutions/inpho, Preis: auf Anfrage

Open Drone Map

Wer sich mit Photogrammetrie-Software vertraut machen möchte, kann hierfür für kleines Geld die Software Open Drone Map nutzen. Die Software dient der Erfassung, Verarbeitung, Analyse und Anzeige von Luftaufnahmen.

www.opendronemap.org, Preis: 57 US-$

3D Zephyr

Auch mit dieser Softwarelösung von 3DFlow lassen sich alle Arten von Fotos in 3D-Rekonstruktionen eines Objekts wandeln. Die Daten lassen sich mit Laserscans kombinieren, um eine höhere Präzision zu erlangen. Die kostenlose Version ist auf 50 Bilder beschränkt.

www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/, Preis: ab 149 €

Sonstige digitale Vermessungslösungen

Für Vermessungsaufgaben in der Bauwirtschaft stehen auch unzählige Apps und Desktop-Anwendungen zur Verfügung. Die nachfolgende Auflistung erhebt insofern keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll nur einen Überblick der unterschiedlichen Kategorien schaffen. Die Kompatibilität mit den entsprechenden Endgeräten sowie die Systemanforderungen sind bei den Herstellern abzurufen.

Apps

magicplan

Die App magicplan ermöglicht ein digitales Aufmaß mit dem Tablet-PC oder dem Smartphone ohne weitere Hilfsmittel, das heißt ohne Meterstab, Maßband oder Laserdistanzmessgerät. Man läuft durch den Raum und markiert auf dem Display die Raumecken. Die App wandelt diese Informationen in einen Grundriss beziehungsweise in ein 3D-Modell um. Zu den Maßen können nach Belieben Fotos und Notizen hinzugefügt werden.
www.magicplan.app

roometric

Mit dieser Smartphone-App lassen sich Räume messen, Grundrisse und 3D-Modelle erzeugen und die Ergebnisse exportieren und teilen. Im Grunde genommen funktioniert die App wie die App magicplan.
www.roometric.com

App mit Hardware-Zusatzmodul

ViGRAM

Das Verfahren dient der Dokumentation von Gebäuden in 2D und 3D. Es funktioniert als App in Kombination mit einem RTK-Modul (Real Time Kinematic) für das Smartphone. Das System soll Messungen mit einer Genauigkeit von rund zwei Zentimetern erlauben. Die aufgenommenen Videos dienen als Basis für präzise 3D-Dokumentationen und Aufmaße.
www.vigram.de

Software für PC und/oder Tablet-PC

Mobiles Fotoaufmaß

Diese Anwendung erleichtert das Messen von Fassaden. Das Aufmaß erfolgt in drei Schritten: 1. Die Fassade fotografieren und das Bild auf das iPad übertragen. 2. Nun müssen auf dem Foto zwei Referenzmaße eingetragen werden. Die misst man am besten mit einem Laserdistanzmessgerät. 3. Nun lassen sich auf dieser Basis Flächen und Entfernungen am Foto bestimmen.
www.winworker.de/mobiles-fotoaufmass/

