

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Potential des Bauteiltracking in der Gebäudetechnik



Fabian Wälchli

Thesis-Begleiterin: Nora Dainton

Thesis-Experte: Marcel Wyss

Praxispartnerin: Hälg & Co. AG

Eigenständigkeitserklärung

"Ich erkläre hiermit,

dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel Potential des Bauteiltracking in der Gebäudetechnik selbst und selbständig verfasst habe,

dass ich sämtliche nicht von mir selbst stammenden Textstellen bzw. Bestandteile eines Werkes (Bilder, Grafiken, Codes, etc.) gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt zitiert und die verwendeten Quellen gut sichtbar erwähnt habe;

dass ich in einem Verzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots [z.B. ChatGPT], Übersetzungs- [z.B. DeepL] Paraphrasier- [z.B. Quillbot]) oder Programmierapplikationen [z.B. Github Copilot] deklariert und ihre Art der Verwendung offenlege und bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe,

dass ich sämtliche immateriellen Rechte an von mir allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe oder dass diese Materialien von mir selbst erstellt wurden;

dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;

dass ich mir bewusst bin, dass meine Arbeit auf Plagiate und auf Drittautorschaft menschlichen oder technischen Ursprungs (künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;

dass ich mir bewusst bin, dass die Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik einen Verstoß gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik verfolgt und dass daraus disziplinarische (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) Folgen resultieren können.“

Vorname Nachname: Fabian Wälchli

Ort, Datum: Zürich, 12. Januar 2024:

Unterschrift:

Abstract

In der Baubranche sind Informationen häufig nicht zentral verfügbar und müssen aktiv eingefordert werden. Dies benötigt Zeit. Durch höhere Baunachfrage und zunehmenden Kapazitätsengpässen spitzt sich diese Problematik derzeit weiter zu. Um der Informationsarmut entgegenzuwirken, kann Bauteiltracking eine Lösung sein.

Ziel dieser Arbeit ist es, das Potential von Bauteiltracking für die Praxispartnerin Hälg & Co. AG aufzuzeigen und dies in einen Konzeptentwurf zu überführen. Diesbezüglich wird die aktuelle Verbreitung des Bauteiltrackings in der Gebäudetechnik ermittelt, bestehende Ansätze untersucht und andere Branchen zum Vergleich beigezogen.

Die Datenerhebung erfolgt mit unterschiedlichen Methoden. In einer Literaturrecherche werden die Themenbereiche Logistik, Lieferkettenmanagement und Trackingtechnologien aufgearbeitet. Mittels Umfrage wird die aktuelle Verbreitung von Bauteiltracking in der Gebäudetechnik ermittelt und mögliche Potentiale erfragt. Firmenbesichtigungen in andere Branchen bieten einen Einblick in spannende Prozesse mit Potential zur Adaption. Zudem wird eng und aktiv mit Mitarbeitenden der Hälg & Co. AG zusammengearbeitet, um ihren bisherigen Prozess aufzunehmen.

Die Evaluation zur aktuellen Verbreitung zeigt, dass Bauteiltracking noch nicht in Lüftungunternehmen der Deutschschweiz Einzug gehalten hat. Andere Branchen sind diesbezüglich bereits weiter fortgeschritten. In der Literaturrecherche konnte nur eine Adaption im Hochbau für Fenster und Betonfertigteile nachgewiesen werden. Zur Erhebung der Status von Bauteiltracking werden zwölf Methoden näher betrachtet, wovon sich die 3D Informationsergänzung und Erfassung mittels QR-Codes im Konzeptentwurf als zielführendste Varianten für einen ersten Schritt herausstellten. Weiter optimieren lässt sich die Erfassung durch einzelne Automatisierungen oder Weiterentwicklung von Augmented Reality Anwendungen. Insgesamt wurden für Bauteile der Disziplin Lüftung in der Gebäudetechnik elf relevante Status definiert. Diese ermöglichen eine bessere Projektübersicht, zentrale Informationsquelle, erhöhte Transparenz sowie Nachvollziehbarkeit der erfolgten Schritte für alle Beteiligten. Mit den Erkenntnissen aus zwei Pilotprojekten der Hälg & Co. AG wurden Kriterien für die Datenverarbeitung und Visualisierung erarbeitet. Als Ergebnis resultierte ein visualisierter Prozess mit konkreter Handlungsempfehlung in neun Schritten.

Schlagworte:

Baubranche, Lüftung, Bauteiltracking, Trackingtechnologien, Status, Nachverfolgung

Inhaltsverzeichnis

Eigenständigkeitserklärung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VII
Diagrammverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XI
Hilfsmittelverzeichnis	XII
Abkürzungen	XIII
Begriffe	XV
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage.....	1
1.2 Fragestellung.....	2
1.3 Abgrenzung	2
1.4 Praxispartner	2
1.5 Aufbau der Arbeit.....	3
1.6 Methodik.....	3
2 Grundlagen	4
2.1 Digitalisierung im Bauwesen.....	4
2.2 Supply-Chain Management im Bauwesen	4
2.3 Logistik	5
2.4 Informations- und Kommunikationstechnologien.....	6
2.5 Bauteiltracking	7
2.6 Lüftung	8
3 Analyse	9
3.1 Stand der Anwendung Gebäudetechnik.....	9
3.1.1 Lieferanten	10
3.1.2 Installateure	13
3.1.3 Betrieb	17
3.1.4 Service	18
3.2 Blick in andere Branchen	19
3.2.1 Industriebranche – Maagtechnic	21
3.2.2 Lebensmittelbranche – Migros	23
3.2.3 Logistikbranche – Post	27
3.3 Ansätze der Baubranche	29
3.3.1 Tracking mittels QR-Codes	29
3.3.2 Tracking mittels Assets	30
3.4 Technologische Entwicklungen / Adaptionen	31
3.4.1 2D-Code	31

3.4.2	RFID	32
3.4.3	NFC	32
3.4.4	BLE	32
3.4.5	GPS.....	33
3.4.6	Laserscan.....	33
3.4.7	Kamera.....	33
3.4.8	Augmented Reality	34
3.5	Fazit der Analyse.....	35
4	Synthese.....	37
4.1	Benötigte Status für ein Lüftungsbauteil.....	37
4.1.1	Herleitung	37
4.1.2	Erläuterung.....	38
4.1.3	Potentiale	41
4.2	Möglichkeiten der Umsetzung.....	44
4.2.1	Markierungen auf Plan.....	44
4.2.2	Digital Redup in CDE.....	45
4.2.3	Asset Tracking.....	45
4.2.4	3D Informationsergänzung.....	46
4.2.5	QR-Code	46
4.2.6	RFID-Transponder.....	47
4.2.7	NFC-Tags.....	47
4.2.8	BLE-Beacons.....	48
4.2.9	GPS-Empfänger	48
4.2.10	Laserscan KI-Auswertung	48
4.2.11	Kamera KI-Auswertung	48
4.2.12	Augmented Reality mit Datenbrille oder Tablet.....	49
4.3	Fazit der Synthese.....	50
5	Konzeptentwurf für Hälg.....	51
5.1	Ausgangslage.....	51
5.2	Priorisierung der Status	52
5.3	Nutzwertanalyse der Varianten.....	55
5.3.1	Kriterien und Gewichtung.....	55
5.3.2	Varianten	56
5.3.3	Nutzwertanalysen	57
5.4	Selektion der Varianten	69
5.5	Pilotprojekte.....	71
5.5.1	Pilotprojekt 3D Informationsergänzung Status «montiert».....	71
5.5.2	Pilotprojekt QR-Code Status «Wareneingang»	72
5.6	Wunschprozess	74
5.6.1	Datenverarbeitung	74

5.6.2	Datenvisualisierung	75
5.6.3	Prozess	79
5.7	Handlungsempfehlung	82
5.8	Fazit Konzeptentwurf	83
6	Diskussion	84
7	Fazit und Ausblick	87
7.1	Fazit	87
7.2	Persönliche Erkenntnisse	88
7.3	Ausblick	89
8	Quellenverzeichnis	90
9	Anhang	95

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Unterscheidung Bauteile, Bauteilgruppe und Bauteiltyp (Eigene Darstellung, Desite / Miro, 2024)	7
Abb. 2 Unterschied Bauteiltracking und Bauteiltracing (Eigene Darstellung, Desite / Miro, 2024)	7
Abb. 3 Verschiedene Lüftungsbauteile (Lueftungsteile.ch, 2024)	8
Abb. 4 Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), (Anton Porkin, 2023), (KRAUSE-Werk GmbH & Co. KG, 2023), (design4design, 2023) Bilder: (Luftech Schweiz AG, 2016), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023a), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023b), (haustec.de, 2023))	8
Abb. 5 Beteiligte Unternehmen am Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), (Anton Porkin, 2023), (KRAUSE-Werk GmbH & Co. KG, 2023), (design4design, 2023) Bilder: (Luftech Schweiz AG, 2016), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023a), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023b), (haustec.de, 2023))	9
Abb. 6 Möglicher, vereinfachter Geschäftsprozess und Lagerhaltung bei Lieferanten (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))	10
Abb. 7 Etikette Zwischenfabrikat Lüftung (Eigenes Foto, 2023)	10
Abb. 8 Etikette Fertigteil Lüftung (Eigenes Foto, 2023)	11
Abb. 9 Liste Sammelbehälter Lüftungsformteile (Eigenes Foto, 2023)	11
Abb. 10 Prozess des Bauteiltracking von Lüftungsbauteilen beim Lieferant (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bilder: (Luftech Schweiz AG, 2016))	12
Abb. 11 Vereinfachter Geschäftsprozess eines Installateurs (Eigene Darstellung, Miro, 2023)	13
Abb. 12 Aktueller Prozess beim Installateur (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))	15
Abb. 13 Händische W&M Planung (Hälg & Co. AG, 2022)	16
Abb. 14 händischer Materialauszug (Hälg & Co. AG, 2022)	16
Abb. 15 Mangel einer Lüftungsanlage in Dalux (Eigene Abbildung, Dalux, 2023)	16
Abb. 16 FM-Daten eines Monoblocks in der CAFM-Anwendung Campos (Eigene Abbildung, Campos, 2023)	17
Abb. 17 Die vier industriellen Revolutionen (Studyflix, 2024)	19
Abb. 18 Anzahl an Publikationen zur Logistik 4.0 seit 2015 (Grosse 2022 S.11)	20
Abb. 19 Automatisches Kleinteilelager der Maagtechnic AG (Eigenes Foto, 2023)	21
Abb. 20 Palettenlager der Maagtechnic AG (Eigenes Foto, 2023)	21
Abb. 21 Speziallager der Maagtechnic AG (Eigenes Foto, 2023)	21
Abb. 22 Funktionsweise Produktnachverfolgung bei Maagtechnic AG (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))	22
Abb. 23 Marktplatz der Logistikdaten bei Migros (Pavicic, 2021)	23
Abb. 24 Lieferanten Label Wareneingang Migros (Eigenes Foto, 2023)	23
Abb. 25 Label Palette für Lager (Eigenes Foto, 2023)	24

Abb. 26 Verkaufseinheit auf Tray nach Depalettisierung (Eigenes Foto, 2023)	24
Abb. 27 A4 Label auf kommissioniertem Rollwagen (Eigenes Foto, 2023)	24
Abb. 28 Funktionsweise Produktnachverfolgung bei Migros Verteilbetrieb AG (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))	25
Abb. 29 Sichtbarkeit der Lieferkette mit EPCIS bei Migros (Pavicic, 2021)	25
Abb. 30 Technischer Aufbau der Produktnachverfolgung bei Migros (Marc Inderbitzin, 2016)	26
Abb. 31 Privatkunden Barcode eines Pakets der Post (Eigenes Foto, 2023)	27
Abb. 32 mögliche Kontaktwege einer Sendungsverfolgung der Post (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))	27
Abb. 33 Briefe in Briefbehälter (BB) auf Sammelbehälter (SB) der Post (Eigenes Foto, 2023)	27
Abb. 34 Barcode zur eindeutigen Identifizierung des Behälters bei der Post. (Eigenes Foto, 2023)	28
Abb. 35 Papieretikette mit Informationen zum Inhalt an einem Behälter der Post. (Eigenes Foto, 2023)	28
Abb. 36 RFID-Chip zur Identifikation an einem Sammelbehälter der Post (Eigenes Foto, 2023)	28
Abb. 37 RFID-Lesegerät an einer Laderampe der Post (Eigenes Foto, 2023)	28
Abb. 38 Bauteiltracking mittels QR-Code (Strabag, 2023)	29
Abb. 39 Statusdiagramm für Abrufe in IRIS.tracking (Grafik in Anlehnung an Farhat, 2023 S.210, Miro, 2023)	29
Abb. 40 Nach Status gefilterte Assets in BIM360 (Macek, 2020)	30
Abb. 41 QR-Code mit URL (QRCode Monkey, 2023)	31
Abb. 42 Datenmatrix mit URL (TEC-IT Datenverarbeitung GmbH, 2023)	31
Abb. 43 Grundprinzip des RFID-Systems (in Anlehnung an Helmus & Meins-Becker, 2009 S.223)	32
Abb. 44 Prinzip eines BLE Mesh (Eigene Darstellung, 2023, Piktogramme: (Miro, 2023))	32
Abb. 45 Prinzip der Verbindungen eines GPS-Empfänger (Eigene Darstellung, 2023, Piktogramme: (Miro, 2023))	33
Abb. 46 Auswertung eines Laserscans in Abgleich zum BIM-Modell mit Imeroso (Imeroso, 2023)	33
Abb. 47 360° Helmkamera zur Aufnahme der Baustelle (OpenSpace, 2024)	33
Abb. 48 Mittels AR in die reale Welt eingeblendete digitale Informationen (vGIS Inc., 2023)	34
Abb. 49 Stand der Anwendung von Bauteiltracking in der Gebäudetechnik (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Flaticon, 2023), (Oleksandr Paios, 2023), (iconscart, 2023), (arcady31, 2023))	35
Abb. 50 Abfolge der benötigten Status Teil 1 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)	38
Abb. 51 Abfolge der benötigten Status Teil 2 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)	39
Abb. 52 Abfolge der benötigten Status Teil 3 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)	40
Abb. 53 Abfolge der benötigten Status Teil 4 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)	41

Abb. 54 Informationszuwachs mit und ohne T&T (in Anlehnung an A. J. Spengler et al., 2017 S.580)	41
Abb. 55 Händische Markierung von Status auf einem Plan (Eigenes Foto, 2023)	44
Abb. 56 Digital Redup des Baufortschritts auf PDF in einer CDE (Eigene Darstellung, Dalux, 2023)	45
Abb. 57 Bauteiltracking in Trimble Connect mit 3D Informationsergänzung. (Eigene Darstellung, Trimble Connect, 2023).....	46
Abb. 58 Label eines Lüftungskanals mit QR-Code (Sven Schmucki, 2023)	46
Abb. 59 Priorisierung der Status für Hälg (Eigene Grafik, Miro, 2023)	52
Abb. 60 Übersicht der Status und Varianten der Nutzwertanalyse (Eigene Darstellung, Miro, 2023)	57
Abb. 61 Handgelenklesegerät für QR-Codes (techstudio.ch, 2024).....	64
Abb. 62 Ergebnisse der Nutzwertanalysen im Kontext der Status Priorisierung (Eigene Darstellung, Miro, 2024).....	69
Abb. 63 3D Informationsergänzung in Trimble Connect (Eigene Darstellung, Trimble Connect, 2024)	71
Abb. 64 QR-Code Pilotprojekt mit Ninox (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bilder: Hälg & Co. AG, 2022, (Luftschweiz AG, 2016)).....	73
Abb. 65 Datenbankverbindungen Wunschprozess Hälg (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023)).....	74
Abb. 66 Beispiel Tabelle des Status in der Datenverarbeitung (Eigene Darstellung, Miro, 2024)	75
Abb. 67 Beispiel Nachvollzug der Historie der Datenverarbeitung (Eigene Darstellung, Miro, 2024)	75
Abb. 68 UI Idee Baustellenviewer Status vergabe (Eigene Darstellung, Miro und Dalux, 2024, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bild: (maky2000, 2023)).....	77
Abb. 69 UI Idee Mobilgerät QR-Scan (Eigene Darstellung, Miro, 2024, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bild: (OpenClipart-Vectors, 2024))	78
Abb. 70 Prozess Bauteiltracking Hälg Teil 1 (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023)).....	79
Abb. 71 Prozess Bauteiltracking Hälg Teil 1 (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023)).....	80

Diagrammverzeichnis

Diag. 1 Auswertung Umfrage Bauteiltracking – Bekanntheit	13
Diag. 2 Auswertung Umfrage Bauteiltracking – Anwendung	14

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Festlegung der Kriterien und Gewichtungen der Nutzwertanalyse.....	55
Tab. 2 Schlüssel zur Ergebnis-Interpretation der Nutzwertanalysen	57
Tab. 3 Nutzwertanalyse Status «fertig koordiniert».....	58
Tab. 4 Nutzwertanalyse Status «Überprüfung»	59
Tab. 5 Nutzwertanalyse Status «Gut zur Ausführung»	60
Tab. 6 Nutzwertanalyse Status «Bestellt»	61
Tab. 7 Nutzwertanalyse Status «Liefertermin bestätigt»	62
Tab. 8 Nutzwertanalyse Status «Wareneingang»	63
Tab. 9 Nutzwertanalyse Status «Montiert»	64
Tab. 10 Nutzwertanalyse Status «Angeschlossen»	65
Tab. 11 Nutzwertanalyse Status «Kontrolliert»	66
Tab. 12 Nutzwertanalyse Status «In Betrieb genommen»	67
Tab. 13 Nutzwertanalyse Status «Wartung.....	68
Tab. 14 Übersicht Nutzer und Systeme Bauteilstatus (Eigene Darstellung, Miro, 2024)	76

Hilfsmittelverzeichnis

Hilfsmittel	Verwendung	Abschnitt Verwendung
Chat GPT 3.5	<ul style="list-style-type: none">• Finden von Synonymen und geeigneten Suchbegriffen für die Recherche.	Anhang A
DeepL	<ul style="list-style-type: none">• Übersetzen von Suchbegriffen vom Deutschen ins Englische, um Alternativschreibweisen zu finden.• Übersetzen von fremdsprachigen Abschnitten der Recherche ins Deutsche.	Anhang A
Google Translate	<ul style="list-style-type: none">• Übersetzen von Webseiten ins Deutsche.	Anhang A
Scispace	<ul style="list-style-type: none">• Übersetzen, verständlich formulieren und zusammenfassen von englischsprachigen Papers in Verbindung mit Zotero zur Recherche.	Anhang A

Korrektorat

Die gesamte Arbeit wurde durch Frau Romy Schumacher gegengelesen und auf orthografische Fehler geprüft. Entsprechende Änderungsvorschläge wurden in Teilen am 10.01.2024 vom Verfasser übernommen.