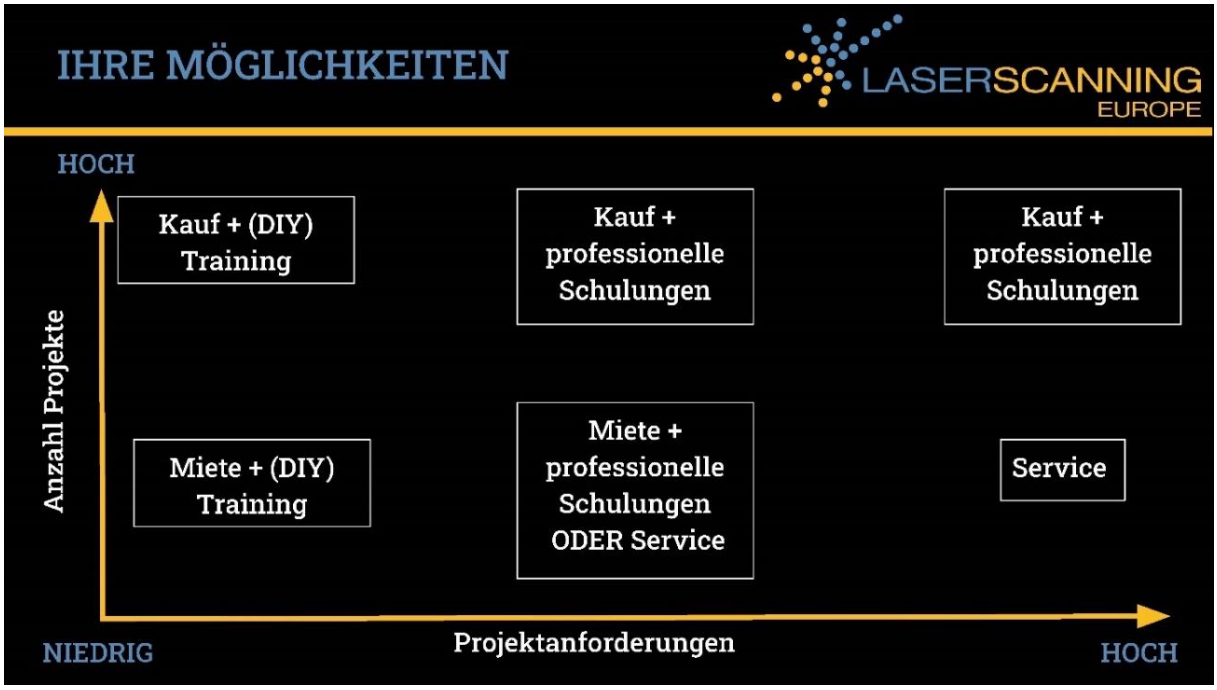
Mobiles Raumaufmaß

Die Anwendung fürs iPad ermöglicht es, gleich auf der Baustelle das Aufmaß zu erstellen. Alle Räume werden mit ihren Bauteilen wie Fenstern, Türen oder Fußleisten erfasst. Daten können mit dem Laserdistanzmessgerät direkt ins Programm geladen werden. Eine 3D-Ansicht visualisiert die Räumlichkeiten.
www.winworker.de/mobiles-raumaufmass/

Leistungen selbst durchführen, einkaufen oder verkaufen?

Digitale Vermessung als Dienstleistung einkaufen

Die Digitalisierung im Bereich 3D-Aufmaß und Drohnenaufmaß ist, wie man sieht, mit teils hohen Investitionen verbunden. Auch benötigt man viel Zeit, um sich mit der Technik vertraut zu machen. Diese entwickelt sich rasant. Was heute als Innovation gilt, kann morgen bereits überholt sein. Vieles spricht dafür, solche Leistungen nicht selbst auszuführen, sondern einen Dienstleister damit zu beauftragen. Die sind mit Hardware und Software vertraut, arbeiten dadurch schneller, rationeller und am Ende günstiger.



Ob sich die Beauftragung eines Dienstleisters lohnt, hängt von der Komplexität und Häufigkeit der Aufträge ab. Grafik: Laserscanning Europe.

Beispielrechnung 3D-Aufmaß eines EFH

Beispielrechnung: Die Kosten, um ein rund 100 Quadratmeter großes Gebäude vollständig zu scannen und aus dem Laserscan ein 3D-Modell zu generieren, belaufen sich auf rund 4.000 Euro. Demgegenüber stehen die Miete für einen 3D-Scanner, der Aufwand für eine entsprechende Schulung, die Lizenzgebühr für eine 3D-Software sowie die Einarbeitungszeit in dieselbe.

Dienstleister – ein Auszug

Airteam - Drohnenvermessung

Das Airteam bietet einen bundesweiten Fullservice im Bereich Dachaufmaß. Egal ob man selbst eine Drohne besitzt oder das Unternehmen mit den Luftaufnahmen beauftragt – am Ende erhält man ein akkurates, prüffähiges Aufmaß. Schneller, günstiger und vor allem sicherer geht es kaum.

www.airteam.ai

Hemminger – verschiedene Vermessungen

Das Ingenieurbüro Hemminger ist unter anderem auf die Digitalisierung im Baugewerbe spezialisiert – von BIM bis zum Indoor Mapping. Letzteres ermöglicht ein zentimetergenaues Scannen und Virtualisieren von Gebäuden.