Abkürzungen

API	Application programming interface (DE: Programmierschnittstelle)
AI	Artificial Intelligence (DE: Künstliche Intelligenz)
AVOR	Arbeitsvorbereitung
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modelling (DE: Gebäudedatenmodellierung)
BLE	Bluetooth Low Energy (DE: Bluetooth Niedrigenergie)
CAD	Computer Aided Design (DE: Zeichenprogramm)
DESADV	Despatch Advice (DE: elektronische Liefermeldung)
EDI	Electronic Data Interchange (DE: Elektronischer Datenaustausch)
EPCIS	Electronic Product Code Information Services (DE: Informationsdienste für elektronische Produktcodes)
ERP	Enterprise Resource Planning
GIAI	Global Individual Asset Identifier (DE: Globale individuelle Vermögenswert-Kennzeichnung)
GPS	Global Positioning System (DE: Globales Positionsbestimmungssystem)
GRAI	Global Returnable Asset Identifier (DE: Globale Rückgabekennung)
IFC	Industry Foundation Classes
IT	Informationstechnik (EN: Information Technology)
KI	Künstliche Intelligenz
LKW	Lastkraftwagen
NFC	Near Frequency Technology (DE: Nahfeldkommunikation)
QR-Code	Quick Response Code (DE: Schnellantwortcode)
RFID	Radio-Frequency Identification (DE: Funkerkennung)
ROI	Return of Investment (DE: Rückkehr der Investition)
SSCC	Serial Container Shipping Code (DE: Serieller Container-Versandcode)
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
T&T	Tracking & Tracing
UI	User Interface (DE: Benutzeroberfläche)
VE	Verkaufseinheit

W&M Werk und Montage

Begriffe

Abschiessen	Umgangssprachlich für scannen eines Bar- oder QR-Codes.
As-Built Modell	Digitales Bauwerksmodell, welches die effektiv verbaute Realität widerspiegelt. («as-built» englisch für «wie-gebaut»)
Augmented reality	Technologie, welche Informationen oder visuelle Elemente in die physische Umgebung der realen Welt integriert. («Augmented reality» englisch für «Erweiterte Realität»)
BIM Collaboration Format	Das BIM Collaboration Format (BCF) ermöglicht es verschiedenen BIM-Anwendungen, modellbasierte Probleme miteinander zu kommunizieren, indem IFC-Daten genutzt werden, die zuvor zwischen den Projektbeteiligten ausgetauscht wurden (buildingSMART International, 2019).
Electronic Data Interchange (EDI)	Standardformat, das einen strukturierten Austausch von Geschäftsdaten zweier unterschiedlicher Systeme ermöglicht.
Electronic Product Code Information Services (EPCIS)	Standardisierung von GS1, um Ereignisse verschiedener Geschäftspartner entlang der Wertschöpfungskette zu erfassen und zu kommunizieren. («EPCIS & CBV GS1,» 2023)
E-Procurement System	Digitales Beschaffungssystem
Gate, Gates	Erfassungspunkt für Informationen in der Logistik
Halbfabrikat	Halbfertiges Erzeugnis zwischen Rohstoff und Fertigfabrikat
Just-in-time	Zeitlich aufeinander abgestimmt, ohne lange Warte- oder Lagerzeit
Label	«Label» englisch für «Etikette / Kennzeichnung»
Lean	Konzept zur Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung
Redup	Markierung von Änderungen oder Notizen
Supply Chain Management	Strategische Koordinierung der Lieferkette
SLAM-Technologie	Die SLAM- (Simultaneous Localization and Mapping) Technologie (NavVis, 2023) ermöglicht die Navigation durch neue Umgebungen ohne Karte. Dazu wird über Sensoren eine neue Karte erstellt und die Position der Sensoren in der neuen Umgebung verortet.
Transponder	Kommunikationsgerät, welches kontaktlos über Funkwellen Daten empfangen, weiterleiten oder senden kann.
Trigger	Auslösepunkt. Ein Ereignis, das weitere Ereignisse auslöst.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Baugewerbe der Schweiz beschäftigte im Jahr 2022 7% aller erwerbstätigen Personen in der Schweiz (Bundesamt für Statistik, 2023a) und setzt mit rund 70 Mrd. Franken knapp 10% des BIP um (Maniera, 2022). Die Bruttowertschöpfung liegt mit 4-5% jedoch deutlich unter dem Durchschnitt der anderen Branchen (Bundesamt für Statistik, 2023b). Dies ist nicht erst seit kurzem der Fall, sondern schon seit mehreren Jahrzehnten. Diese Beobachtung ist nicht auf die Schweiz beschränkt und auch in anderen OECD-Ländern zu beobachten (Nebel 2019, S.11). Wegen zunehmender Kapazitätsengpässen und gleichzeitig höherer Baunachfrage liegen die Hoffnungen immer stärker auf der Digitalisierung (Kocijan, 2018). Dazu schreibt Hannes Schwarzwälder als Hypothese: *«Die Digitalisierung der Bauwirtschaft wird zu einer Vorfertigung von Bauteilen und Bauwerksteilen führen. Eine wesentliche Voraussetzung zur Steigerung der Arbeitsproduktivität infolge der Vorfertigung ist eine Vernetzung der Informationsmodelle zwischen Planung, Produktion und Errichtung.»* (Schwarzwälder 2023, S.142)

Von einer Vernetzung kann heute in der Baubranche noch nicht gesprochen werden. Häufig sind Informationen nicht zentral verfügbar und müssen aktiv eingefordert werden. Dies ist unter anderem auf die starke Fragmentierung und schlechte Standardisierung der Baubranche zurückzuführen (Nebel, 2019 S.12f). Aus eigener Erfahrung zeigt sich jedoch das in den letzten Jahren immer öfter auch in kleineren Projekten gemeinsame Ablagesysteme zumindest für grundlegende Informationen etabliert werden. Der Informationsarmut wird damit entgegengewirkt. Über solche Systeme lassen sich Informationen teilen, statt diese etliche Male zu duplizieren. Entwicklungen, welche es schon länger gibt, finden somit langsam den Weg in den Alltag. Nach wie vor ist jedoch das Telefon und E-Mail die primäre Informationsquelle im Bau-sektor.

Gemäss Besprechung mit Betroffenen kommt es wegen mehrerer parallelen Informationsquellen oder unauffindbaren Informationen immer wieder zu Missverständnissen. Wegen Verzögerungen in der Bereitstellung wird oft auf das Telefon zurückgegriffen, um aktuelle Informationen zu Bauteilen und dem aktuellen Zustand zu erhalten. Bauteiltracking soll für einen spezifischen Teil dieser Informationsarmut Unterstützung bieten, indem der aktuelle Status von Bauteilen zentral definiert wird. Rückfragen wie: Wurde das schon bestellt? Kann ich hier mit der W&M-Planung starten? Wurde der nächste Abschnitt bereits zur Ausführung freigegeben? Wurden die Elemente diese Woche verbaut? Und viele weitere, sollen dabei gar nicht mehr aufkommen.

Da es zu Bauteiltracking in der Baubranche erst wenig Literatur und Erfahrungsberichte gibt, konzentriert sich diese Arbeit auf die Potentiale, welche die Methode bieten kann. Anhand einer konkreten Abgrenzung auf die Disziplin Lüftung der Gebäudetechnik wird die aktuelle Verbreitung in der Deutschschweiz erhoben, Technologien zur Adaption inner- und ausserhalb der Branche untersucht und anhand eines Konzeptentwurfs nutzbar gemacht.

1.2 Fragestellung

Im Rahmen dieser Arbeit zum Potential des Bauteiltracking in der Gebäudetechnik sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

Hauptfragestellung:

- Welche Potentiale kann das Bauteiltracking für die Hälg & Co. AG bieten?

Teilfragestellungen:

- Wie verbreitet ist Bauteiltracking in der Gebäudetechnik bereits?
- Wie tracken andere Branchen ihre Güter?
- Welche Ansätze gibt es in der Baubranche bezüglich Bauteiltracking bereits und wohin geht die Forschung?
- Wie könnte ein Konzeptentwurf für die Integration des Bauteiltracking bei der Hälg & Co. AG aussehen?

1.3 Abgrenzung

- Die Arbeit beschränkt sich auf passives Tracking. Passives Tracking ermöglicht entgegen zu aktivem Tracking nur den Abruf zu gewissen Stellen im Prozess und verfolgt ein Produkt nicht live.
- Die Gebäudetechnik umfasst verschiedene Disziplinen. Diese Arbeit wird auf die Disziplin Lüftung eingeschränkt.
- Die Arbeit verfolgt wirtschaftlich sinnvolle und umsetzbare Lösungen weiter. Innovationen und Forschungen werden aufgezeigt aber nicht vertieft behandelt.
- Der Fokus der Arbeit liegt auf der Ausführung, also Erstellung einer Lüftungsanlage.

1.4 Praxispartner

Diese Arbeit wird in Zusammenarbeit mit der Hälg & Co. AG (nachfolgend Hälg genannt) erarbeitet. Hälg ist eine 1922 gegründete Schweizer Firma, mit Hauptsitz in St. Gallen. Der Tätigkeitsbereich fokussiert sich auf das Realisieren von Projekten in den Bereichen Heizung, Lüftung, Klima, Kälte, Sanitär und Gebäudeautomation. Zudem bietet die Hälg Group Facility Management sowie Ingenieursdienstleistungen, Service und Unterhalt an. Hälg beschäftigt an 24 Standorten über 1000 Mitarbeiter. (Hälg & Co. AG, 2023)

Als Ansprechstelle dient die Abteilung der digitalen Unternehmensentwicklung, mit Leitung durch Thesis-Experte Marcel Wyss. Die Abteilung verfolgt Entwicklungen, treibt Innovationen vorwärts, bündelt das Firmenweite Knowhow, verknüpft Prozesse und verbreitet Lösungen. Dazu steht neben den festangestellten Teammitgliedern ein Team von 12 operativ tätigen Projektmitarbeitenden mit jeweiligem Fokusgebiet, dem BIM-Kernteam zur Verfügung.

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit grenzt den Fokus bis auf die Lüftung in der Gebäudetechnik fortlaufend ein. Dazu ist die Arbeit in vier Hauptteile gegliedert. Im ersten Teil (Kapitel 2) wird der Begriff Bauteiltracking verortet und der grössere Kontext grob beleuchtet. In Kapitel 3 folgt, mit dem zweiten Teil, die theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema. Mittels Literaturrecherche, Umfrage, Firmenbesichtigungen und Gesprächen werden die ersten drei Teilfragestellungen beantwortet. Im dritten Teil (Kapitel 4) werden die Erkenntnisse auf die Gebäudetechnik und Disziplin der Lüftung übertragen und vertieft, um die Hauptfragestellung zu beantworten. Im letzten Teil (Kapitel 5) wird der letzten Teilfragestellung mit einem konkreten Konzeptentwurf Rechnung getragen. Die Arbeit schliesst mit einem Ausblick zu weiteren interessanten Kontextthemen und den möglichen weiteren Schritten ab.

1.6 Methodik

Theoretischer und Praktischer Anteil der Arbeit werden nicht strikt getrennt.

Zur theoretischen Aufarbeitung der Interessenthemen Gebäudetechnik, Logistik, Lieferkettenmanagement und Trackingtechnologien wird eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Web of Science, Scopus, Swiscovery und Google Scholar durchgeführt. Das genaue Vorgehen der Literaturrecherche ist im Anhang A detailliert beschrieben. Ergänzt wird die theoretische Auseinandersetzung durch Befragungen, intensiver Zusammenarbeit und Auseinandersetzung mit der Praxispartnerin sowie Webseiteninhalten interessanter Firmen, Forschungen und Entwicklungen.

Der praktische Teil der Arbeit überführt gewonnene Erkenntnisse in den Kontext der Hauptfragestellungen. Durch Firmenbesichtigungen, Fachgespräche mit Schlüsselpersonen und Einbezug von Mitarbeitenden der Praxispartnerin werden Themen tiefer betrachtet und adaptiert. Die erarbeiteten Erkenntnisse werden zusammen mit parallel verlaufenden Pilotprojekten abschliessend in einem Konzeptentwurf zusammengefasst.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird der Begriff Bauteiltracking verortet und erläutert. Dazu wird auf den grösseren Kontext eingegangen und in Beziehung stehende Themen grob beleuchtet.

2.1 Digitalisierung im Bauwesen

Die Baubranche ist eine der ältesten und beständigsten Branchen der Welt. Im Laufe der Zeit hat sie sich immer weiterentwickelt. Mit zunehmender Komplexität der Bauwerke haben sich immer mehr unterschiedliche Spezialisierungen herausgebildet (Stange 2020, S.149ff). Das Geschäft an sich hat sich jedoch nie gross verändert. Es folgt seit jeher der Logik: Geld gegen manuelle, körperliche oder geistige Arbeit. Die Digitalisierung durchbricht diese Logik vollständig. Im Fokus steht plötzlich nicht mehr ausschliesslich die Herstellung von Produkten sondern auch die Nutzung von Informationen zur Befriedigung von Kundenbedürfnissen und der Steigerung der Produktivität der Prozesse (Schwarzwälder 2023, S.46). Dazu gibt es bereits zahlreiche Anwendungen, welche entwickelt bzw. derzeit erforscht werden. Cloud Computing, Virtual bzw. Augmented Reality, BIM, Internet der Dinge, 3D-Druck und autonom agierende Maschinen sind nur einige Beispiele dazu (Kocijan 2018, S.44). Ideen gibt es genügend. Schwierigkeiten hat die Baubranche bei der Umsetzung, da es sich bei der Digitalisierung nicht wie in Vergangenheit um eine weitere Spezialisierung, sondern um eine Querschnittsdisziplin handelt. Digitalisierung ist also etwas disziplinverbindendes. Die Veränderung kann nicht wie bisher an einen weiteren Spezialisten ausgelagert werden. Stattdessen müssen sich alle bisherigen Disziplinen darüber Gedanken machen und das Thema gemeinsam angehen (Schwarzwälder 2023, S.48).

2.2 Supply-Chain Management im Bauwesen

Die Digitalisierung betrifft nicht nur Teilbereiche oder einzelne Phasen, sondern die gesamte Wertschöpfungskette, von der ersten Idee bis zum Rückbau eines Bauwerks. Das Supply-Chain Management beschäftigt sich dabei mit den Material- und Warenflüssen über einzelne Unternehmen hinweg. Durch die zunehmende Digitalisierung und der freien Marktwirtschaft gibt es im Supply-Chain Management seit einiger Zeit grössere Veränderungen, welche immer stärker auch in der Bauwirtschaft Einzug nehmen. So wandelt sich der Markt für Hersteller und Lieferanten von einer Lager- zu einer Besteller-Industrie (Cigolini et al., 2022). Kunden fragen demnach immer öfter individualisierte Produkte nach und können global auf Ressourcen zurückgreifen. Die termingerechte, schnelle Fertigung und Lieferung nehmen an Bedeutung zu, da Lagerplatz teuer ist und auch Bauwerke sich agiler entwickeln. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf dem terminlichen Aspekt, welcher oft über Gewinn oder Verlust eines Geschäfts entscheiden kann (Dallasega et al., 2018). Entsprechend robust sollte die Lieferkette aufgebaut werden.

2.3 Logistik

Zur Lieferkette gehört die Logistik jeder beteiligten Firma. Entgegen der Supply-Chain fokussiert die Logistik auf die Bewegung, Lagerung und den Fluss von Gütern, Dienstleistungen und Informationen innerhalb eines Unternehmens (Hohmann 2022, S. 3ff). In der Baubranche zeigt sich gemäss Katharina Simbeck und Markus Bühler folgende Charakteristika der Logistik, welche sich von anderen Branchen unterscheiden:

- **Einzelfertigung der Bauobjekte:**
Die Errichtung und Planung eines Bauwerks ist durch dessen individuelle Architektur und Baustoffkombinationen in der Regel einmalig.
- **Standortgebundenheit der Bauproduktion:**
Der Produktionsstandort wechselt von Bauprojekt zu Bauprojekt und unterliegt somit immer anderen topografischen, geologischen und verkehrstechnischen Gegebenheiten.
- **Stark fragmentierte Branchenstruktur:**
Die Bauwirtschaft zeichnet sich durch eine Vielzahl von Wettbewerbern mit geringem Marktanteil aus. Aus Kapazitäts- und Kostengründen wird im Bau oft auf Nachunternehmer zurückgegriffen.
- **Produktion unter freiem Himmel:**
Die Bauleistungen unterliegen den Witterungsbedingungen. Diese führen zu kurzfristigen Störungen im Bauprozess und saisonalen Auslastungsschwankungen.
- **Begrenzte Lagerhaltung:**
Durch die meist geringen Platzkapazitäten auf den Baustellen ist nur eine geringe Lagerhaltung möglich. Die Güter werden meist direkt nach der Anlieferung verbaut und sollten möglichst bedarfssynchron (Just-in-time) angeliefert werden.
- **Begrenztes Frachtsplitting:**
Durch logistische Objekte wie Schüttgut ist eine Splittung der Fracht und daher der Einsatz von Systemen zur Tourenoptimierung nur bedingt möglich.

(Katharina Simbeck & Markus Bühler, 2018, S.182)

Aus diesen Charakteristika ergibt sich, dass oft zu viele Fahrzeuge und Dienstleister für die gesamte Baulogistik im Einsatz sind. Ineffizienzen in Bezug auf Kosten, Verkehr, Abgase und Lärm sind Folgen davon. Zudem ergeben sich folgende Herausforderungen:

- **Unklare Verantwortlichkeiten zwischen Baustelle und Lager**
Wenn die Fahrzeuge keine exakten Abläufe haben, sondern bei Ankunft auf der Baustelle auf weitere Instruktionen warten müssen und somit nicht sofort be- und entladen werden können, kann das zu Verstopfungen auf und um die Baustelle kommen. Fehlende Materialien, die von Bauunternehmern auf der Baustelle benötigt werden, führen zu Verspätungen im Projekt. Zudem sind die Fahrzeuge während der Wartezeit nicht für anderweitige Verwendungen verfügbar.
- **Ineffiziente Inventarverwaltung**
Ungenügendes Datenmanagement durch manuelle Logeinträge und ohne ganzheitliches Inventarmanagement-System sowie eine mangelnde Planung der Lieferkette, führen zu unnötig hohen Lagerbeständen und zu vielen Transportbewegungen zu und auf der Baustelle. Hohe Leerlaufzeiten sowie reaktive Instandhaltung der Geräte und Maschinen führen ausserdem zu Mehrkosten im Inventarmanagement.

- **Ineffiziente Logistik auf der Baustelle**

Ungenügende Kontrolle über die Materialien und Geräte auf der Baustelle haben zur Folge, dass Gegenstände verloren gehen oder gar gestohlen werden, was Extrakosten und Verspätungen zur Folge hat. Zudem werden noch mehr Transporte benötigt, um die Fehler auszubügeln – was zu noch mehr Ineffizienz führt.

(Lüscher, 2022)

Eine Untersuchung von CIVIC in vier grossen europäischen Städten hat gezeigt, dass 15-20% des Schwerlastverkehrs und 30-40% der Kleintransporter auf baubedingten Verkehr zurückzuführen sind. Auslöser dafür sind die oben genannten Herausforderungen und Rahmenbedingungen in der Baubranche. CIVIC hat daraufhin ein Handbuch und ein Spiel zur Sensibilisierung für das Thema entwickelt. In 7 Schritten wird durchgängig auf das Thema des Miteinander und einer Optimierung der Kommunikation eingegangen, um die Logistik im Bauwesen zu optimieren (Balm et al., 2018).

2.4 Informations- und Kommunikationstechnologien

Ein reales Problem bei Bauvorhaben ist, dass Unternehmungen und Spezialisten nur temporär für ein Projekt oder auch nur ein Teil davon zusammenkommen. Wechseln wichtige Projektbeteiligte, wie beispielsweise der Architekt, so ist die Übertragung der Projektinformationen nicht immer zufriedenstellend. Verlorengegangene Informationen müssen häufig wieder neu erarbeitet werden (Kocijan 2018, S.44). Zu oft stehen kurzfristige Gewinne im Fokus, statt einer langfristigen Zusammenarbeit und der Aufbau einer Beziehung. Entsprechend sind Motivation, Engagement, Einsatzbereitschaft und damit auch die Kommunikation gegenüber anderen Firmen wenig überraschend stark verbesserungsfähig (Dallasega et al., 2018). Dabei ist es gemäss Kocijan (Kocijan 2018, S.44) essenziell, dass alle Informationen durchgängig für alle in jedem Arbeitsschritt verfügbar sind.

Die Digitalisierung in der Baubranche bringt dafür einige Vorteile mit sich. Informationen lassen sich einfacher speichern und teilen. Dank eines digitalen Gebäudemodells lassen sich Informationen auch verorten und mit Zeitstempel in eine Ordnung bringen.

Oft werden dafür Systeme wie CDE's eingesetzt, welche mit klar geregelten Zugriffsrechten den entsprechenden Personen die für sie relevanten Daten zur Verfügung stellt. Damit müssen Informationen nicht mehr vervielfältigt werden und lassen sich teilen. Jeder erhält so automatisch die jeweils aktuellen Dokumente und Informationen.