www.hemminger.info

Laserscanning Europe - Laserscanning

Laserscanning Europe ist ein Systemhaus für 3D-Laserscanning. Es vermietet und verkauft Hardware, Software und Zubehör. Außerdem führt das Unternehmen Schulungen zum Schwerpunkt 3D-Scanner durch. Bei Bedarf bietet Laserscanning Europe einen Komplettservice, bestehend aus dem 3D-Laserscannen, der Auswertung der Scandaten (Punktwolken) sowie der 3D-Modellierung.

www.laserscanning-europe.com/de

Moselcopter - Drohnenvermessung

Moselcopter realisiert Luft- und Bodenaufnahmen, Raumvisualisierungen, 3D-Modelle und eine maßstabsgetreue Vermessung für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche. So erstellt das Unternehmen prüffähige Aufmaßunterlagen von Dachflächen, Fassaden und ermittelt die Massen für eine bedarfsgerechte Gerüststellung.

www.moselcopter.de

Scanner2go - Laserscanning

Testen, mieten oder kaufen? Scanner2go hat sich auf das 3D-Scannen von Immobilien spezialisiert. Hierfür bietet es seinen Kunden Hardware, Software, Zubehöre und Schulungen. Auf der Webseite finden sich zahlreiche Bedienungsanleitungen und Tutorials.

www.scanner2go.de

Digitale Vermessung als Dienstleistung anbieten

Im Workshop wurde deutlich, dass die Einarbeitung in digitale Messverfahren aufwändig ist und eine hohe Investitionsbereitschaft erfordert – in personelle Ressourcen, in professionelle Schulungen und in innovative Technik. Doch je mehr Projekte anstehen und je höher die Projektanforderungen sind, desto eher lohnt es sich, diese Digitalkompetenz im eigenen Unternehmen aufzubauen.

Zielgruppen

Fast zwangsläufig bietet sich dabei vielen Unternehmen eine neue Marktchance, nämlich mit den gemachten Erfahrungen und dem angesammelten Know-how eine neue, zusätzliche eigene Dienstleistung anzubieten. Hierfür kommen folgende Zielgruppen in Frage:

- Architekten und Planer
- Unternehmen der Bauwirtschaft
- Garten- und Landschaftsbauer
- Energieberater
- u. a.

Portfolio

Je nachdem in welchem Zweig der Bauwirtschaft das Unternehmen tätig ist, wird es sich auch hierbei spezialisieren. Ein Dachdecker wird einen Schwerpunkt im Drohnenflug sehen und möglicherweise die Inspektion sowie das Aufmaß von Dächern als Dienstleistung in sein Portfolio aufnehmen. Grundsätzlich bieten sich folgende Handlungsfelder an:

- Dokumentation und Kartieren von Baugrundstücken
- Erforschen von schwer zugänglichem Gelände
- Erstellen von 3D-Modellen von Bestandsgebäuden
- Erstellen von 2D-Grundrisszeichnungen
- 3D-Dokumentation von Bestandsgebäuden (Ist-Zustand)
- Erstellen einer Baufortschrittsdokumentation
- As-built-Dokumentation von Gebäuden
- Inspektion und Aufmaß von Dachflächen
- Massenermittlung von Fassadenflächen
- Massenermittlung von Innenräumen
- Planung von Baugerüsten, auch von komplexen Bauwerken wir Kirchen, Brücken, u. a.
- Gebäudeinspektion mit Wärmebildkameras
- Erstellen von 360°-Panoramen von Gebäuden
- Durchführen virtueller Baubegehungen
- Qualitätsüberwachung durch Oberflächenanalyse
- u. a.

Die Digitalisierungswerkstatt hat Möglichkeiten aufgezeigt, die sich den Unternehmen der Bauwirtschaft mit der Digitalisierung bieten. Wer das erworbene Know-how als zusätzliche Dienstleistung vermarktet, dem bietet sich damit eine weitere Zukunftschance. Die Workshops wurden von den Teilnehmern als erster wichtiger Schritt auf diesem Weg empfunden.

Rechtsfragen

Grundregeln für Aufmaße

1. **Gesetze und Vorschriften:** Die *VOB/C ATV DIN 18299* legt fest: „Die Leistung ist aus Zeichnungen zu ermitteln, soweit die ausgeführte Leistung diesen Zeichnungen entspricht. Sind solche Zeichnungen nicht vorhanden, ist die Leistung aufzumessen."
   In der *VOB/B § 14 Abs. 1* heißt es ergänzend: „Der Auftragnehmer hat seine Leistungen prüfbar abzurechnen. (…) Die zum Nachweis von Art und Umfang der Leistung erforderlichen Mengenberechnungen, Zeichnungen und andere Belege sind beizufügen."
   „Prüfbar" ist ein Aufmaß dann, wenn ein unbeteiligter, fachkundiger Dritter in der Lage ist, die Nachweise zu überprüfen.
   Grundlagen für das Aufmaß liefern die Regeln in den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) beziehungsweise die DIN-Vorschriften für die einzelnen Baugewerke in der *VOB, Teil C*.
2. **Mathematik:** Für das Aufmaß sind die maßgebenden Formeln, Rechenvorschriften und bei Bedarf mathematische Näherungsverfahren (z. B. bei Aushub von Erdarbeiten) anzuwenden.
3. **GAEB & Co.:** Die Regelungen für die elektronische Bauabrechnung (REB) können ebenfalls als Basis für das Aufmaß dienen. Die Vertragspartner müssen sie jedoch vorab vereinbaren.
4. **Pflicht des Auftraggebers:** Der Fortgang der Bauleistungen ist möglichst gemeinsam festzustellen, bei einem Vertrag nach § 14 Abs. 2 VOB Teil B als „gemeinsames Aufmaß". Diese Orientierung richtet sich vor allem an den Auftraggeber.
5. **Zeitpunkt:** Die VOB regelt nicht, wann ein Aufmaß aufzustellen ist. Empfohlen ist eine kontinuierliche, zeitnahe Aufstellung spätestens mit der Abschlagsrechnung.
6. **Verantwortlichkeiten:** Mit Baubeginn sollte der Auftragnehmer festlegen, wer die Aufmaße erstellt (Polier, Dienstleister, …) und wer diese seitens des Bauherrn überprüft.
7. **Form:** Auftragnehmer und Auftraggeber sollten sich vorab auf die äußere Form, die zeitliche Abfolge und die Verwendung des Aufmaßes für Abschlags- und Schlussrechnungen einigen.
8. **Rechtssicherheit:** Der sicherste Weg zum prüffähigen Nachweis ist das gemeinsame Aufmaß von Auftragnehmer und Auftraggeber. Der Bundesgerichtshof hat hierzu formuliert, dass das gemeinsame Aufmaß eine die Vertragsparteien bindende Wirkung habe (BGH, NJW 1974, 646).
9. **Beweislastumkehr:** Ist ein gemeinsames Aufmaß vereinbart und der Auftraggeber verweigert die Teilnahme grundlos, kommt es zu einer Umkehr der Beweislast. Im Streitfall muss nicht der Unternehmer dann die Richtigkeit des Aufmaßes beweisen, sondern der Bauherr dessen Fehlerhaftigkeit (BGH 22.05.2003, Az. VII ZR 143/02). Das dürfte vor allem dann unmöglich sein, wenn Leistungen bereits durch nachfolgende Arbeiten verdeckt wurden. Gleiches gilt auch umgekehrt, wenn der Unternehmer seine Teilnahme verweigert. Dann darf der Bauherr messen und der Unternehmer muss beweisen, dass das Aufmaß nicht stimmt (BGH 24.07.2003, Az. VII ZR 79/02).
10. **Haftung:** Ein beauftragter Dritter haftet für etwaige Fehler in einem Aufmaß mit rechtsgeschäftlichem Charakter. Anspruchsgrundlagen hierfür sind vertragliche und gesetzliche Regelungen (§ 280 BGB). Ein genereller Haftungsausschluss per AGB ist nicht möglich.