Die Praxis zeigt jedoch, dass nach wie vor ein Graben zwischen Büro und der Baustelle besteht. Auch wenn immer öfter Informationen aus dem Büro digital auf die Baustelle fliessen, zurück kommen nicht viele. Da Bauwerke heute oft nicht fertig geplant sind und Entscheidungen teils wenige Tage, teils auch Stunden vor Umsetzung gefällt werden, sind oft nicht die aktuellen Entscheidungsgrundlagen vorhanden. Die Information, was bereits verbaut wurde, was bestellt ist und wann was genau umgesetzt wird, ist meist auf unterschiedliche Personen verteilt und trotz zentraler Ablage und 3D-Modell nicht ersichtlich. So kommt es, dass falsche Komponenten bestellt werden oder die Tragweite von Umplanungen nicht sichtbar wird und bereits bestellte Teile im Abfall landen. Um diese Informationslücke zu schliessen, müssten die Daten an einem zentralen Ort zusammengetragen werden, ähnlich dem 3D-Modell.

2.5 Bauteiltracking

Unter Bauteiltracking wird die Nachverfolgung von einzelnen Bauteilen¹, Bauteilgruppen² oder Bauteiltypen³ verstanden (Abb. 1). Nachfolgend wird einfachheitshalber hauptsächlich von Bauteilen gesprochen, wobei Bauteilgruppen und Bauteiltypen eingeschlossen sind, um die Lesbarkeit zu erhöhen.

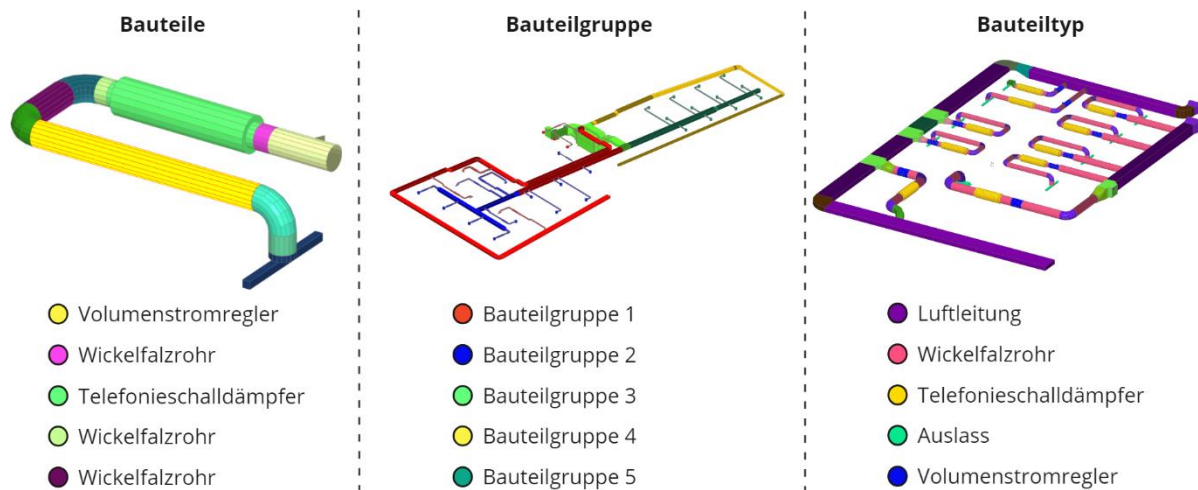


Abb. 1 Unterscheidung Bauteile, Bauteilgruppe und Bauteiltyp (Eigene Darstellung, Desite / Miro, 2024)

Durch das Bauteiltracking ist zu jedem Zeitpunkt einsehbar, in welchem Status sich ein Bauteil befindet. Dafür werden Bauteile eindeutig gekennzeichnet oder über andere Kennungsmerkmale identifiziert. Ändert sich der Status eines Bauteils, so wird diese Information erfasst, zentral gespeichert und zur Verfügung gestellt. Alle Beteiligten erhalten so die Möglichkeit, die aktuellen Informationen abzugreifen.

Werden Informationen von einzelnen oder mehreren Bauteilen zum aktuellen Status abgefragt, wird von Tracking gesprochen. Wird hingegen der Verlauf eines Bauteils näher betrachtet, beispielsweise zu welchem Zeitpunkt welcher Status vorherrschte, ist Tracing gemeint (Abb. 2). (Kneissl, 2022)

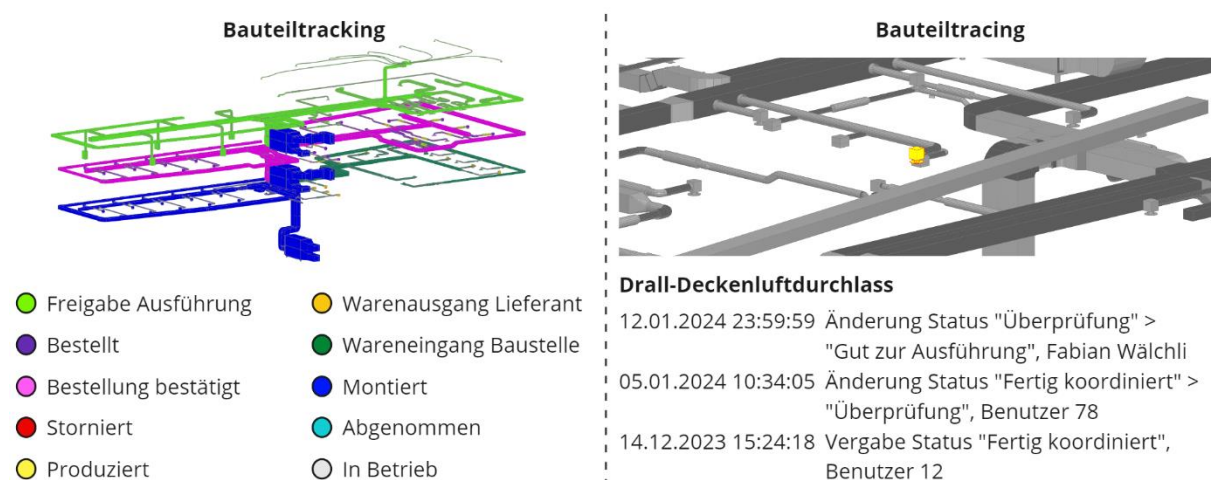


Abb. 2 Unterschied Bauteiltracking und Bauteiltracing (Eigene Darstellung, Desite / Miro, 2024)

¹ Bauteil: Einzelnes Objekt, beispielsweise ein Luftkanalformteil.

² Bauteilgruppe: Mehrere zu einer Einheit zusammengeführte Bauteile, beispielsweise bei Vorfabrikationen.

³ Bauteiltyp: Generisches Objekt, dass es mehrfach gibt und nicht individuell gekennzeichnet ist, beispielsweise ein Standardluftkanal.

Das Erfassen von Informationen zum Tracking kann in unterschiedlicher Granulierung erfolgen. So sind die Status in ihrer Anzahl nicht beschränkt und können je nach Anforderungen der Bauteile unterschiedlich ausfallen. Einen Status zu erfassen, lohnt sich jedoch nur, wenn mindestens ein Stakeholder einen Mehrwert daraus ziehen kann.

Mittels Tracking können die unterschiedlichsten Bauteile und Materialien getrackt werden, in den nachfolgenden Kapiteln geht es jedoch explizit ums Tracking von Lüftungsbauteilen (Abb. 3).



Abb. 3 Verschiedene Lüftungsbauteile (Lueftungsteile.ch, 2024)

2.6 Lüftung

Eine Lüftung oder auch Lüftungsanlage ist eine technische Einrichtung zum Austausch von Luft. Im Bauwesen wird darunter meist der Austausch von Luft zwischen Innen- und Aussenräumen verstanden, wobei es auch Umluftsysteme gibt, welche die Luft lediglich umwälzen. Ziel einer Lüftung ist es, verbrauchte oder belastete Luft in Wohn-, Büro- oder Betriebsräumen auszutauschen oder zu reinigen. Dabei kann die Luft gefiltert, erwärmt, gekühlt, ent- beziehungsweise befeuchtet oder desinfiziert werden. Je nach Anwendungsfall umfasst eine Lüftung eine kontrollierte Zuluft, kontrollierte Abluft oder eine kombinierte Zu- und Abluftanlage und unterschiedliche Komponenten zur Behandlung und Verteilung der Luft. Entsprechend der Anforderungen wird die Lüftungsanlage bedarfsabhängig an die Gegebenheiten vor Ort angepasst und gefertigt (Abb. 4).

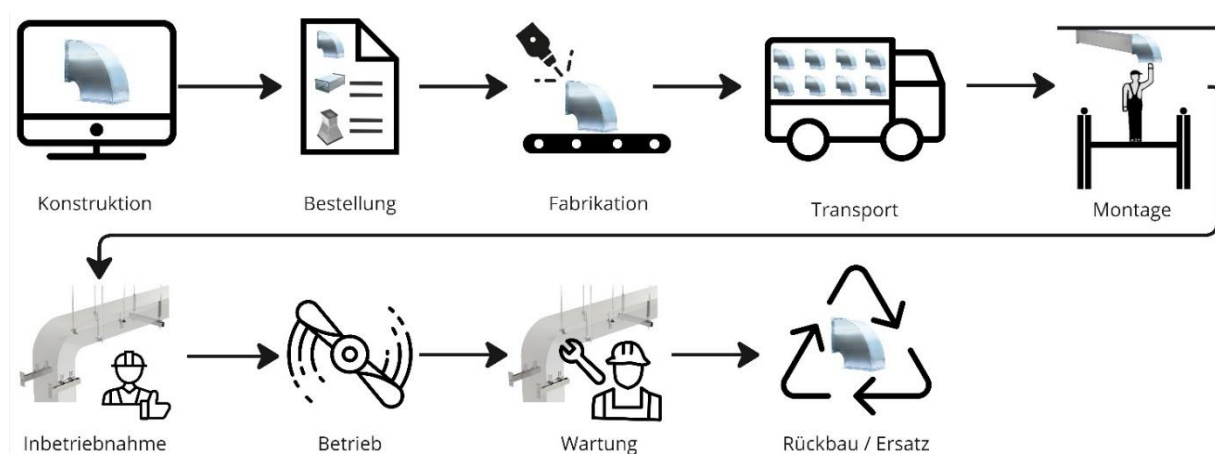


Abb. 4 Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), (Anton Porkin, 2023), (KRAUSE-Werk GmbH & Co. KG, 2023), (design4design, 2023) Bilder: (Luftech Schweiz AG, 2016), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023a), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023b), (haustec.de, 2023))

3 Analyse

In der Analyse wird das Themengebiet Bauteiltracking näher untersucht. Zunächst wird der aktuelle Stand in der Gebäudetechnik der Deutschschweiz mittels Umfragen erhoben und die Frage geklärt, wie verbreitet Bauteiltracking bereits ist. Ein Blick über die Baubranche hinaus soll weiter zeigen, ob andere Branchen bereits einen Schritt voraus sind und Prozesse implementiert haben, welche Potential für Adaption liefern. Nach dieser übergreifenden Betrachtung werden Ansätze und Pilotprojekte der Baubranche aufgezeigt. Das Kapitel schliesst mit der Analyse von technischen Entwicklungen und Möglichkeiten, welche von Firmen derzeit erschlossen werden.

3.1 Stand der Anwendung Gebäudetechnik

Die Literaturrecherche (Anhang A) zeigt, dass Bauteiltracking im deutschen Sprachraum noch kein massentaugliches Thema in der Baubranche ist. Auch mit Synonymen konnten nur einzelne Treffer gefunden werden. In den durchsuchten Datenbanken Scopus und Web of Science konnten zuerst keine Treffer verzeichnet werden. Die Erklärung dafür liegt in der englischen Indexierung. Die Recherche in mehrsprachigen Datenbanken und Google Scholar brachten wenige einzelne Treffer auf Deutsch. Die Suche wurde schnell auf englisch und damit in den internationalen Bereich ausgeweitet, was mehr Treffer brachte.

Primär wird in der Literatur auf die Idee des Bauteiltracking (vgl. Kapitel 2.5) eingegangen, ein konkretes Praxisbeispiel und ein Nachweis der Umsetzung liefert allein Strabag im Artikel des Magazins Ernst & Sohn (Farhat, 2023). Weitere Quellen, welche auch andere Firmen umfassen, konnten auf die Entwicklung und Zusammenarbeit mit Strabag zurückgeführt werden. Der Ansatz von Strabag, welcher Betonfertigteile und Fenster umfasst, wird in Kapitel 3.3.1 näher erläutert. In der Gebäudetechnik konnten bei der Recherche keine Referenzen gefunden werden, weshalb der Schluss gezogen werden kann, dass Bauteiltracking in diesem Sektor noch am Anfang steht. Wer sich damit in der Gebäudetechnik bereits beschäftigt und ob Ansätze vorhanden sind, zeigen die nachfolgenden Unterkapitel, welche sich an den üblich beteiligten Firmen am Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils orientieren (Abb. 5).

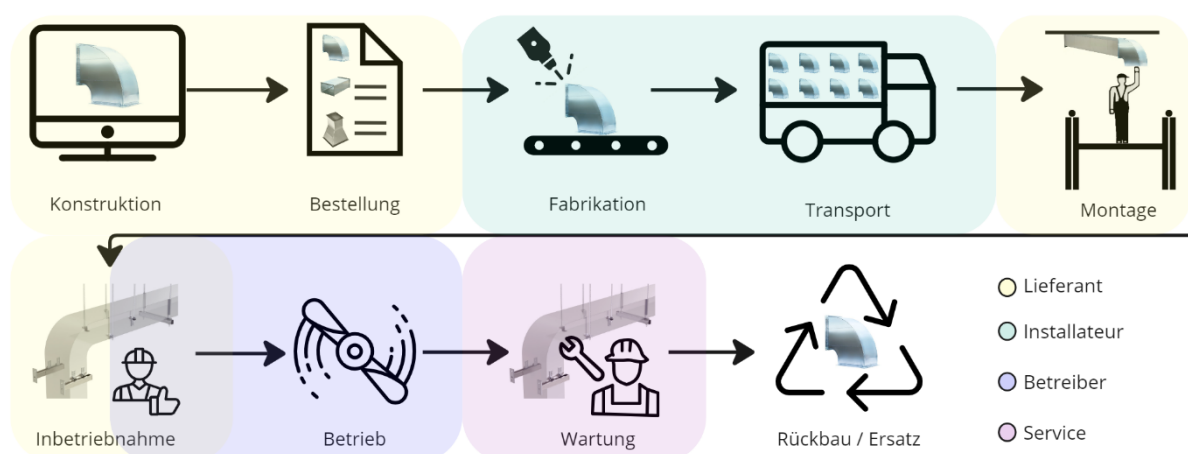


Abb. 5 Beteiligte Unternehmen am Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), (Anton Porkin, 2023), (KRAUSE-Werk GmbH & Co. KG, 2023), (design4design, 2023) Bilder: (Luftech Schweiz AG, 2016), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023a), (Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023b), (haustec.de, 2023))

3.1.1 Lieferanten

Lieferanten produzieren und vertreiben Bauteile in der Gebäudetechnik. Dabei gibt es verschiedene Ausprägungen. Gewisse Lieferanten sind reine Zwischenhändler und unterhalten keine eigene Produktion, sondern höchstens ein Lager für Fertigteile. Andere sind Produzenten und liefern direkt an den Endkunden. Dazu werden üblicherweise Halbzeuge eingekauft und Fertigteile produziert. Die Hybridvariante ist am geläufigsten, das Hauptsortiment wird selbst produziert und Teile von anderen Produzenten zur Komplettierung des Sortiments zugekauft. Unabhängig ihrer Geschäftsform müssen Lieferanten eine gewisse Logistik bewältigen. Wie Abb. 6 zeigt, nehmen sie Halbfabrikate oder Fertigteile entgegen und lagern diese bis zur Weiterverwendung ein. Um das Fertigteile-Lager möglichst klein zu halten, damit Kosten zu sparen und dem Kunden individualisierte Produkte anbieten zu können, wird bei der Herstellung von Lüftungskomponenten, in den meisten Fällen, erst auf Bestellung produziert. Um die Qualität und Vollständigkeit von Bestellungen verschiedenster Kunden, aus mehreren Lagern und Produktionslinien sicherzustellen, scheint ein Bauteiltracking sinnvoll.

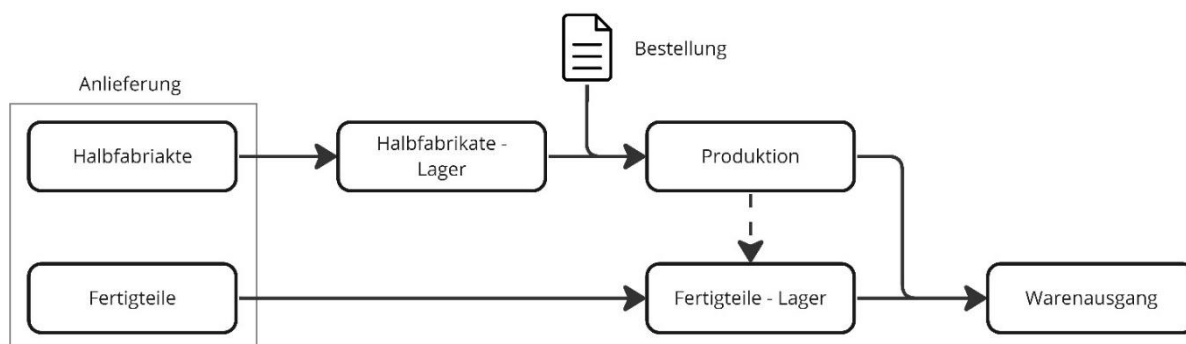


Abb. 6 Möglicher, vereinfachter Geschäftsprozess und Lagerhaltung bei Lieferanten (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Schweizer Lieferanten besucht, welche eine eigene Produktion betreiben aber auch Fertigteile zukaufen. Ein Lieferant ist im Bereich Sanitär / Heizung (Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und einer im Bereich Lüftung (Anhang C.3) tätig. Der nachfolgend beschriebene Prozess, mit Fokus aufs Bauteiltracking, konnte beim Lieferanten für Lüftungsbauteile vor Ort, in dieser Form beobachtet werden. Gemäss Gesprächen mit der Praxispartnerin Hälg und anderen Branchenvertretern trifft dieser den üblichen zu erwartenden Stand, wobei die neusten Entwicklungen und Pilotprojekte ausgenommen sind. Auf diese wird im Kapitel 5.5 eingegangen.

Aktueller Prozess des Bauteiltracking beim Lieferanten

Ein Bauteil lässt sich innerhalb der Firmenlogistik eines Lieferanten nachverfolgen. In der Arbeitsvorbereitung werden die Bauteile einer Bestellung einzeln im System erfasst. Dazu werden alle notwendigen Informationen zu Produktion digital hinterlegt. Im Produktionsprozess werden anschließend unterschiedliche Kennzeichnungen verwendet. Zwischenfabrikate werden mit einfachen, temporären Etiketten gekennzeichnet (Abb. 7), um die Zugehörigkeit zu einem definierten Fertigteil sicherzustellen. Zwischenfabrikate sind einzelne Bleche, welche separat ausgeschnitten, gebogen und gefalzt werden und erst in einem weiteren Schritt



Abb. 7 Etikette Zwischenfabrikat Lüftung (Eigenes Foto, 2023)

zu einem Fertigteil zusammengeführt werden. Sobald das Etikett ausgedruckt wird, geht das System davon aus, dass das entsprechende Zwischenfabrikat produziert ist. Damit wird sichergestellt, dass die Fertigteilmontage erst startet, wenn alle Zwischenfabrikate für ein Bauteil vorhanden sind.

Ist ein Fertigteil zusammengesetzt, werden die temporären Etiketten entfernt und ein neues, dauerhaft verbleibendes Etikett (Abb. 8) mit einem maschinenlesbaren Barcode angebracht. Auch in diesem Schritt ist der Druck des Etiketts die Bestätigung, dass entsprechendes Bauteil fertig produziert ist. Das Fertigteil wird im Anschluss zur Produktion auf einen Sammelbehälter verladen. Dabei wird das Etikett des Fertigteils gescannt und auf den verladenen Sammelbehälter gebucht. Somit ist ersichtlich, welcher Sammelbehälter welche Fertigteile enthält und es wird sichergestellt, dass passendes Zubehör beigelegt werden kann.

Ist ein Sammelbehälter voll, wird dieser in den Warenausgang verschoben. Als Zubehör wird dem Sammelbehälter nun das benötigte Montagematerial beigelegt und eine Liste mit allen enthaltenen Fertigteilen gedruckt (Abb. 9). Sobald der Sammelbehälter in den Lieferwagen geschoben wird, wird der Barcode der Liste gescannt und die darin befindliche Ware im System als ausgeliefert gekennzeichnet. Die Liste verbleibt am Sammelbehälter und dient dem Kunden zur weiteren Identifikation. Maschinenlesbare Daten werden nicht weitergegeben, weder der Barcode auf dem Fertigteil noch der des Sammelbehälters kann von Externen ausgelesen werden.

Informationen zu Standorten werden im Prozess keine erfasst. Es ist somit nicht einsehbar wo sich ein Zwischenfabrikat, Fertigteil oder Sammelbehälter innerhalb des Firmengeländes befindet.

Auch wenn gewisse Störfälle nicht abgedeckt scheinen, keine maschinenlesbaren Daten weitergegeben werden und möglicherweise weiteres Potential besteht, kann beim bestehenden Prozess von einem vollwertigen Bauteiltracking innerhalb der Lieferanten-Logistik gesprochen werden. Die Anfangs erwähnte Qualität und Vollständigkeit einer Bestellung kann mit diesem Prozess sichergestellt werden.



Abb. 8 Etikette Fertigteil Lüftung (Eigenes Foto, 2023)

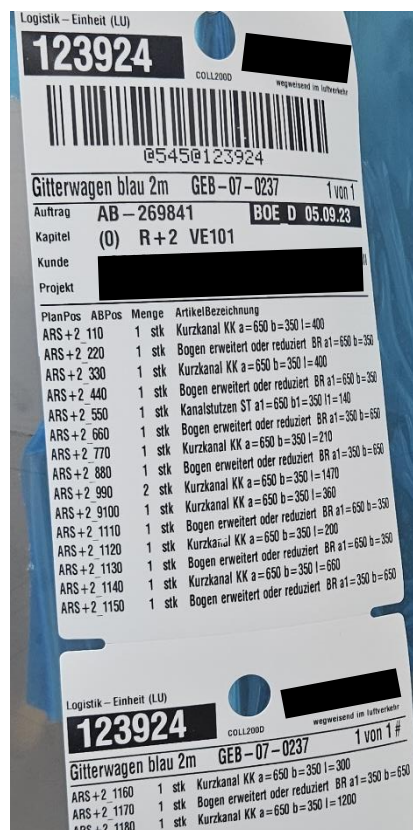


Abb. 9 Liste Sammelbehälter Lüftungsfornenteile (Eigenes Foto, 2023)

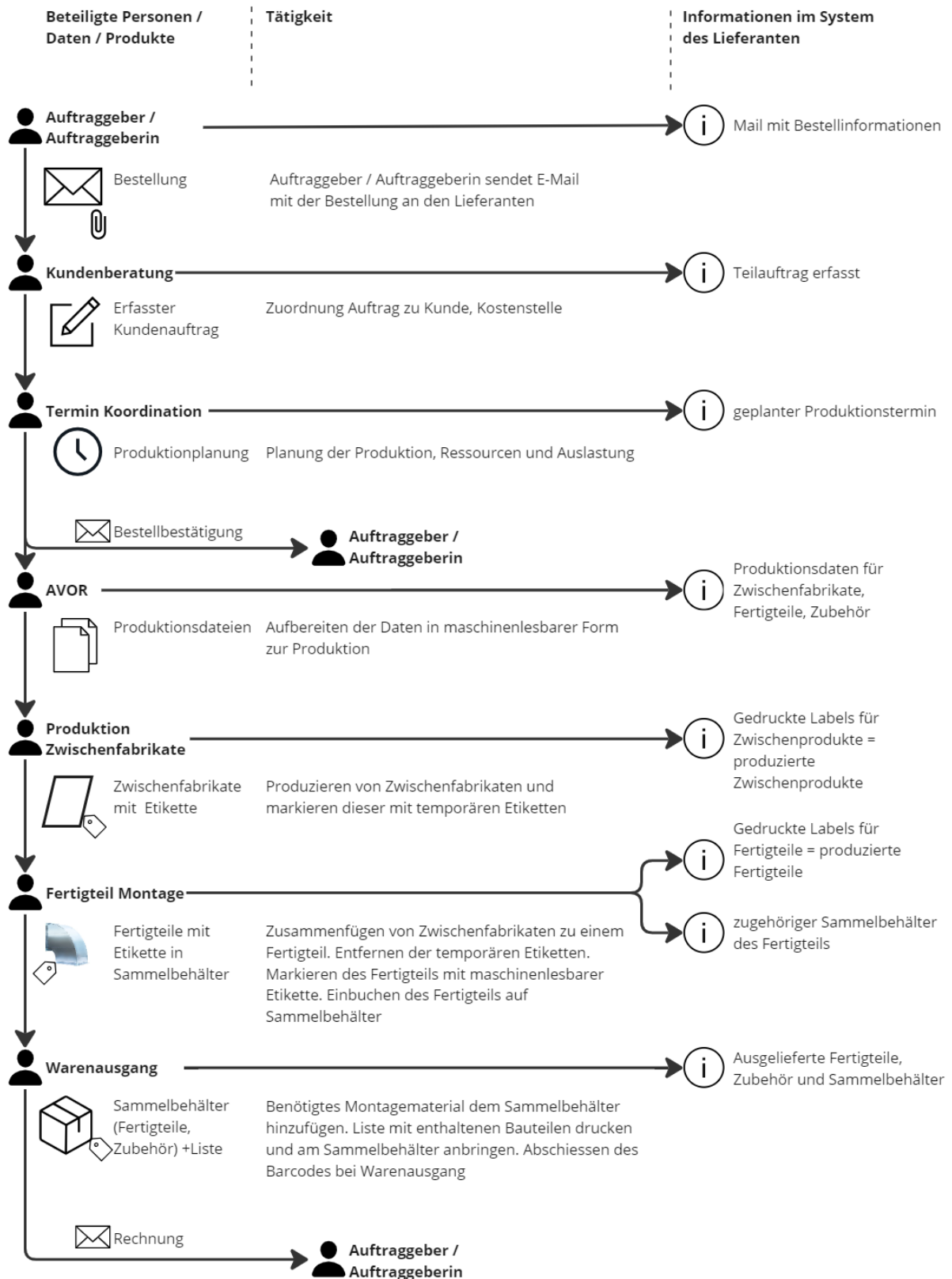


Abb. 10 Prozess des Bauteiltracking von Lüftungsbauteilen beim Lieferant (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bilder: (Luftech Schweiz AG, 2016))

3.1.2 Installateure

Installateure montieren Anlagen in der Gebäudetechnik und setzen diese in Betrieb. Dazu planen und bestellen sie die benötigten Bauteile und Materialien und fügen diese zu einer funktionsfähigen Anlage zusammen (Abb. 11). Auf der Baustelle koordinieren sie die Montage mit anderen Gewerken und lösen Probleme, welche in der Planung nicht erkannt wurden. Da Baustellen üblicherweise sehr dynamisch ablaufen ist ein hoher Grad an Flexibilität notwendig. Damit Installateure wettbewerbsfähig bleiben und ein reibungsloser Ablauf sichergestellt werden kann, ist organisatorisches Geschick notwendig. Aktuelle Informationen und ein guter Überblick bringen Vorteile. Das Wissen welches Bauteil sich in welchem Status befindet könnte dabei helfen die richtigen Entscheidungen bei Störungen, Umplanungen oder anderen Komplikationen zu treffen und entsprechende Massnahmen abzuleiten.



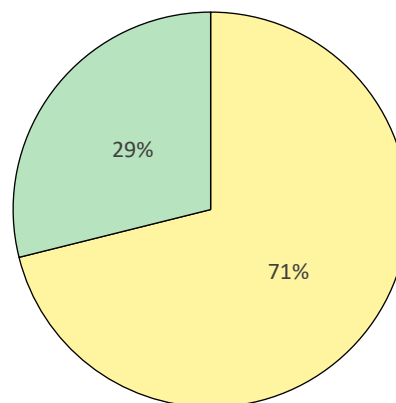
Abb. 11 Vereinfachter Geschäftsprozess eines Installateurs (Eigene Darstellung, Miro, 2023)

Um die aktuelle Verbreitung von Bauteiltracking in der Deutschschweiz zu erfassen, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Befragung (Anhang C.4) sowie eine Mail-Umfrage (Anhang E) durchgeführt. Die Befragung fand am 21. September 2023 am Gebäudetechnik Kongress in Baden mit insgesamt neun Branchenvertretern statt. Die Mail-Umfrage folgte im darauffolgenden Zeitraum vom 30.09.2023 bis 06.11.2023. Insgesamt wurden bei der Umfrage 374 ausführende Lüftungsunternehmen in der Deutschschweiz angeschrieben, wovon mit etwas mehr als 10% insgesamt 39 antworteten. Die Erhebung ergab folgende Ergebnisse:

Haben Sie Bauteiltracking schon einmal gesehen?⁴

Beteiligung 45/48
 🎤 Befragung: 7/9
 📧 Mail-Umfrage: 38/39

- 🟡 Noch nie gesehen (32)
- 🟢 Auch schon, aber nur bei Grossprojekten (13)
- 🟠 Öfter, bei allen Projektgrössen (0)



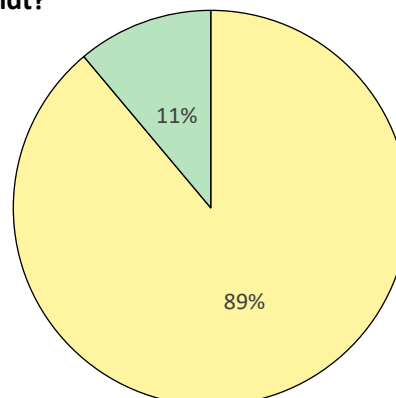
Diag. 1 Auswertung Umfrage Bauteiltracking – Bekanntheit

⁴ Veränderte Aussage um den Kontext und Lesefluss zu waren. Originalfrage: «Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?»

Haben Sie Bauteiltracking schon einmal selbst angewandt?⁵

Beteiligung 45/48
 🗣️ Befragung: 7/9
 📧 Mail-Umfrage: 38/39

- 🟡 Noch nie angewandt (40)
- 🟢 Auch schon, aber nur bei Grossprojekten (5)
- 🟠 Öfter, bei allen Projektgrössen (0)
- 🟣 Prozess ist Standard (0)



Diag. 2 Auswertung Umfrage Bauteiltracking – Anwendung

Die Erhebung zeigt sehr deutlich, dass Bauteiltracking bei ausführenden Lüftungsunternehmen respektive Installateuren der Deutschschweiz noch kein wirkliches Thema ist. In gewissen Grossprojekten wurde die Thematik bereits beobachtet. Selbst daran beteiligt waren nur etwas mehr als 10% der befragten Unternehmungen. Wobei zu erwähnen ist, dass teilweise bereits das Überprüfen der Aktualität von Plänen mittels QR-Code als Bauteiltracking verstanden wurde. Die Ergebnisse dürften bei Klarstellung und Wiederholung deshalb noch eindeutiger ausfallen. Bei kleineren Projekten ist Bauteiltracking noch nicht angekommen. Ein Standardprozess hat noch keine Firma implementiert.

Aus den Umfrageergebnissen lässt sich die These ableiten, dass Unternehmen bisher noch kein Potential im Bauteiltracking sehen, zumindest nicht für sich selbst. Bauteiltracking wird vermeintlich nur bei grösseren Projekten mit direkter Beauftragung umgesetzt. Bei mittleren oder kleineren Projekten, wo eine Beauftragung seltener sein dürfte, jedoch nicht. Der Austausch (Anhang B.7), Gespräche und die Tatsache, dass kein Unternehmen einen Standardprozess diesbezüglich hat unterstützen diese These.

Konkretes Bauteiltracking ist bei Installateuren somit noch kein massentaugliches Thema. Die Informationen werden gemäss Gesprächen mit der Praxispartnerin Hälgi und anderen Branchenvertretern heute nur teilweise erhoben. Neuesten Entwicklungen und Pilotprojekte ausgenommen (Erläuterung in Kapitel 5.5), sieht ein gängiger Prozess bei Installateuren heute wie folgt aus (Abb. 12). Erläuterungen zum Prozess folgen nach der Abbildung.

⁵ Veränderte Aussage um den Kontext und Lesefluss zu wahren. Originalfrage: «Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?»

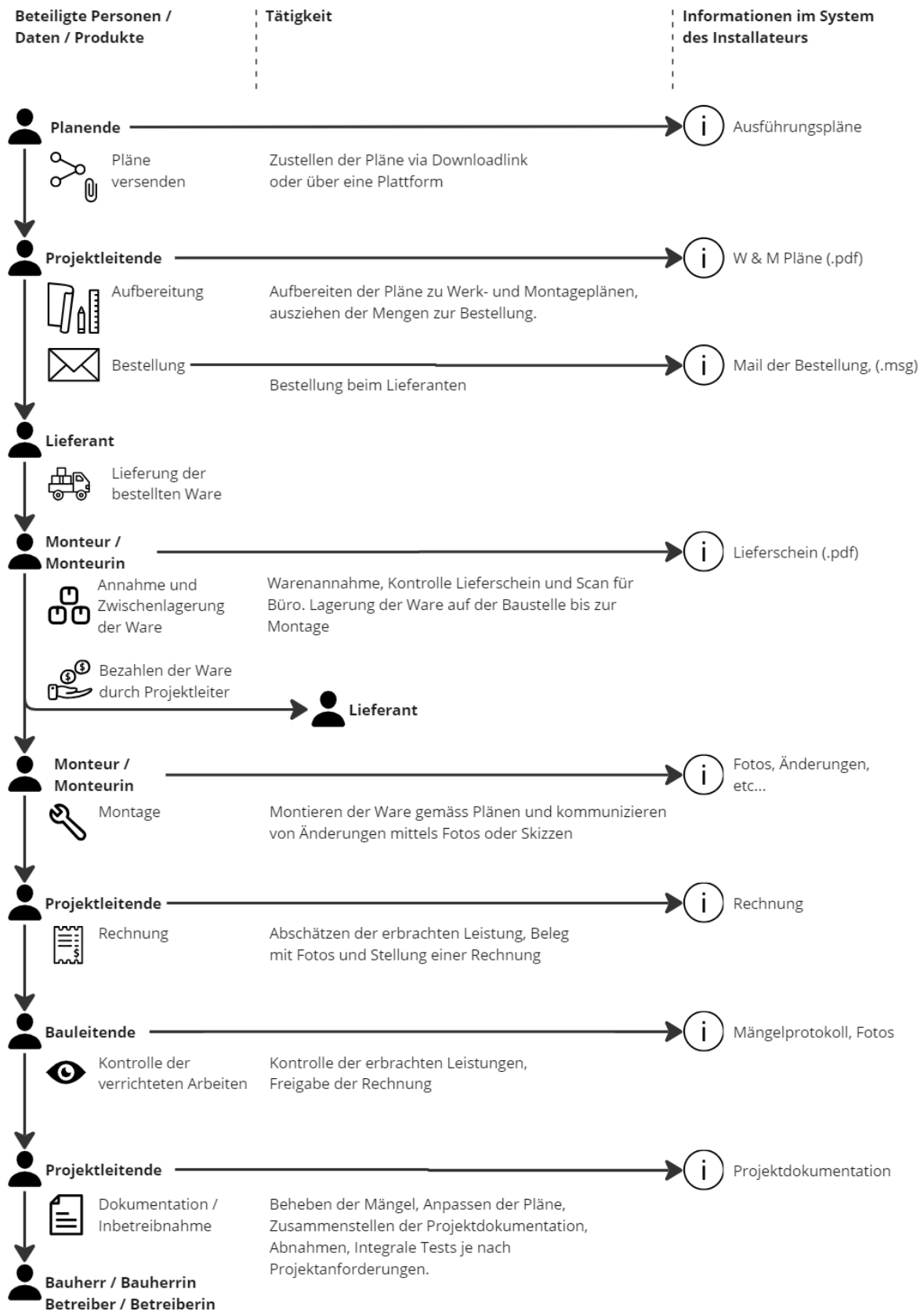


Abb. 12 Aktueller Prozess beim Installateur (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

Aktueller Prozess beim Installateur

Der Prozess (Abb. 12) zeigt den idealisierten Ablauf. Planende konzipieren, koordinieren, terminieren und legen eine Lüftungsanlage aus und übergeben dem Installateur entsprechende Informationen und Ausführungspläne (Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein 2020 S.15ff). In der Praxis kommt es jedoch häufig vor, dass Pläne nicht zur Ausführungsreife ausgearbeitet werden und der Installateur Verantwortung für Koordinierung und Terminierung übernehmen muss, um Aufträge für sich gewinnen zu können. Seine Werk- und Montageplanung muss er entsprechend den verfügbaren Grundlagen umsetzen. Nicht selten wird diese heute noch manuell von Hand oder im CAD durchgeführt (Abb. 13). Die Information, welche Bauteile respektive Abschnitte oder Zonen zur Ausführung freigegeben sind, ist in der W&M-Planung nicht ersichtlich, sondern separat geführt.

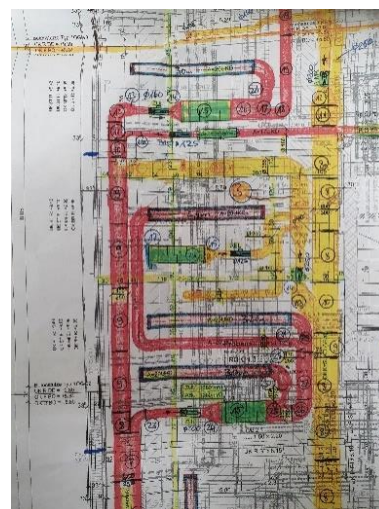


Abb. 13 Händische W&M Planung (Hälg & Co. AG, 2022)

Ähnlich gestaltet es sich mit der Erhebung der benötigten Bauteile und Materialien (Abb. 14). Auf Basis von PDF oder Excel Auszügen aus dem CAD oder händischer Notizen wird bestellt. Um Ungenauigkeiten vorzubeugen, werden Passtücke eingeplant. Dabei wird die Information, was bei welchem Lieferanten bestellt wurde, als Mail abgelegt. Die projektleitende Person behält dabei den Überblick.

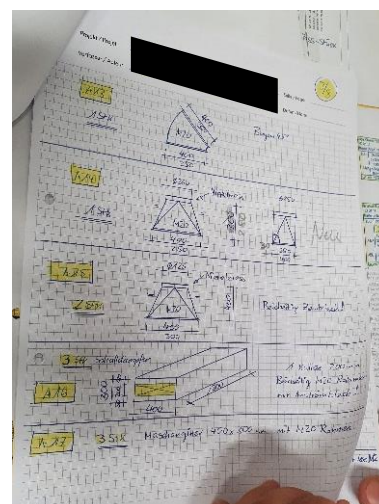


Abb. 14 händischer Materialauszug (Hälg & Co. AG, 2022)

Sobald die Ware auf der Baustelle eintrifft, wird diese vor Ort anhand des Lieferscheins kontrolliert. Der Lieferschein wird eingescannt und im Büro von der projektleitenden Person zur Zahlung freigegeben und physisch oder digital abgelegt. Eine Kontrolle des Lieferscheins mit der Bestellung findet stichprobenweise statt. Der Monteur meldet fehlendes Material gemäss W&M Planung.

Sobald die Montage auf der Baustelle erfolgt ist, kann die Leistung und das Material an die Bauherrschaft weiterverrechnet werden. Oft werden solche Forderungen mit Fotos belegt und der Bauleiter, welcher die Zahlung kontrolliert, nimmt Augenschein vor Ort. Dabei werden erkannte Mängel protokolliert und müssen vor Inbetriebnahme behoben werden. (Abb. 15) Die Informationen dazu werden, falls vorhanden in einer CDE, ansonsten per Mail bereitgestellt.

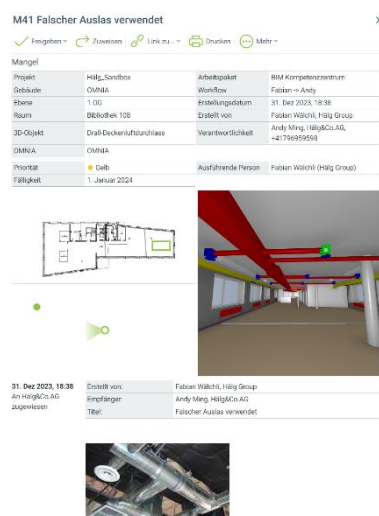


Abb. 15 Mangel einer Lüftungsanlage in Dalux (Eigene Abbildung, Dalux, 2023)

Der Installateur teilt dem Planer alle Änderungen mit, welche gegenüber der zur Verfügung gestellten Plangrundlage umgesetzt wurden. Zudem erstellt er die Projektdokumentation in vereinbartem Umfang, meist als PDF-Abgabe oder physisch in Ordnern. Der Auftrag wird für den Installateur mit der Übergabe der Dokumentation, Inbetriebnahme, letzter Mängelbehebung und der Schlussrechnung abgeschlossen.

3.1.3 Betrieb

Betreibende, welche das Facility Management eines Bauwerks sicherstellen, sind bemüht, dessen Wirtschaftlichkeit zu maximieren. Dies sowohl bezogen auf Betriebsabläufe als auch auf den Einsatz von materiellen Produktionsfaktoren bzw. Unternehmensressourcen wie Baustoff, Anlagen und Einrichtungen über deren gesamten Lebenszyklus. (Zeitner, Peyinghaus 2013 S.49)

Bezogen auf eine Lüftungsanlage ist das Facility Management an einem lückenlosen, störungsarmen und effizienten Betrieb interessiert. Dazu werden Strategien und Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz implementiert, Wartungen koordiniert und Anlagen überwacht. Entsprechende Bestandsaufnahmen, Qualitätssicherungen und Berichterstattungen gehören ebenfalls zur Dienstleistung.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Stand der Anwendung von Bauteiltracking mit der Unternehmensentwicklung der Hälg Facility Management AG für die Branche evaluiert und analysiert. Die Aussagen des nachfolgenden Abschnitts stützen auf diesen Austausch ab.

Als Grundlage für den Betrieb erhalten Betreiber oft unzureichende, teils fehlerhafte oder veraltete Unterlagen. Dies trifft bedauerlicherweise nicht nur auf Bestandsbauten sondern auch auf Neubauten zu. Da Eigentümerinnen oder Eigentümer Aufträge für den Betrieb meistens auf 3-5 Jahre vergeben, lohnt sich ein Aufbau von detaillierten strukturierten Daten für Betreiber kaum. Ein Bauteiltracking auf Stufe des individuellen Bauteils wird daher nicht umgesetzt, wäre aber interessant. Von höherem Interesse sind im Bereich der Lüftung Informationen auf Stufe Anlage. So werden Hersteller, Typ, Systemzugehörigkeit und weitere Daten erfasst. Dies geschieht teils bei Übernahme eines Objekts, teils während dem Betrieb. Als Grundlage für diese Daten dient der 2D-Grundrissplan. Mittels absetzen von Markierungen können so Anlagen auf dem Grundriss verortet und angelegt werden. (vgl. Abb. 16) Eine Übernahme von externen Daten gestaltet sich schwierig und ist nicht vorgesehen. Wird ein Bauteil kontrolliert oder ersetzt werden die Informationen dazu konventionell abgelegt und nicht im System erfasst. Das System dient primär dazu, regelmässige Arbeiten zu terminieren und eine grobe Verortung in der Lokalität zu gewährleisten. Von Bauteiltracking kann darum nicht gesprochen werden.

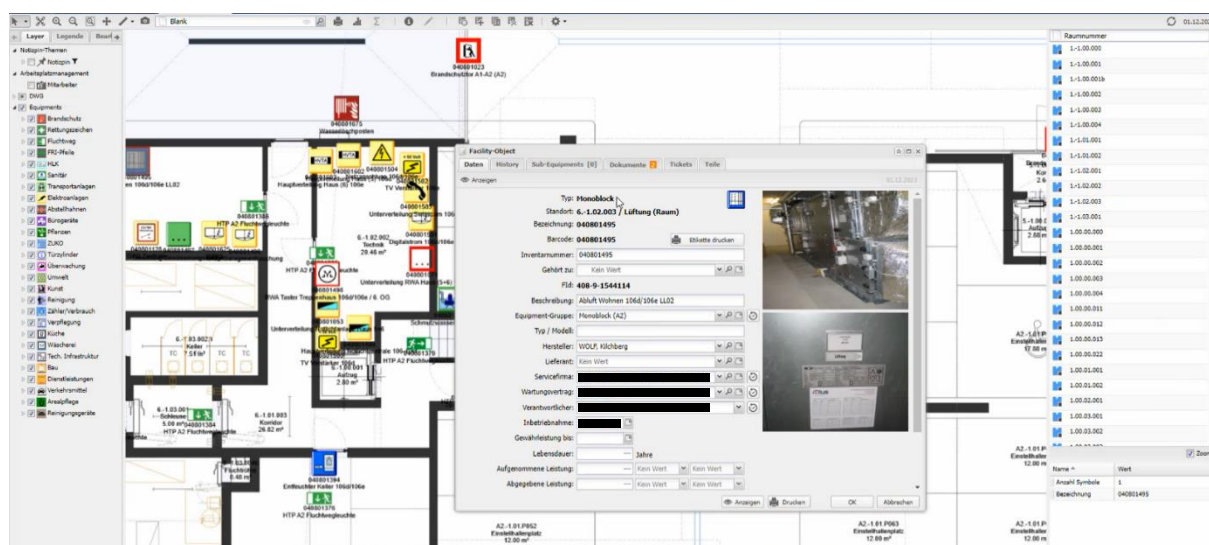


Abb. 16 FM-Daten eines Monoblocks in der CAFM-Anwendung Campos (Eigene Abbildung, Campos, 2023)

3.1.4 Service

Serviceanbieter führen vor Ort Inspektionen und Diagnosen durch, beschaffen Material und ersetzen, warten oder reinigen Bauteile. Das Angebot wird durch Support, Kundens Schulung und Qualitätssicherungsmaßnahmen abgerundet. Serviceanbieter bieten ihre Dienste üblicherweise auf Stundenbasis an oder schliessen Jahrespauschalen ab, ohne die jeweiligen Materialkosten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Stand der Anwendung von Bauteiltracking mit dem Leiter Service Schweiz der Hälg & Co. AG evaluiert und analysiert. Nachfolgende Aussagen stützen auf diesen Austausch ab.

Serviceanbieter stützen sich grösstenteils auf die Informationen, welche sie von Betreibern erhalten. Eine maschinenlesbare Datenschnittstelle dazu gibt es nicht. Informationen, Rapporte und Ähnliches wird via Telefon oder Mail kommuniziert. Sind Informationen nicht verfügbar, muss eine vor Ort Inspektion durchgeführt werden, um die nötigen Daten zu erheben. Bei Hälg werden die Daten anschliessend anlagenbasiert digital abgelegt. Im System ist ersichtlich, welche Anlage zu welchem Objekt gehört und welche Arbeiten wann ausgeführt wurden. Zudem werden objektbasiert Informationen wie Ansprechpartner, Zugänglichkeit und Ähnliches abgelegt. Bauteilbasiert sind keine direkten Informationen hinterlegt. Interessante Informationen wie Preise, die letzte Person die Hand angelegt hat an einem Bauteil und Ähnliche, werden derzeit nicht abgebildet.

Nach Einschätzung von Hälg sind die beschriebenen digitalen Prozesse auf Stufe Anlage noch nicht Standard in der Branche. Tracking auf Stufe Bauteil wäre zwar interessant und könnte Kosten und Ressourcen einsparen, wird heute aber noch nicht umgesetzt. Der Aufwand zur Datenerarbeitung und Abhängigkeit von Externen ist zu gross, um eine wirtschaftliche Lösung nur für den Service umzusetzen.

3.2 Blick in andere Branchen

Während der Literaturrecherche (Anhang A) zeigte sich, dass es in anderen Branchen durchaus Ansätze und Implementierungen für Bauteiltracking oder Produktnachverfolgungen gibt. Oft werden solche Vorhaben unter dem Begriff Industrie 4.0 oder den daran angelehnten Begriff Logistik 4.0 zusammengefasst. Erstmals wurde der Begriff Industrie 4.0 auf dem nationalen IT-Gipfel, welcher am Hasso-Plattner-Institut (HPI) von der deutschen Bundesregierung im Jahr 2006 veranstaltet wurde, genannt (Becker et al., 2020 S.7). Er beschreibt die vierte industrielle Revolution, der Digitalisierung und des Internets, nach dem Einsatz von Maschinen Mitte des 18. Jahrhunderts, Fließbandarbeit und Elektrizität ab 1870, sowie Computern Ende des 20. Jahrhunderts (Meier & Pfeffer, 2022 S.16) (Abb. 17).



Abb. 17 Die vier industriellen Revolutionen (Studyflix, 2024)

Zur Logistik 4.0 gehören neben intelligenten Markierungssystemen, IoT, KI, Blockchain und vernetzten Datensystemen auch Sensoren, Datenbrillen, Roboter, autonome Staplersysteme und Drohnen. (Grosse, 2022 S.10)

Eric Grosse (Grosse, 2022) untersuchte dazu den Stand der Forschung sowie die Praxis. Die von ihm durchgeführte Recherche zeigt, dass die Thematik um Logistik 4.0 in den letzten Jahren an Fahrt aufgenommen hat. So sind 90% der Publikationen auf Scopus in den Zeitraum 2019-2022 zurückzuführen (Abb. 18). Ein Schwerpunkt, welcher in der Forschung identifiziert werden konnte, lag auf dem Themengebiet Internet der Dinge, in der Transportlogistik. Wie können über Sensoren und drahtlose Netzwerke integrierte Logistiksysteme entwickelt werden, in denen eine Echtzeit-Verarbeitung und umfassende Analyse von Informationen entlang des gesamten Wertschöpfungsnetzwerks möglich ist. Produktnachverfolgung respektive Bauteiltracking in der Transportlogistik.

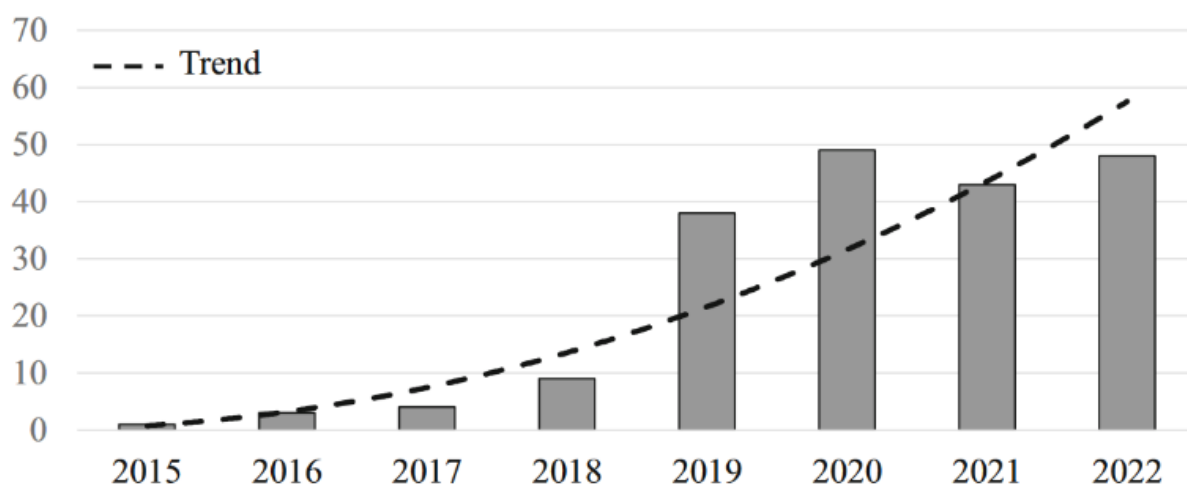


Abb. 18 Anzahl an Publikationen zur Logistik 4.0 seit 2015 (Grosse 2022 S.11)

Weiter impliziert Eric Grosse (Grosse, 2022) aus der Recherche und Umfragen von Bitkom mit über 500 beteiligten Unternehmen, dass das relativ junge Themengebiet Logistik 4.0 vor allem in Bezug auf die eingesetzten Technologien in den letzten Jahren bereits intensiv erforscht wurde. In der Praxis ist die Entwicklung jedoch bei weitem nicht so stark vorangeschritten und teilweise sogar rückläufig. Als grösstes Hindernis werden die hohen Investitionskosten genannt.

Um den Praxiseinsatz und die effektive Anwendung von Produktnachverfolgungen in anderen Branchen, im Rahmen dieser Arbeit zu überprüfen, wurden drei Unternehmen besucht. Die Unternehmen Maagtechnic, Migros und Post wurden selektiert, da sie gemäss unterschiedlichen Quellen, fortschrittliche Logistiksysteme im Einsatz haben und interessante Parallelen zur Praxispartnerin Hälg aufweisen. Nachfolgend werden die drei Firmen kurz vorgestellt und vertieft auf den Prozess der Produktnachverfolgung eingegangen. Der gesamte Logistikprozess ist im Anhang C1 - C3 als Überblick dokumentiert.

3.2.1 Industriebranche – Maagtechnic

Die Maagtechnic AG in Dübendorf ist ein spezialisierter Industriedienstleister, der eine umfangreiche Palette an Engineeringkomponenten und technischen Dienstleistungen für alle Bereiche der Industrie anbietet (Maagtechnic AG, 2023a). Für den Einzelhandel, via Consulting und E-Shop, wird ein Lager bewirtschaftet, welches sowohl Eigen- als auch Fremdprodukte umfasst.

Da die Produkte sehr unterschiedlich in Grösse, Form und Gewicht sind gibt es in der Lagerhaltung drei Teilbereiche. Das automatische Kleinteillager (Abb. 19) für kleine Produkte, das Palettenlager (Abb. 20) für gut stapelbare Produkte, die auf eine Europalette passen und das Speziallager (Abb. 21), für Produkte welche die Maximalmasse einer Europalette überschreiten, mehr als 300kg wiegen oder schlecht stapelbar sind und zum Beispiel rollen können.



Abb. 19 Automatisches Kleinteillager der Maagtechnic AG (Eigenes Foto, 2023)



Abb. 20 Palettenlager der Maagtechnic AG (Eigenes Foto, 2023)

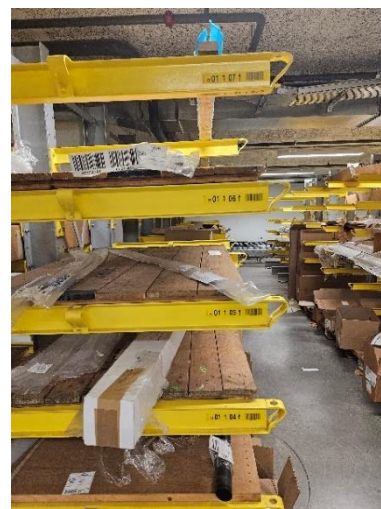


Abb. 21 Speziallager der Maagtechnic AG (Eigenes Foto, 2023)

Um den Überblick über rund 700'000 Artikel (Maagtechnic AG, 2023b) nicht zu verlieren, werden alle drei Lagerhaltungen in einem zentralen, digitalen System verwaltet. Es kann zu jedem Zeitpunkt eingesehen werden, welcher Artikel sich an welchem Standort befindet und wieviel davon an Lager gehalten wird. Dazu wird der Artikel nach dem Wareneingang an einen vom System definierten Standort abgelegt. (vgl. Abb. 22) Das Produkt selbst muss damit nicht gekennzeichnet werden, da es über seinen Standort identifiziert werden kann. Alle Behälter, Paletten, Regale und Lagerplätze bei Maagtechnic sind mit einer Platznummer und einem maschinenlesbaren Barcode ausgestattet. Eine Fehlplatzierung wird verunmöglicht. Bei jeder Platzierung eines Produkts muss dessen Standort gescannt werden. Wird nicht der vom System zugeteilte Lagerplatz verwendet, gibt es eine Fehlermeldung. Diese kann nur durch eine korrekte Platzierung behoben werden.

Bei der Auslagerung funktioniert das System identisch. Zur Auslagerung muss der Barcode des Lagerplatzes gescannt werden, stimmt dieser nicht mit dem Lagerplatz des bestellten Produkts überein, wird der Prozess unterbrochen, bis der korrekte Lagerplatz gescannt und das gewünschte Produkt entnommen wurde.

	Warenannahme	Einlagerung	Bestellungseingang	Auslagerung
Arbeitsschritt				
Tätigkeit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ware entgegennehmen 2. Lieferschein scannen oder Wareneingang im System bestätigen 3. Das System gibt einen Lagerplatz vor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ware an vom System definierten Platz positionieren. 2. Scan des Standortlabels 3. Das System verbucht die Einlagerung 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Kundenberater erfasst einen Auftrag oder der Kunde bestellt direkt im E-Shop. 2. Das System gib den Lagerort des bestellten Artikels aus. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ware am Lagerplatz mit dem Beschrieb abgleichen 2. Scan des Standortlabels und Entnahme der Ware 3. Das System verbucht die Warenentnahme

Abb. 22 Funktionsweise Produktnachverfolgung bei Maagtechnic AG (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

Informationen zu Artikeln wie Verfallsdatum, Hersteller oder Lieferant können in der Datenbank von Maagtechnic hinterlegt werden. Die Systeme der Lieferanten werden per EDI-Schnittstelle angebunden, somit können die gewünschten Daten digital übermittelt werden. Alternativ werden die Lieferscheine bei Wareneingang digitalisiert und automatisch nach gewissen Parametern ausgewertet und im ERP abgelegt. Die Daten werden dabei dupliziert und nicht geteilt.

Vorteil des Systems von Maagtechnic ist, dass Waren nicht einzeln gekennzeichnet werden müssen, um eindeutig identifizierbar zu sein. So können grössere Mengen unterschiedlicher Waren mit geringem Aufwand verwaltet werden. Die Informationen, welche Maagtechnic verarbeitet stehen jedoch nur der eigenen Umgebung zur Verfügung und können von Kunden nicht eingesehen werden. Ausnahme bilden speziell für Kunden gekennzeichnete Waren, welche auf Kundenwunsch manuell gekennzeichnet werden. Ein Tracking ist somit nur auf Stufe des Artikels und nicht des Individualprodukts umgesetzt und beschränkt sich im Normalfall auf den Lebenszyklus innerhalb von Maagtechnic.

3.2.2 Lebensmittelbranche – Migros

Die Migros Verteilbetrieb AG ist das grösste Logistikunternehmen der Migros und stellt unter anderem die Logistik für die Migros sowie Migrolino Filialen sicher. Mit 105'893 Artikel, 266'000 Hochregal Lagerplätzen und einem Warenausgang von 200 Mio. Einheiten pro Jahr (apload GmbH, 2023), liefert die Migros Verteilbetrieb AG nicht nur Sammelgebinde sondern auch Einzelwaren aus. Besucht wurde das Verteilzentrum in Suhr.

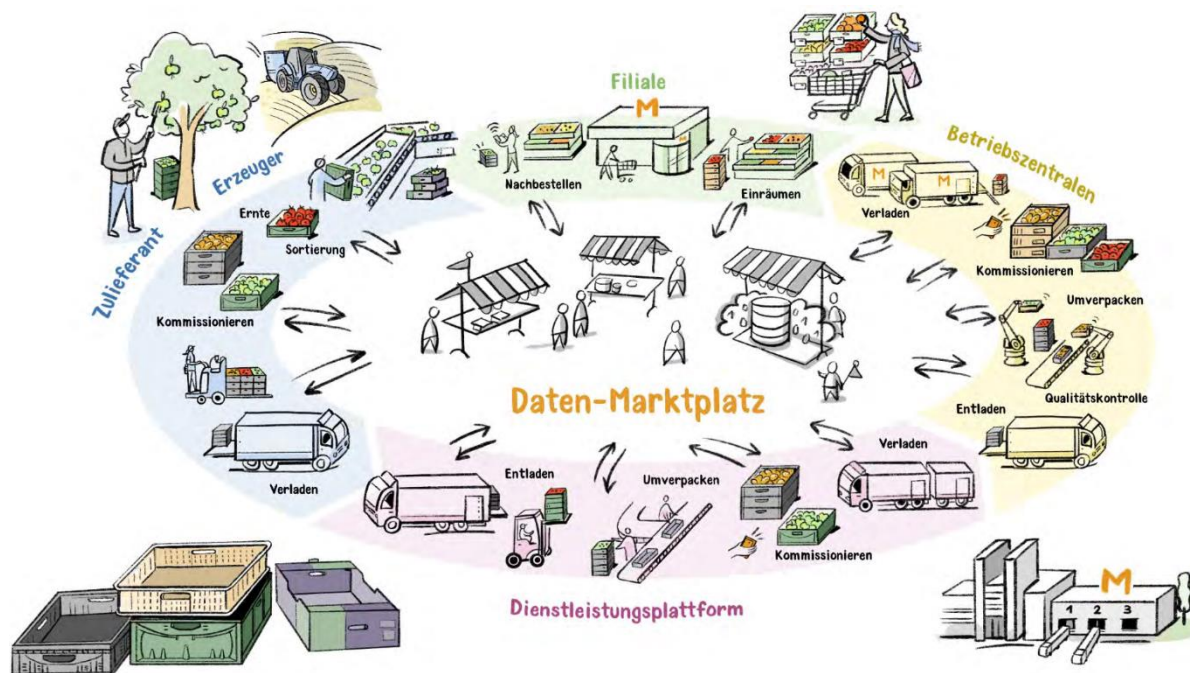


Abb. 23 Marktplatz der Logistikdaten bei Migros (Pavicic, 2021)

Die Migros Verteilbetrieb AG ist an der Logistik über den gesamten Lebenszyklus von Produkten, von der Erzeugung, über Verarbeitung, Verpackung, Vertrieb bis zur Entsorgung möglicher Umverpackungen interessiert. Dazu streben Sie einen Daten-Marktplatz, welcher allen Beteiligten offensteht, und transparente Kommunikationswege ermöglicht an. (Abb. 23)

Stand heute werden Informationen, wie in vielen Logistikunternehmen, über eine EDI-Schnittstelle ausgetauscht. Der Lieferant meldet seine Lieferung beim Verteilzentrum elektronisch an und übermittelt detaillierte Informationen wie Anzahl Paletten, Abmessungen und Gewicht sowohl für die Einzelprodukte als auch die Palette an. Zudem wird die Ware auf jedem Palett mit einem Label im Format A4 gekennzeichnet, welches einen maschinenlesbaren Barcode enthält (Abb. 24). So kann beim Wareneingang im Verteilzentrum der Migros Verteilbetrieb AG in Suhr, welche per Bahn oder LKW erfolgen kann, nur das Label gescannt werden und das System weiss, um welche Lieferung und Palette es sich handelt, da die Daten vorab übermittelt wurden. Die Paletten werden dafür aus der Bahn oder dem LKW auf ein Kettenförderer, ein Fliessband für Paletten, befördert. Kurz nach dem Scanvorgang kann so automatisch die Palette mit einem Barcode



Abb. 24 Lieferanten Label Wareneingang Migros (Eigenes Foto, 2023)

gekennzeichnet werden, welcher die weitere Verarbeitung erleichtert, da dieser sich immer an gleicher Stelle befindet (Abb. 25). Über diesen Barcode wird die Palette vollautomatisch eingelagert, bis die darauf befindlichen Produkte von einer Filiale bestellt werden. Dafür wird der generische Barcode des Paletts im System, dem der Ware hinterlegt. Da die Lager vollautomatisiert sind, kann das Lagerfach in dem das Palett abgelegt wird, ebenfalls der Ware zugewiesen werden.

Wie ein Produkt digital bestellt, so lagert das vollautomatische Lager mittels Roboter die Palette aus, auf denen sich die bestellten Produkte befinden. Sind mehrere Paletten mit identischen Waren vorhanden, wird jenes, das schon am längsten am Lager ist, ausgelagert. Wird nur eine Teilmenge bestellt, wird die Palette vollautomatisch mittels Saugglocke vollständig entladen. Dank der hinterlegten Informationen des Lieferanten zu den Abmessungen der Einzelprodukten, kann jede Verkaufseinheit auf ein eigenes Tray verladen werden (Abb. 49). Durch die definierte Anzahl Verkaufseinheiten weiss das System genau, wie viele Trays pro Palette zu erwarten sind und hinterlegt den fixen Code der Trays dem Artikel. Aufgrund der Bestellung nicht benötigter Verkaufseinheiten, werden auf dem Tray in einem weiteren Lager gehalten, bis diese benötigt werden. Da dieses ebenfalls vollautomatisiert agiert, kann wiederum die Fachnummer dem Artikel hinterlegt werden.

Die bestellten Verkaufseinheiten werden in der Kommissionierung von ihrem Tray entfernt und auf ein Europalett oder Rollwagen verladen. Dies mittels Roboter und AI-Software, welche eine möglichst stabile und gleichmässige Stapelung berechnet und gegebenenfalls einen Karton zur Stabilisation zwischenschiebt. Das fertige Palett wird mit Folie umwickelt und mit A4 Klebetikette, identisch der des Lieferanten, gekennzeichnet (Abb. 27). Im Hintergrund sind die Informationen aller enthaltenen Produkte gespeichert. Im Warenausgang spielt es somit keine Rolle, ob ein komplettes Palett des Lieferanten oder ein separat kommissioniertes verladen wird, die Informationsquelle ist identisch.

Das System weiss zu jedem Zeitpunkt, wie viele Paletten oder Trays eines Produkts gerade vorrätig sind und wie viele demnächst geliefert werden. Ebenfalls ist bekannt, welche Produkte auf einem kommissionierten Behälter zu finden sind und welchen Bestimmungsort diese haben. Die Lieferung eines Lieferanten lässt sich so lückenlos bis zur Filiale verfolgen (Abb. 28). Umgekehrt, vom Produkt aus, ist lediglich der Bezug zum Lieferanten über den Barcode des Produkts möglich. Die Tracingmöglichkeiten für den Nachvollzug der Logistik sind somit eingeschränkt.



Abb. 25 Label Palette für Lager (Eigenes Foto, 2023)



Abb. 26 Verkaufseinheit der Tray nach Depalettisierung (Eigenes Foto, 2023)



Die Tracingmöglichkeiten für

Abb. 27 A4 Label auf kommissioniertem Rollwagen (Eigenes Foto, 2023)

Neben der zentralen Datenhaltung und Verwaltung sollen auch die Gates, welche passiert werden, eine Modernisierung erhalten (Abb. 30). Sammelbehälter welche Wiederverwendet werden bekommen neben dem Barcode-Etikett (SSCC) einen RFID-Chip (GRAI), welcher das kontaktlose Auslesen der Identifikation ermöglicht. Damit lassen sich manuelle Arbeitsschritte wegrationieren und feinere Gates zur Qualitätssicherung mit geringen Kosten umsetzen. Die Migros Verteilbetrieb AG setzt bei der Logistik von Migrolino bereits auf dieses RFID-System und erfasst automatisch welche Behälter in welchen LKW verladen werden. Dank Chip am LKW (GIAI) können so beispielsweise Verwechslungen der Laderampe sofort erkannt werden.

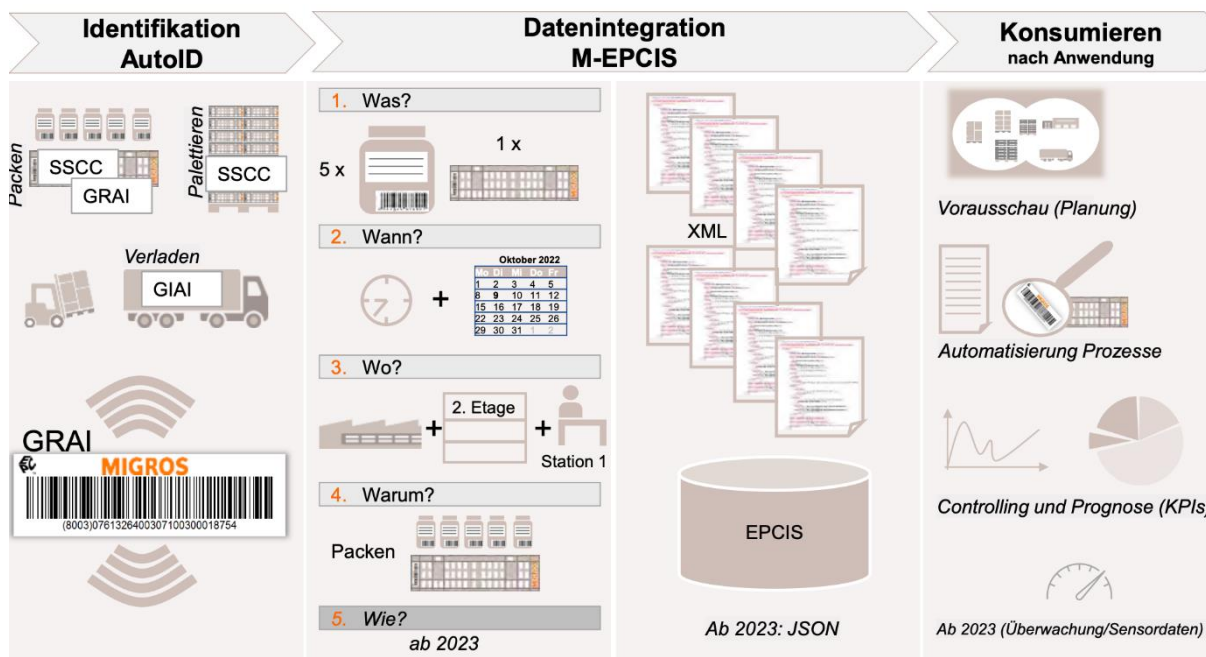


Abb. 30 Technischer Aufbau der Produktnachverfolgung bei Migros (Marc Inderbitzin, 2016)

Das System der Migros Verteilbetrieb AG, unabhängig ob Heutiges oder Zukünftiges, ist darauf ausgelegt, in einer hohen Frequenz mit denselben Partnern zusammen zu arbeiten. Durch die enge Beziehung der einzelnen Beteiligten können Lücken geschlossen und der Prozess optimiert werden. Durch Automatisierung und Kontrolle lässt sich die Qualität und Produktivität steigern. Ein Tracking ist innerhalb der Migros Verteilbetrieb AG bereits durchgängig umgesetzt, die Erweiterung auf Partner steht kurz bevor und soll zukünftig auch das Tracing über den gesamten Zyklus ermöglichen.

3.2.3 Logistikbranche – Post

Die Post stellt die Grundversorgung der Schweiz mit Postdiensten sicher, welche die Beförderung von adressierten Briefen, Paketen, Zeitungen und Zeitschriften umfasst (Die Schweizerische Post, 2023a). Dazu unterhält sie 5 Brief- und 6 Paketzentren in der Schweiz. (Die Schweizerische Post, 2023b) Besucht wurde das Briefverteilzentrum Zürich-Mülligen, in welchem mehrere Millionen Briefsendungen und Kleinpakete pro Tag verarbeitet werden.

Nicht jede Sendung wird identisch bearbeitet. Die Post bietet unterschiedliche Dienstleistungen für unterschiedliche Kunden an. So lassen sich nicht alle Sendungen standardmässig nachverfolgen, sondern müssen gewisse Bedingungen erfüllen. Für alle Direktsendungen identisch und unabdingbar ist die Adresse, welche den Empfänger eindeutig identifiziert. Damit kann jedoch nur die Zustellung sichergestellt werden. Für ein Tracking ist eine digitale Kennzeichnung erforderlich. Diese Kennzeichnung wird über einen eindeutigen Barcode sichergestellt (Abb. 31). Hinter den 18 Ziffern, welche auch als schwarze Balken im Code abgebildet sind, befindet sich der Auftraggeber der Sendung sowie die Sendungsnummer. Registrierte Geschäftskunden können so fast 10 Millionen individuelle Pakete versenden, ehe die Sendungsnummer nach 60 Tagen wiederverwendet werden kann. Da die Eindeutigkeit der Sendung über diesen Strichcode sichergestellt werden kann, lassen sich Informationen bei einem Scan an den Absender zurückmelden. Sobald die Adresse des Empfängers digitalisiert ist und dieser ebenfalls über ein Kundenkonto bei der Post verfügt, kann auch dieser Informationen zur Sendung erhalten. Alternativ kann ein Empfänger ohne Konto auch über den Absender Informationen zur Zustellung weitergeleitet bekommen. (Abb. 32) Die Informationen basieren dabei immer auf Gates, welche gescannt werden und ableitend Aufschluss über den Fortschritt oder die geplante Zustellung geben können.



Abb. 31 Privatkunden Barcode eines Pakets der Post (Eigenes Foto, 2023)

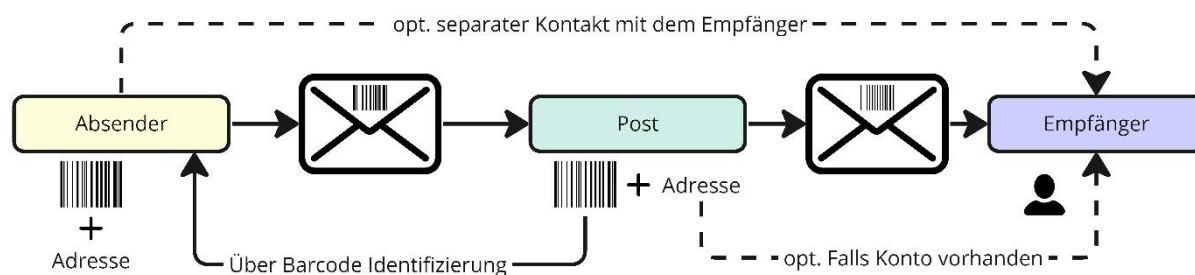


Abb. 32 mögliche Kontaktwege einer Sendungsverfolgung der Post (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

Sendungen werden nicht immer als Einzelware behandelt und gescannt. Haben Brief-Sendungen Gemeinsamkeiten, wie beispielsweise den gleichen Bestimmungsort, werden sie in Brief- oder Sammelbehältern transportiert (Abb. 33). Dabei wird jeweils digital das kleinere Behältnis dem grossen zugeordnet. So ist jederzeit bekannt auf welchem Sammelbehälter sich welche Briefbehälter mit welchen zu verfolgenden Briefen befindet. Im Logistikprozess muss so nicht bei jedem Gate jede einzelne Sendung gescannt werden, sondern nur einmal das Gebinde, um Informationen für alle darin befindlichen Sendungen zu aktualisieren.



Abb. 33 Briefe in Briefbehälter (BB) auf Sammelbehälter (SB) der Post (Eigenes Foto, 2023)

Brief- und Sammelbehälter haben zur Identifikation eine eindeutige Kennzeichnung, welche über einen maschinenlesbaren Barcode (Abb. 34) sichergestellt wird. Diese sind an einer standardisierten Position angebracht, damit sie einfach von stationären Scannern erfasst werden können. Jeder Behälter kann so im System eindeutig identifiziert und über das letzte Gate auch lokalisiert werden.



Abb. 34 Barcode zur eindeutigen Identifizierung des Behälters bei der Post. (Eigenes Foto, 2023)

Zusätzlich zum Barcode werden Behälter mit Papieretiketten (Abb. 35) versehen, um deren Inhalt, Bestimmungsort und weitere Informationen auszuweisen. Sämtliche Informationen sind digital hinterlegt, viele Prozesse in der Feinverteilung, von Sendungen bis hin zum einzelnen Kunden, beziehen jedoch Menschen mit ein. Um wiederholende Scans durch Menschen zur reinen Informationsabfrage zu minimieren und damit die Übersicht zu verbessern sowie den Prozess der Auslesung zu beschleunigen, werden Informationen auf ein Etikett gedruckt. Diese werden maschinell an die Behälter angeheftet und sobald nicht mehr benötigt, auch wieder entfernt, um den Prozess so schlank wie möglich zu gestalten.



Abb. 35 Papieretikette mit Informationen zum Inhalt an einem Behälter der Post. (Eigenes Foto, 2023)

Werden Sendungen zwischen unterschiedlichen Verteilzentren per Bahn oder in eine Filiale zur Auslieferung per LKW transportiert, geschieht das immer in Sammelbehältern. Zur Sicherstellung, dass die korrekten Sammelbehälter den richtigen Bahnwaggon oder LKW erreichen, sind diese mit einem RFID-Chip (Abb. 36) ausgerüstet. Bei jeder Laderampe sind Lesegeräte installiert (Abb. 37), welche die Identifikation des Chips kontaktlos auslesen und mit dem Bestimmungsort des Behälters und dem LKW abgleichen. Wird ein Sammelbehälter durch die falsche Laderampe gestossen, kann die Person sofort vom System darauf hingewiesen werden. Fehler können so sofort und ohne grossen logistischen Mehraufwand korrigiert werden.



Abb. 36 RFID-Chip zur Identifikation an einem Sammelbehälter der Post (Eigenes Foto, 2023)

Das System der Post setzt Tracking auf Stufe von Behältern konsequent und durchgängig, über mehrere Standorte hinweg um. Tracking und Tracing für Einzelprodukte ist verfügbar, wenn auch teilweise mit Mehraufwand und als Extraleistung. Eine Sendung kann jedoch zuverlässig über den gesamten Lebenszyklus verfolgt werden. Die Post profitiert vom Masseffekt der Sendungen und dass sie die einzige Dienstleisterin im Prozess darstellt.



Abb. 37 RFID-Lesegerät an einer Laderampe der Post (Eigenes Foto, 2023)

3.3 Ansätze der Baubranche

Wie in Kapitel 3.1 angedeutet, gibt es in der Baubranche noch keine breite Literatur zum Thema Bauteiltracking. Auch zeigt sich, dass die Verbreitung noch sehr gering und auf Grossprojekte eingeschränkt ist. Einen durchgängigen Prozess wie der Blick in andere Branchen zeigte, konnte in der Baubranche nicht gefunden werden. Es gibt allerdings Ansätze, welche in diese Richtung laufen und in Austauschen (Anhang B) erhoben wurden. Als Ansätze werden Lösungen klassifiziert, welche keinen Pilotcharakter mehr haben, aber nicht durchgängig und standardmässig zum Einsatz kommen.

3.3.1 Tracking mittels QR-Codes



Abb. 38 Bauteiltracking mittels QR-Code (Strabag, 2023)

Der Artikel «Digitales Bauen auf der Baustelle» des Magazins Ernst & Sohn (Farhat, 2023) führte zum Austausch (Anhang B7) mit der Strabag. Im Artikel wird beschrieben, wie die Strabag digitales Bauteiltracking in der Bauphase umsetzt. Im Austausch wurden offene Fragen des Artikels und Erläuterungen zur Umsetzung beantwortet und ausgetauscht. Strabag setzt das Tracking mittels QR-Codes wie folgt um:

Zu trackende Bauteile werden durch den Lieferanten mit einem einzigartigen QR-Code ausgestattet. Dieser wird im eigens für Strabag durch Züblin, eine Tochtergesellschaft entwickelten System IRIS.tracking, generiert. Auf Standards, beispielsweise von GS1, wird dabei nicht zurückgegriffen. IRIS.tracking ist eine Webplattform auf der alle Informationen, die für den Abruf und die Produktion bestimmter Bauteile eines Bauwerks benötigt werden, erfasst und zur weiteren Verwendung hinterlegt. Das System erlaubt den Import und die Anzeige von BIM-Modellen, wobei der Viewer nur fürs Tracking und nicht für die eigentliche Montagearbeiten vor Ort eingesetzt werden. Mit Zugriff auf IRIS.tracking kann der QR-Code eines gekennzeichneten Bauteils ausgegeben oder gescannt, dessen Status eingesehen und verändert werden (Abb. 39). Bei Strabag wird das System im Hochbau schon öfters für Fenster und Betonfertigteile und neu auch im Tiefbau für Individualbauteile wie Schachtböden eingesetzt. Dabei werden alle Informationen zum Bauteil selbst nach wie vor aufs Etikett gedruckt, um für den Menschen einfach lesbar zu sein. Der QR-Code dient ausschliesslich zum Tracking und enthält eine Kennzeichnung.

(Farhat, 2023)

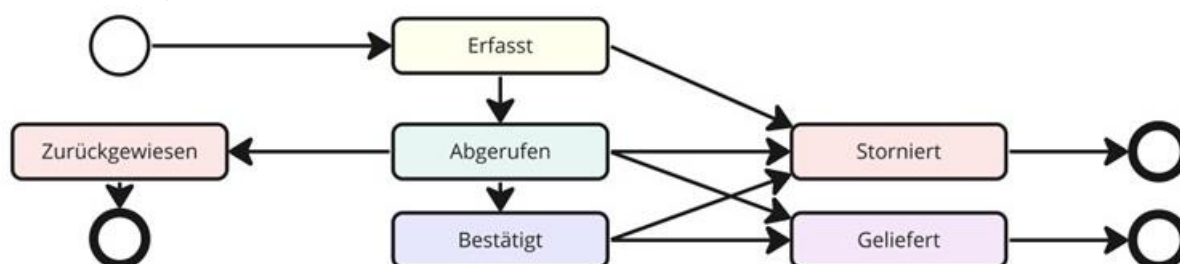
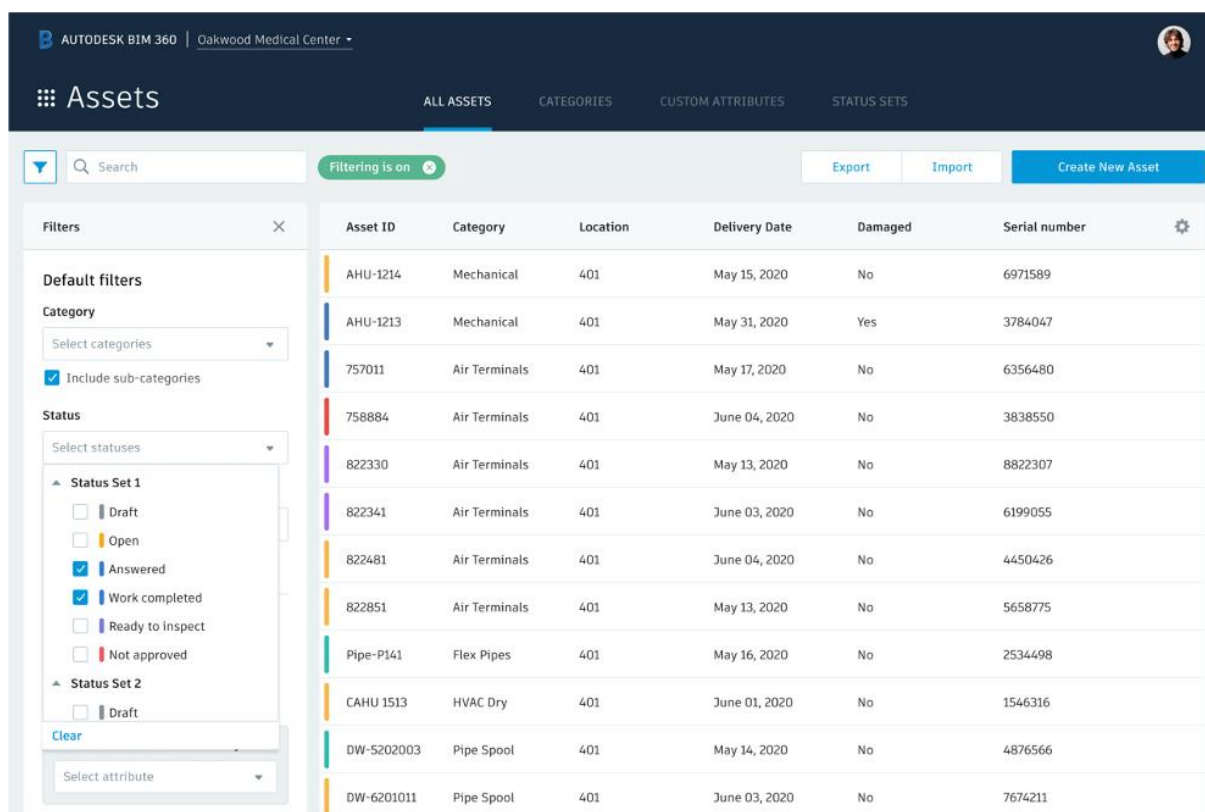


Abb. 39 Statusdiagramm für Abrufe in IRIS.tracking (Grafik in Anlehnung an Farhat, 2023 S.210, Miro, 2023)

3.3.2 Tracking mittels Assets

Im Austausch (Anhang B8) wurde die Möglichkeit erörtert, direkt über die Assets, welche üblicherweise im Betrieb eines Gebäudes genutzt werden, Bauteiltracking zu betreiben. Gibt der Vertragspartner eine Software zur Verwaltung des späteren Betriebs vor und fordert gewisse Statusdaten ein, können dadurch Schnittstellenprobleme einer späteren Übergabe vermieden werden. Gewisse Softwares, wie beispielsweise BIM360, erlauben es BIM-Modelle einzulesen und aus Objekten Assets zu generieren. So können Informationen aus dem BIM-Modell direkt übernommen werden und bedürfen keiner Neuerfassung. Da diese Übernahme einmalig geschieht, ist eine spätere Modellverbindung zwar theoretisch anhand eines Schlüssels möglich, jedoch derzeit nicht umgesetzt. Das Bauteiltracking findet somit gänzlich ohne Modellbezug, rein über die Asset-Verwaltung (Abb. 40) statt. Dabei werden üblicherweise die Status «Eintreffen auf der Baustelle», «installiert», «elektrisch angeschlossen», «Testlauf» und «Inbetriebnahme» getrackt. Vorteil bei dieser Lösung ist, dass im Hintergrund Daten wie der Erfasser und das genaue Datum abgespeichert werden und ein Tracing jederzeit bis auf Stufe des einzelnen Assets möglich ist. Als Asset werden dabei nur relevante Geräte und Armaturen der Lüftung aufgenommen und keine Meterwahre wie Kanalstücke. Da jede Anlage eine überschaubare Anzahl Geräte und Armaturen hat, kann auch ohne Modellbezug die Übersicht behalten werden.



The screenshot shows the Autodesk BIM 360 Assets interface for the Oakwood Medical Center. The main table displays a list of assets filtered by status. The filters on the left include 'Default filters', 'Category' (with a dropdown for 'Select categories' and a checked 'Include sub-categories' option), and 'Status' (with two status sets, 'Status Set 1' and 'Status Set 2', each containing several status options with checkboxes). The table columns are: Asset ID, Category, Location, Delivery Date, Damaged, and Serial number.

Asset ID	Category	Location	Delivery Date	Damaged	Serial number
AHU-1214	Mechanical	401	May 15, 2020	No	6971589
AHU-1213	Mechanical	401	May 31, 2020	Yes	3784047
757011	Air Terminals	401	May 17, 2020	No	6356480
758884	Air Terminals	401	June 04, 2020	No	3838550
822330	Air Terminals	401	May 13, 2020	No	8822307
822341	Air Terminals	401	June 03, 2020	No	6199055
822481	Air Terminals	401	June 04, 2020	No	4450426
822851	Air Terminals	401	May 13, 2020	No	5658775
Pipe-P141	Flex Pipes	401	May 16, 2020	No	2534498
CAHU 1513	HVAC Dry	401	June 01, 2020	No	1546316
DW-5202003	Pipe Spool	401	May 14, 2020	No	4876566
DW-6201011	Pipe Spool	401	June 03, 2020	No	7674211

Abb. 40 Nach Status gefilterte Assets in BIM360 (Macek, 2020)

3.4 Technologische Entwicklungen / Adaptionen

In der Baubranche werden seit einigen Jahren diverse Entwicklungen vorangetrieben. In der Literaturrecherche (Anhang A) und den Austausch (Anhang B) wurden einige interessante Ansätze gefunden und diskutiert. Als technologische Entwicklungen werden Lösungen fürs Bauteiltracking klassifiziert, die von einigen, meist grösseren Firmen der Baubranche in der Deutschschweiz näher betrachtet und gegebenenfalls in Pilotprojekten getestet werden, jedoch noch nicht als dokumentierter Ansatz für den Einsatz nach Bedarf bereitstehen. Ziel von technologischen Entwicklungen ist es, Kennzeichnungen nicht nur menschen- sondern auch maschinenlesbar zu machen, um die Vorteile von Computern und automatisierter Datenverarbeitung zu nutzen. Nachfolgend werden einige interessante Entwicklungen beleuchtet. Die Adaption zu einer fürs Bauteiltracking in der Gebäudetechnik sinnvollen Methode folgt im Kapitel 4.2.

3.4.1 2D-Code

Zweidimensionale Codes sind ein Weg, um Informationen schnell und sicher optisch maschinenlesbar erfassbar zu machen. Dabei wird ein Objekt zweifelsfrei und eindeutig identifiziert. Zu diesem Zweck werden Objekte indirekt mittels Etikette, Schild o.ä. oder direkt mit Einflussnahme auf das Objekt durch beispielsweise eine Lasergravur eindeutig gekennzeichnet. Mit einem Lesegerät können die verschlüsselten Daten im Anschluss ausgelesen werden. 2D-Codes haben gegenüber 1D-Codes, auch als Barcode bekannt, den Vorteil, dass sie wesentlich mehr Informationen abspeichern und so auch komplexere Links und URLs enthalten können. Dank einer Fehlerkorrektur von bis zu 30% können QR-Code und Datenmatrix auch bei Beschädigungen eine Leserate nahe 100% erreichen. Wie an den Bildern Abb. 41 und Abb. 42 zu erkennen ist, hat der Datenmatrix Code eine höhere Informationsdichte bei gleichem Inhalt. Der QR-Code erlaubt neben numerischen und alphanumerischen Zeichen auch andere Zeichensätze abzuspeichern und ist damit international breiter einsetzbar als die Datenmatrix. Durch die besseren Positionierungsmerkmale des QR-Codes ist er zudem oft schneller lesbar und wird gerne in der Werbeindustrie eingesetzt. Die Datenmatrix kommt vor allem in der Industrie zum Einsatz, um auch kleine Teile und gebogene Oberflächen einfach kennzeichnen zu können. Obwohl beide Codes dieselbe Funktionalität bereithalten, hat sich der QR-Code in der breiten Öffentlichkeit durch seine Kennungsmerkmale und Möglichkeiten der künstlerischen Ausgestaltung als Verbindung der realen zur digitalen Welt durchgesetzt.

(Bernhard Lenk, 2018 S.133ff.)



Abb. 41 QR-Code mit URL (QRCode Monkey, 2023)



Abb. 42 Datenmatrix mit URL (TEC-IT Datenverarbeitung GmbH, 2023)

3.4.2 RFID

Wie in anderen Branchen bereits im Einsatz gesehen (vgl. Kapitel 3.2.3), ermöglicht RFID (Radio-Frequency Identification) zu identifizierenden Objekten ohne Sichtverbindung und Lageunabhängig über Funk- bzw. Radiowellen mit einem Lesegerät auszulesen. Dabei wird im Grundprinzip (Abb. 43) vom Lesegerät ein elektromagnetisches Feld aufgebaut, das dem Transponder die erforderliche Energie liefert, um die auf einem Microchip gespeicherten Daten an das Lesegerät zu senden. Die Transponder, welche in unterschiedlicher Form aufgeklebt, eingenäht, in Plastik eingegossen, uvm. werden können, unterscheiden sich in passive und aktive Transponder. Passive Transponder haben keine eigene Energiequelle und können Informationen über wenige Meter durch die Energieversorgung des Lesegeräts übermitteln. Aktive Transponder haben eine eigene Energiequelle und können Informationen in regelmäßigen Abständen oder auf Abfrage eines Lesegeräts bis zu einem Kilometer übertragen. RFID-Codes haben entgegen optischen Codes eine lediglich durch den Mikrochip begrenzte Speicherkapazität. Sie können beliebig oft mit neuen Informationen beschrieben werden und kommen mit Vorzug bei repetitiven Prozessen zum Einsatz. (Helmus & Meins-Becker, 2009 S.221ff)

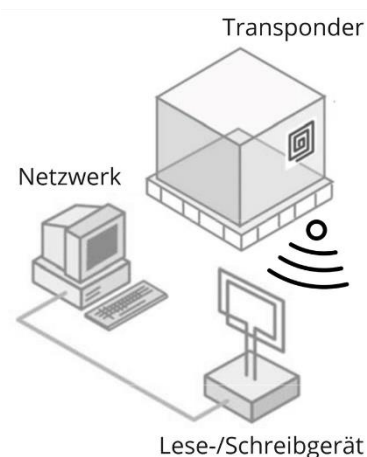


Abb. 43 Grundprinzip des RFID-Systems (in Anlehnung an Helmus & Meins-Becker, 2009 S.223)

3.4.3 NFC

NFC (Near Frequency Technology) ist eine Technologie der Nahfeldkommunikation. Über eine kurze Distanz von 4-10cm wird eine 1:1 Kommunikation mittels Induktion aufgebaut, welche den bidirektionalen Datenaustausch ermöglicht. (Kumar et al., 2021) Dazu werden Protokolle von RFID genutzt, NFC ist also eine spezielle Untergruppe von RFID, welche die zwei Wege Kommunikation ermöglicht. Ein NFC-Gerät ist Lesegerät und Transponder in einem. (Langer & Roland, 2010)

3.4.4 BLE

BLE (Bluetooth Low Energy) ist eine drahtlose Kommunikationstechnologie. Im Vergleich zu klassischem Bluetooth zielt BLE darauf ab, kleine Datenmengen über Entfernungen bis zu einigen 100m, möglichst energiesparend zu übertragen. Dabei sind Sender (Beacon) und Empfänger wie bei RFID (Kapitel 3.4.2) klar definiert. BLE kann in Reichweite liegende Beacon nutzen, um die Reichweite des Senders zu erhöhen. Ein Beacon kann also auch als Relais genutzt werden. Um seine Verfügbarkeit anzuzeigen, sendet ein Beacon in regelmäßigen Abständen kleine Datenpakete aus. Die eigentlichen Informationen folgen als separate Datenpakete, dazu benötigt der Beacon eine eigene Energiequelle. Über die Stärke des Signals lässt sich ein Beacon lokalisieren und orten. Prominentes Beispiel für Beacons sind Air-Tags von Apple. (Kumar et al., 2021 S.13-17)

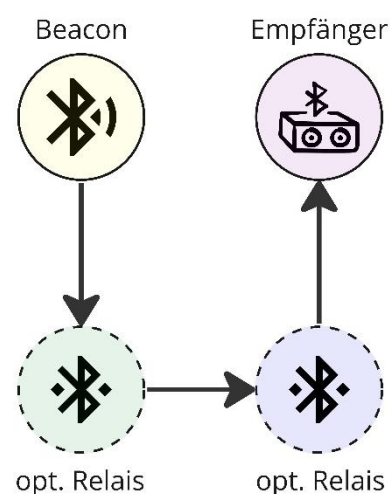


Abb. 44 Prinzip eines BLE Mesh (Eigene Darstellung, 2023, Piktogramme: (Miro, 2023))

3.4.5 GPS

Das GPS (Global Positioning System) erlaubt es mit 24 Satelliten, welche in einer Höhe von 20'000 km die Erde zweimal am Tag umrunden, die Position eines GPS-Empfängers bis auf wenige Meter kostenlos und weltweit zu bestimmen. (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2024) Der Empfänger nutzt dazu die von GPS-Satelliten gesendeten Zeitangaben. Durch den Verzug des Signals bis zum Empfänger lässt sich die Distanz zum Satelliten berechnen. Über mindestens 3 Signale kann die Position auf der Erde im Anschluss präzise und eindeutig berechnet werden. (Albrecht, 2022 S.24ff) Die Positionsdaten können vom Empfänger im Anschluss über das Mobilfunknetz oder andere Technologien an weitere Nutzer übermittelt werden.

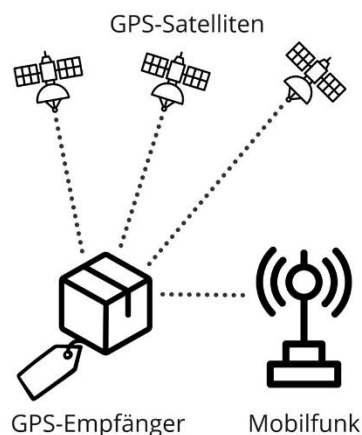


Abb. 45 Prinzip der Verbindungen eines GPS-Empfänger (Eigene Darstellung, 2023, Piktogramme: (Miro, 2023))

3.4.6 Laserscan

Imerso ist eine Firma aus Norwegen, welche Software zur Auswertung von Laserscandaten entwickelt. Zusammen mit dem BIM-Modell berechnen sie Auswertungen zur Präzision der Ausführung und dem Baufortschritt. Dazu wird der Abstand der einzelnen Laserscanpunkte zum nächsten BIM-Objekt berechnet. Sind genügend Punkte über die Fläche eines Objekts vorhanden gilt dieses als vorhanden. Über die mittlere Distanz lassen sich Bautoleranzen bestimmen. In einer Übersicht werden Abweichungen und noch fehlender Bauteile farblich markiert (Abb. 46) und in einem Protokoll aufgelistet. Durch regelmässige Wiederholung des Prozesses entsteht eine Historie, welche den Baufortschritt über den Zeitverlauf dokumentiert und Rückschluss auf einzelne Bauteile ermöglicht.

(Imerso, 2023)

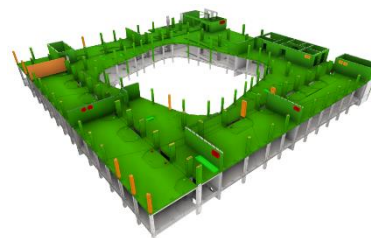


Abb. 46 Auswertung eines Laserscans in Abgleich zum BIM-Modell mit Imerso (Imerso, 2023)

3.4.7 Kamera

Zur Aufnahme auf Baustellen haben sich Kameras am Kran ausleger für den Rohbau und 360° Kameras auf Helmen für den Ausbau durchgesetzt. Verschiedene Firmen, darunter Openspace (OpenSpace, 2024), Buildots (Buildots, 2023), Oculai (oculai GmbH, 2022) und Doxel (Doxel, 2023) entwickeln Software, welche aus den Aufnahmen und dem BIM-Modell, neben einer Baudokumentation auch Fortschrittsdaten für BIM-Objekte berechnet.



Abb. 47 360° Helmkamera zur Aufnahme der Baustelle (OpenSpace, 2024)

Gemäss Besprechung mit Buildots wird über die SLAM-Technologie (Simultaneous Localization and Mapping) erst ein dreidimensionales digitales Abbild der Aufnahmen erstellt. Dieses wird im Anschluss mittels künstlicher Intelligenz und dem BIM-Modell unterteilt und den Objekten zugeordnet. In einem weiteren Schritt können mittels Bilderkennung einzelne Arbeitsschritte an Objekten identifiziert werden. Dies erlaubt sowohl ein Tracking als auch Tracing

von Objekten im Abstand der jeweiligen Aufnahmen. Die Technologie stützt sich auf Lokalisationsdaten, ein Beschriften der Bauteile ist deshalb nicht nötig.

3.4.8 Augmented Reality

Augmented Reality beschreibt eine Technologie, bei der die physische Welt um die digitale erweitert wird. In die reale Welt werden digitale Inhalte über einen Bildschirm oder direkt in eine Datenbrille projiziert (Abb. 48). Tests zeigten, dass nach initialer Verortung des elektronischen Geräts das BIM-Modell auf der Baustelle in Überlagerung betrachtet werden kann. Bewegungen des Geräts sind dabei möglich. Über die SLAM-Technologie wird der jeweilige Betrachtungswinkel in Echtzeit berechnet und das Modell entsprechend ausgerichtet. Über Gestensteuerung oder mittels Touchscreens kann zudem mit dem Modell interagiert werden.



Abb. 48 Mittels AR in die reale Welt eingeblendete digitale Informationen (vGIS Inc., 2023)

3.5 Fazit der Analyse

Bauteiltracking steht in der Gebäudetechnik noch am Anfang. Lieferanten sind diesbezüglich bereits am weitesten fortgeschritten (Abb. 49). Nicht zuletzt, da sie die Informationen, welche sie erzeugen für sich selbst nutzen können. Bei der Erhebung ist aufgefallen, dass immer wieder die Abhängigkeit zu anderen Parteien angesprochen wird, um für sich selbst einen Benefit rausschlagen zu können. Die Bereitschaft, eine Mehrleistung für jemand anderen zu tätigen, ist jedoch nicht vorhanden oder nur gegen entsprechende Entschädigung. So kommt es, dass Daten im Lebenszyklus eines Bauteils verloren gehen und teils mehrfach erneut erhoben werden. Die wirtschaftlichen Faktoren werden nur in der eigenen Sphäre des jeweiligen Unternehmens betrachtet, nicht jedoch im Gesamtkontext. Bezogen aufs Bauteiltracking sind Installateure am wenigsten weit fortgeschritten. Betrieb und Service erheben für ihre Dienstleistung teilweise entsprechende Daten im Rahmen der Wirtschaftlichkeit.



Abb. 49 Stand der Anwendung von Bauteiltracking in der Gebäudetechnik (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Flaticon, 2023), (Oleksandr Paios, 2023), (iconscart, 2023), (arcady31, 2023))

Ein Blick in andere Branchen zeigt, dass beschränktes Denken auf die eigene Sphäre nicht auf die Baubranche beschränkt ist. Firmen im Industriesektor sind mit einer ähnlichen Haltung unterwegs, bieten zusätzliche Dienstleistungen wie Kennzeichnungen oder Datenanbindungen jedoch teilweise aktiv an, was in der Baubranche nicht der Fall ist. Das Bewusstsein für den Wert von Daten scheint damit höher zu sein und ist auch in den jeweiligen Prozessen wiedererkennbar. Die für die Arbeit besuchten Firmen verarbeiten alle Informationen digital. Das Produkt wird, falls nicht vom Lieferanten schon gekennzeichnet, bei Wareneingang eindeutig mit einem Code markiert. Alternativ kann ein Produkt über dessen Standort oder Verhältnis identifiziert werden. Vorteil dabei ist, dass Markierungen wiederverwendet werden und sich somit teurere Technologien wie Funksender, welche ohne visuelle Verbindung gelesen werden können, wirtschaftlich lohnen. Ist ein Produkt gekennzeichnet, wird es über mehrere Stationen bis zum Abschluss des Prozesses getrackt. Die Firmen nutzen die Daten für Auswertungen und zur Qualitätssicherung. Dank der Identifizierung kann ein System beispielsweise einen Lagerplatz vorschreiben, welcher gerade leer ist und verwendet werden soll. Fehler werden von Beginn weg unterbunden, indem die Person den Code an dem zugewiesenen leeren Platz bestätigen muss, der Prozess kann sonst nicht fortgeführt werden.

Arbeiten mehrere Firmen miteinander, gibt es von GS1 bezüglich der Kennzeichnungen Standards, damit keine Eigenlösungen entwickelt werden müssen. Fürs Bauteiltracking ist insbesondere der Standard EPCIS interessant, welcher von anderen Branchen derzeit implementiert wird.

Neben maschinenlesbaren Codes und Identifizierungsmöglichkeiten ist es in vielen Prozessen weiterhin wichtig, dass auch Menschen Daten lesen können. Vielfach geht das über ein einfaches Etikett schneller, als wenn Daten erst über eine Identifikation ausgelesen werden

müssen. Digitale Mittel ergänzen bisherige Kennzeichnungen, damit lediglich und ersetzen diese nicht.

Folgende Möglichkeiten der digitalen Identifizierung, welche für die Gebäudetechnik interessant sein können, wurden betrachtet: Zur visuellen Auslesung 2D-Codes, wobei die Datenmatrix oder der QR-Code in Frage kommen. RFID, NFC, BLE und GPS zur Auslesung via Funk. Laserscan, Kamera oder Augmented Reality, welche Bauteile über die Verortung im Abgleich der Realität mit dem 3D Modell Bauteile identifizieren können.

Von den identifizierten Technologien wurden noch wenige in der Baubranche angewandt. Konkrete Nachweise für den Einsatz von Bauteiltracking konnten mit QR-Codes und digitalen Assets gefunden werden. Wobei die digitalen Assets keine Technologie zur Identifizierung, sondern zur Verwaltung von Informationen darstellt.

4 Synthese

In der Synthese werden die Erkenntnisse aus Kapitel 3 für ein Lüftungsbauteil in die Gebäudetechnik überführt. Dazu werden die unterschiedlich benötigten Status über den Lebenszyklus mit Fokus auf den Anlagebau anhand des Potentials für unterschiedliche Stakeholder definiert. Weiter werden die heutigen Prozesse, Ansätze und Technologischen Entwicklungen / Adaptionen in Bezug zum Bauteiltracking und Einsatz in der Gebäudetechnik hinterfragt und einer Einschätzung zum Nutzen der jeweiligen Methode abgegeben.

4.1 Benötigte Status für ein Lüftungsbauteil

Die zu erfassenden Status für ein Lüftungsbauteil wurden über mehrere Iterationen in Zusammenarbeit mit Hälg und weiteren Branchenvertretern erarbeitet. Die Konklusion ergab das folgende Status, welche nachfolgend an die Herleitung (4.1.1), erläutert werden (4.1.2), im Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils von Bedeutung sind:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Fertig koordiniert | 7. Montiert |
| 2. Überprüfung | 8. Angeschlossen |
| 3. Gut zur Ausführung | 9. Kontrolliert |
| 4. Bestellt | 10. In Betrieb genommen |
| 5. Liefertermin bestätigt | 11. Wartung |
| 6. Wareneingang | |

Folgende Status standen zur Diskussion, wurden jedoch verworfen:

- | | |
|------------------------------|----------------|
| • Bestellung bestätigt | • Mangel |
| • Zwischenfabrikat gefertigt | • Isoliert |
| • Produziert | • Verrechnet |
| • Sammelbehälter | • Dokumentiert |

4.1.1 Herleitung

Anhand des bestehenden Prozesses und der damit verbundenen Gespräche (vgl. Kapitel 3.1) wurden alle sinnvoll erscheinenden oder bereits existierenden Status aufgenommen. Zusätzlich wurde die heute noch verbreitete separate Planung und Ausführung in der Gebäudetechnik miteingefasst. Würde diese Dienstleistung von einem Ansprechpartner umgesetzt, liessen sich die Liste um «Fertig koordiniert» und «Überprüfung» verkleinern. Die Liste aller Status wurde im Anschluss mit Personen unterschiedlicher Position und Zugehörigkeit bei Hälg, kritisch hinterfragt und ergänzt. Die unterschiedlichen Ansprüche sollten damit abgedeckt werden.

In einem weiteren Schritt wurde die Liste eingekürzt, damit die Status nachfolgend aufeinander aufbauen und in einer logischen und eindeutigen Reihenfolge auftreten. Somit kann die Oberfläche zur Anzeige des Status auf ein Datenfeld begrenzt werden. Gebräuchliche IFC-Viewer können die Daten somit besser anzeigen und einfärben. Für den Endnutzer steht zudem ausschliesslich der aktuellen Status im Vordergrund. Eine Suche über mehrere Informationen und möglicherweise leere Datenfelder wird damit vermieden. Status wie «Mangel» «Verrechnet» oder «Dokumentiert» werden gestrichen, da sie unabhängig im Prozess auftreten können. Teilweise sind sie auch keine richtigen Status, sondern zusätzliche Informationen, welche bei Bedarf separat geführt werden können.

Die Reduktion auf ein Datenfeld hat auch zur Folge, dass Inhalte gleich strukturiert sein müssen. Das Datenfeld «Sammelbehälter», welches eine weitere Identifikation enthält, unterscheidet sich somit von allen anderen Status, welche als Datumsinformation gespeichert werden können. Da der Fokus auf dem Anlagebau liegt und der Bezug in der Produktion beim Lieferanten ohnehin die Bestellung und nicht das gesamte Bauwerk betrifft, können die Status «Zwischenfabrikat gefertigt», «Produziert» und «Sammelbehälter» gestrichen werden, auch wenn das Produkt dort seinen Ursprung nimmt.

Der Status «Bestellung bestätigt», welcher vom Lieferanten erfasst wird, wurde gestrichen, da sich die Information aus dem Liefertermin ableiten lässt, der ebenfalls zurückgemeldet und bestätigt wird. Unabhängig in welcher Form der Lieferant den Liefertermin zurückmeldet, kann der Installateur den Status «Liefertermin bestätigt», welcher für die Baustelle von Bedeutung ist, eintragen oder ableiten. Durch die Entfernung der Status des Lieferanten können die benötigten Schnittstellen reduziert werden und der Prozess lässt sich unabhängiger umsetzen.

Die Entscheidung den Status auf ein Datenfeld zu begrenzen, bringt sicherlich Vorteile in der täglichen Handhabung und vereinfacht den Einstieg und die Nutzung. Das Tracking wird damit optimiert. Die Transparenz und die Möglichkeit des Tracing nehmen jedoch ab. Werden die Daten digital verarbeitet, lässt sich ein Tracing jedoch datenbankseitig umsetzen. Datum und Benutzer werden bei Änderung des Status erfasst und lassen entsprechend Rückschlüsse zu.

4.1.2 Erläuterung

Es folgen Erläuterungen zu den einzelnen Status fürs Bauteiltracking. Wann wird welcher Status von wem vergeben und welches Potential bringen diese mit sich.

1. Fertig koordiniert

Der Status «Fertig koordiniert» dient dazu, die Schnittstelle zwischen Planer und Installateur zu vereinfachen. Gemäss SIA 118 (Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, 2020) liefert der Planer dem Installateur mit der Ausführungsplanung die Grundlage für die Werk und Montageplanung und gibt diese in einem weiteren Schritt auch frei. Da ein Gebäude selten als Ganzes zur W&M-Planung freigegeben wird, sondern üblicherweise in Abschnitten / Zonen / Geschossen oder Anlagebasiert, ist es sinnvoll, diese freigegeben Bereiche durch einen klaren Status, auf Ebene des einzelnen Bauteils, zu kennzeichnen. Missverständnisse und Unklarheiten werden damit vermieden. Der Prozess wird standardisiert und die Kommunikation transparent und nachvollziehbar. Dieser Status ist als optional markiert, da der restliche Prozess vom Installateur auch ohne diesen umgesetzt werden kann.

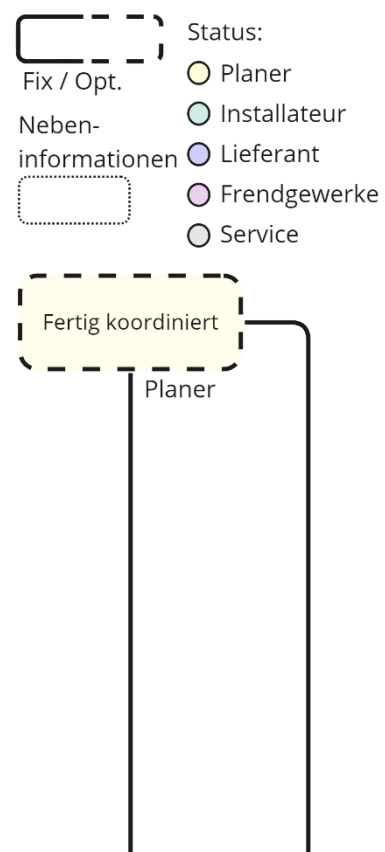


Abb. 50 Abfolge der benötigten Status Teil 1 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)

2. Überprüfung

Hat der Installateur in seinen W&M-Plänen Änderungen gegenüber der Ausführungsplanung vorgenommen, müssen diese vom Planer kontrolliert und mit anderen Gewerken in der Koordination abgeglichen werden. Dazu vergibt der Installateur allen Bauteilen mit Änderungen den Status «Überprüfung». Der Planer weiss somit ohne lange Suche, wo Änderungen vorhanden sind und kann diese zielgerichtet und effizient prüfen. Der Status ist als optional markiert, da Bauteile welche nicht verändert, sondern lediglich detailliert wurden, auch direkt als «gut zur Ausführung» gekennzeichnet werden können.

3. Gut zur Ausführung

Sind alle Vorarbeiten abgeschlossen und ein Bauteil ist fertig spezifiziert zur Ausführung, wird es mit dem Status «Gut zur Ausführung» markiert. Alle Beteiligten sind somit über die Fertigstellung der Vorarbeiten gleichermassen informiert und wissen, dass eine Bestellung des benötigten Materials jederzeit möglich ist. Der Status wird bei vorheriger Überprüfung und Gutheissung durch den Planer vergeben. Ist keine Überprüfung notwendig, folgt der Status direkt auf «Fertig koordiniert» und wird nach Detaillierung durch den Installateur gesetzt.

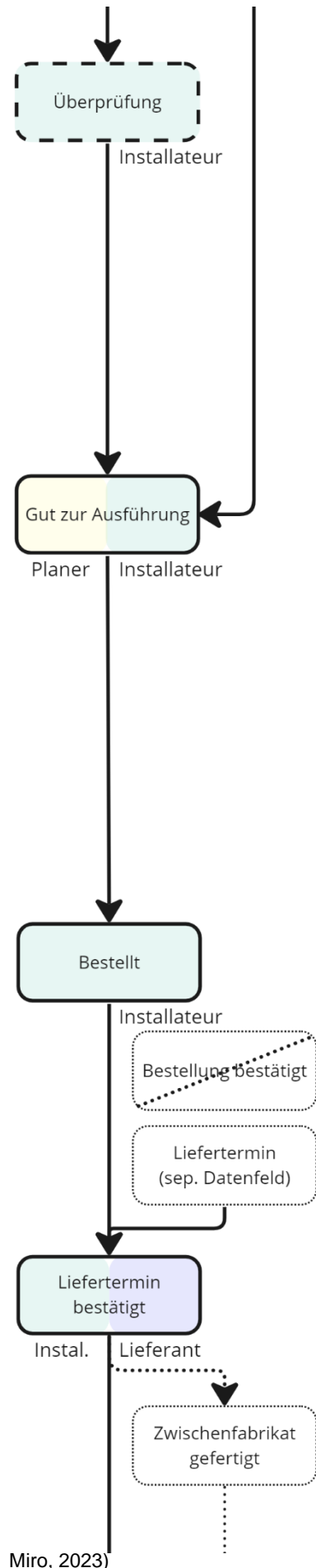
Auf einen Status bei Zurückweisung einer Änderung durch den Planer wurde bewusst verzichtet. Die Zurückweisung hat eine Diskussion zur Folge, welche nicht über einen Status angesprochen werden muss.

4. Bestellt

Wurden Bauteile bestellt, erhalten sie vom Installateur den Status «Bestellt». Dadurch werden Doppelbestellungen vermieden und noch nicht bestellte Bauteile können einfach aufgefunden werden. Die Vollständigkeit kann damit sichergestellt und etwaige Verzögerungen der Montage aufgrund von fehlendem Material vermieden werden.

5. Liefertermin bestätigt

Der Status «Liefertermin bestätigt» wird je nach Integrations-tiefe der Umsetzung vom Installateur oder Lieferanten gesetzt. Der Status ist für die Baustelle interessant, da die Bestellung allein als Information für die Anlieferung nicht ausreichend ist. Der Status weist dabei lediglich darauf hin, dass weitere Informationen verfügbar sind und eingesehen werden können wie der Liefertermin, welcher als separates Datenfeld ausserhalb des Status geführt wird.



6. Wareneingang

Sobald die Bauteile auf die Baustelle geliefert werden und der Wareneingang kontrolliert ist, wird der Status «Wareneingang» gesetzt. Dank des Status Bestellung kann der Wareneingang direkt mit der Bestellung und nicht wie bisher üblich, dem Lieferschein abgeglichen werden. Mögliche fehlende Bauteile werden damit direkt erkannt. Der Status dient als Bestätigung für eine spätere Rechnungskontrolle und kann, wenn digital erfasst, direkt in ein Beschaffungssystem zurückgespielt werden. Alle Bauteile in diesem Status zeigen zudem direkt auf, welche Bereiche als nächstes montiert werden können und wozu das Material vorhanden ist.

7. Montiert

Der Status montiert dient der Fortschrittskontrolle der Montage. Ob der Status direkt bei Montage des jeweiligen Bauteils erfasst wird oder etappenweise bei Kontrollen obliegt dem später definierten Prozess. Durch den höheren Aufwand der sofortigen Erfassung könnten allerdings interessante Rückschlüsse für die zukünftige Terminplanung gezogen werden, da bauteilbasierte Aufwandswerte vorhanden sind. Auch ohne diese dient der Status für Folgegewerke als Startschuss, um Geräte und Apparate anschliessen zu können. Zudem kann er zur Rechnungsstellung beigezogen werden, um den effektiven Fortschritt weiter zu verrechnen. Bisherige grobe Abschätzungen werden damit präziser, der Prozess transparenter und belegbar.

8. Angeschlossen

Sobald Fremdgewerke Bauteile angeschlossen haben, wird der Status «Angeschlossen» gesetzt. Dieser ebnet den Weg zum Abschluss für den Installateur. Nicht alle Bauteile benötigen diesen Status, sondern nur solche, welche auch Anschlüsse besitzen.

9. Kontrolliert

Der Installateur führt eine eigene Kontrolle durch, um sowohl die eigenen ausgeführten Arbeiten als auch die der Fremdgewerke an den Geräten und Apparaten, meist anhand einer Checkliste zu prüfen. Zu diesem Anlass wird der Status auf «Kontrolliert» gesetzt, um Dopplungen und vergessene Bauteile vermeiden und erkennen zu können.

Mängel werden bewusst keine in den Status mit aufgenommen, da diese separat geführt werden. Wie der Status kontrolliert gesetzt, müssen alle Mängel bereits behoben sein.

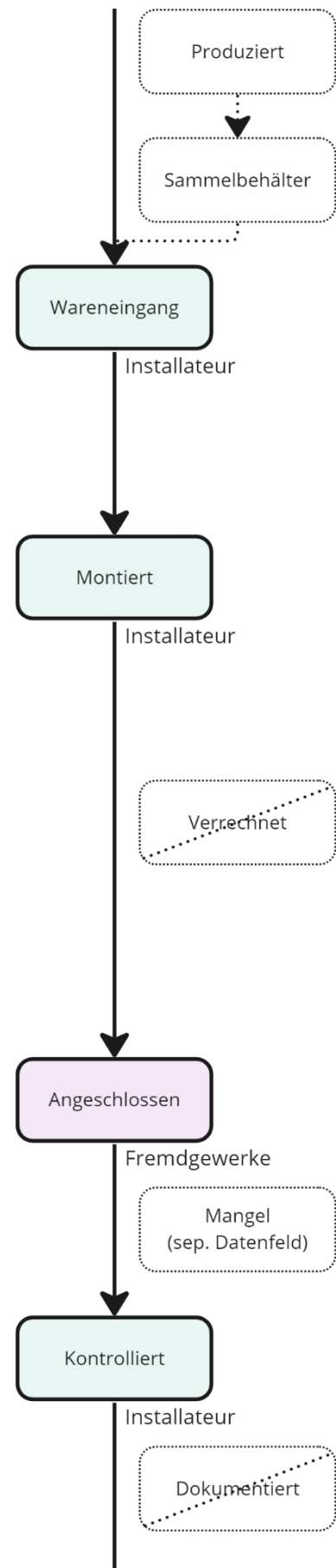


Abb. 52 Abfolge der benötigten Status Teil 3 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)

10. In Betrieb genommen

Der Status «In Betrieb genommen» dient als Startschuss für die Garantiefrist und ist für den Installateur von Bedeutung, um mögliche Garantielücken zu versichern. Dank dem Status des Wareneingangs kann eine mögliche Garantielücke tagesgenau beziffert und versichert werden, was Prämien zu bisherigen Praktiken einsparen kann. Der Status ist zudem im Betrieb interessant, um die Gewährleistungsfrist direkt und ohne Nachfrage einsehen zu können, was wiederum Kosten für Telefonate und Suchen