Regeln beim digitalen Aufmaß

1. **Hardware:** Die laufende Überprüfung der Hardware mit entsprechendem Protokoll ist eine unabdingbare Voraussetzung für ein rechtssicheres Aufmaß. Daraus ergeben sich i. d. R. auch die entsprechenden Genauigkeitsvorgaben zum Zeitpunkt der Aufnahmen.
2. **Software:** Die Aktualisierung der entsprechenden Software und die Bestimmung funktionierender Schnittstellen ist für die Dokumentation der entscheidende Schlüssel. Grundsätzlich sind ausschließlich gekaufte Lizenzen zu verwenden.
3. **Datenübermittlung:** Der Datenaustausch erfolgt über die CAD-Programme. Verbreitet sind AutoCad (*.DWG) und Microstation (*.DGN). Für die Abrechnung empfehlen sich zusätzliche Ausdrucke. In digitaler Form sind PDF, JPG und TIF verbreitet. Der Datenversand soll verschlüsselt erfolgen.
4. **Formvorschriften:** Sie ergeben sich aus der Verordnung über den elektronischen Rechtsverkehr (ERVV). Gem. § 2 Abs. 1 ERVV ist das elektronische Dokument in druckbarer, kopierbarer und durchsuchbarer Form als PDF zu übermitteln. Bildliche Darstellungen können zusätzlich im TIFF-Format übermittelt werden. Die Dateiformate müssen den unter www.justiz.de bekanntgemachten Versionen entsprechen.
5. **Prüfbarkeit:** Grundsätzlich gilt: Die Prüfbarkeit eines Aufmaßes richtet sich nach dem Empfänger. Entscheidend für die Übergabe der digitalen Aufmaßdaten an den Auftraggeber sind daher dessen technische und personelle Möglichkeiten. Eine vorherige Abstimmung, egal ob öffentlicher oder privater Auftraggeber, ist zwingend erforderlich.

Tipps für rechtssichere Aufmaße

Der sicherste Weg zum prüffähigen Nachweis ist nach wie vor das gemeinsame Aufmaß von Auftragnehmer und Auftraggeber. Letzterer kann dabei auf die Art der Dokumentation Einfluss nehmen. Wichtig ist eine abschnittweise und laufende Dokumentation. Hierzu sollte man alle digitalen Möglichkeiten nutzen. Zusätzliche Bilder dienen der Klarheit.

Neue, digitale Verfahren vereinfachen das Aufmaß. Sie sorgen für eine höhere Qualität und Transparenz. Digitale Formate lassen sich zwischen den Beteiligten teilen und langfristig gesehen besser archivieren und nutzen. Jegliches Verfahren – ob analog oder digital – sollten Auftraggeber und Auftragnehmer vorab miteinander vereinbaren.

Resümee

Die Digitalisierungswerkstatt „Digitales 3D-Aufmaß und Drohneneinsatz auf der Baustelle“ hat gezeigt, dass moderne Vermessungsverfahren – ob durch 3D-Laserscanning oder Drohnenaufnahmen – Unternehmen der Bauwirtschaft große Chancen bieten. Sie können damit Prozesse optimieren und diese transparenter gestalten. In den Workshops haben die Referenten eine Vielzahl technisch hochwertiger Lösungen präsentiert. Die Herausforderung ist es, ein für die eigenen technischen und personellen Möglichkeiten geeignetes Verfahren auszuwählen. Eine systematische Vorgehensweise – mit steigender Komplexität der Technologien – empfiehlt sich dabei.

Je nach Zielsetzung des Unternehmens sind unterschiedliche Kriterien von Bedeutung. Hierzu ergaben sich aus den Workshops folgende Erkenntnisse:

1. Messgenauigkeit: Laserdistanzmessgeräte bieten eine hohe Genauigkeit bei vergleichsweise geringen Investitionskosten. Die Tachymetrie ist, als Übergangstechnologie zum digitalen 3D-Aufmaß, vergleichbar exakt bei moderater Komplexität und überschaubaren Investitionskosten. Bei Hightech-Methoden wie dem 3D-Laserscanning oder der Photogrammetrie erreicht man diese hohe Messgenauigkeit nur durch erheblich höhere Investitionen.
2. Zeiteinsparpotenzial: Das digitale Aufmaß mit Laserentfernungsmesser und Tachymetrie bietet eine hohe Zeitersparnis. In Kombination mit entsprechenden Apps und der damit verbundenen Möglichkeit, die Daten in 2D- oder 3D-Modelle zu überführen, sind sie zudem der ideale Einstieg in die digitale 3D-Vermessungstechnik. Komplexe Verfahren wie das 3D-Laserscanning und die Photogrammetrie sind hingegen sehr zeit- und kostenintensiv. Sie lohnen sich jedoch, wenn
   a. die erfassten Daten mehreren Gewerken als Kalkulations- und Abrechnungsbasis dienen oder
   b. ein klassisches Aufmaß aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist (unzugängliches Gelände) oder
   c. sich das Gesundheitsrisiko beim Aufmaß minimiert (Schrägdachaufmaß) oder
   d. die Genauigkeit der Massenermittlung nur durch diese Art des Aufmaßes gewährleistet werden kann (Volumenberechnung bei Baugruben; Massenermittlung für den Einbau komplizierter, maßhaltiger Bauteile, bspw. Treppenkonstruktionen)
3. Einarbeitungszeit: Je komplexer eine Technologie, desto aufwändiger die Einarbeitung. Digitale Vermessungsgeräte unterscheiden sich diesbezüglich nicht von anderen Technologien. Niemand wird einen Autokran bedienen, ohne dass er eine Einweisung durch den Hersteller und entsprechende Kurse und Befähigungszertifikate nachweisen kann. Genauso verhält es sich bei digitalen Vermessungsverfahren. Insbesondere, wenn von den Geräten eine bestimmte Gefahr ausgeht – wie beispielsweise von Flugdrohnen – sind entsprechende Schulungen unerlässlich. Während sich der Einsatz von Laserdistanzmessgeräten quasi nebenbei erlernen lässt, sind für die Einführung komplexer, digitaler Vermessungsverfahren im Unternehmen, Mitarbeiter entsprechend freizustellen. Herstellerschulungen, Weiterbildungskurse und Praxisseminare sind für Drohnenaufmaß, 3D-Laserscanning und die vorgestellten photogrammetrischen Verfahren unerlässlich. Der zeitliche Aufwand hierfür ist bei der Anschaffung mit zu berücksichtigen.

4. Know-how Transfer: In der Bauwirtschaft ist es gang und gäbe, bestimmte Tätigkeiten an Dienstleister zu übertragen; Gerüststellung und Abfallentsorgung sind hierfür Beispiele. Auch für die Vermessungstechnik bietet sich ein Outsourcing an. Jedes Unternehmen muss sich jedoch die Frage beantworten, ob es sich dabei um eine Schlüsselqualifikation handelt oder nicht. Ab wann lohnt es sich, personelle Ressourcen im Unternehmen zur Verfügung zu stellen? In den Workshops wurde deutlich, dass es sich lohnt, solche Kompetenz im eigenen Betrieb aufzubauen. Das ist umso mehr der Fall, je mehr Projekte anstehen und je höher deren Anforderungen sind. Wird im Unternehmen diese Kompetenz aufgebaut, lässt sich mit diesem Know-how gegebenenfalls sogar ein eigener, neuer Dienstleistungssektor aufbauen.
5. Rechtssicherheit: Grundvoraussetzung eines Aufmaßes ist die Möglichkeit des Auftraggebers oder dessen Bevollmächtigter, dieses nachvollziehen und prüfen zu können. Das bedeutet, dass der Einsatz digitaler Vermessungsverfahren mit dem Auftraggeber abzustimmen und zu genehmigen ist. Der Auftraggeber muss technisch und personell in der Lage sein, das Aufmaß prüfen zu können.

Best Practice

Ein Teilnehmer der Digitalisierungswerkstatt hat unmittelbar nach dem 1. Workshop in eine Baustellendrohne investiert. Er berichtet über seine Erfahrungen:

„Ich habe ein Bauunternehmen mit rund 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Unser Tätigkeitsschwerpunkt ist der Tief- und Kanalbau, der Straßenbau sowie Abbruch, Rückbau und Entsorgung. Nach dem ersten Workshop haben wir uns mit dem Thema Drohnenaufmaß beschäftigt. Wir haben eine dreitägige Schulung absolviert und rund 10.000 Euro in eine Drohne investiert. Außerdem waren weitere circa 3.000 Euro für einen leistungsstarken Computer mit entsprechender Software fällig.

Mit dem Drohnenaufmaß haben wir seither sehr gute Erfahrungen gemacht. Wenn wir mit der Drohne beispielsweise eine Baugrube aufmessen, dann legen wir ein eindeutiges, exaktes Aufmaß vor, mit Bildern dokumentiert. Unseren Auftraggebern und den mit der Prüfung beauftragten Ingenieurbüros fällt es leicht, solche Aufmaße zu prüfen. Wir erhalten positives Feedback. Zudem hat das eine tolle Außenwirkung. Es spricht sich rum. Wir selbst wollen es auch nicht mehr missen. Für uns ist das die Zukunft.

Die wichtigste Erkenntnis ist jedoch: Sie brauchen einen Mitarbeiter, der sich ausschließlich um dieses Thema kümmert. Er muss bereit sein, sich in die Materie einzuarbeiten. Und als Unternehmer muss ich bereit sein, den Mitarbeiter dafür freizustellen. Solch eine komplexe Technik nebenher einzuführen, ist nicht möglich.“

CHECKLISTE:

Auswahlkriterien digitales Vermessungsverfahren

Photogrammetrie oder Laserscanning? Welches ist das optimale digitale Vermessungs-verfahren für das eigene Unternehmen? Um das zu ermitteln, dient die nachfolgende Checkliste.

- Welche Messgenauigkeit ist gefordert und welche Genauigkeit bietet das Verfahren?
- Wie hoch ist das Zeiteinsparpotenzial?
- Wie steht es um die Prüfbarkeit, Nachvollziehbarkeit und damit auch um die Rechtssicherheit des Aufmaßes?
- Ist der Auftraggeber technisch und personell in der Lage, das (digitale) Aufmaß zu prüfen?
- Ist das digitale Aufmaßverfahren alternativlos? (Drohneneinsatz bei unwegsamem Gelände und schlecht erreichbaren Dächern)
- Lässt sich das (digitale) Aufmaß als Zusatzleistung abrechnen? Sind beispielsweise als Nebenprodukt 2D-Zeichnungen oder 3D-Modelle entstanden, die der Kunde anderweitig nutzen kann?
- Lassen sich die erzeugten Daten auch von anderen Gewerken – also gewerkeübergreifend – nutzen?
- Wie hoch sind die Anschaffungskosten von Hard- und Software im Verhältnis zur eingesparten Zeit und zum Mehrwert?
- Verfügt das Unternehmen über Mitarbeiter, die sich in die neue Technik einarbeiten können/wollen oder ist/bleibt das Aufmaß Chefsache?
- Wie hoch sind die erforderliche Einarbeitungszeit und die damit verbundenen (Lohn-)Kosten?
- Sind Schulungen erforderlich?
- Lassen sich bei dem jeweiligen Verfahren Teilleistungen an Dienstleiter auslagern?
- Möchte das Unternehmen mittel- oder langfristig das erlangte Know-how in Form einer neuen, zusätzlichen Dienstleistung anderen Unternehmen anbieten?

Erst wenn der Unternehmer diese Fragen beantwortet hat, kann er zielgerichtet eine Auswahl treffen. Die gängigsten Verfahren führen wir nachfolgend im Detail auf.

CHECKLISTE:

Für gewerblichen Drohnenflug

Vorbereitung

1. Registrierung als Betreiber
2. Registriernummer an der Drohne anbringen
3. Haftpflichtversicherung für Drohnen abschließen
4. Prüfen, ob das Fluggebiet in einer Verbotszone liegt
   a. Falls ja: Genehmigung bei der Landesluftfahrtbehörde einholen
   b. Falls nein: Drohnenflug darf grundsätzlich durchgeführt werden
5. Einverständnis des Grundstückeigentümers einholen
6. Eventuell Aushang am Gebäude, um die Bewohner zu informieren

Am Flugtag

1. Wetter überprüfen mit Wetterauskunft/Wetter-App. Insbesondere sind Regen-wahrscheinlichkeit und Windgeschwindigkeiten zu berücksichtigen.
2. Equipment überprüfen
3. lokale Bedingungen überprüfen
4. Persönlichkeitsrechte beachten. Aufnahmen von Personen dürfen nur mit deren ausdrücklicher Genehmigung erfolgen.

Hilfreich ist ein Online-Service der Deutschen Flugsicherung. Mit ihm lässt sich feststellen, welche Regelungen für eine bestimmte Situation zutreffen:

www.dfs.de/apps/drohnencheck/umfrage-de.html

Notizen: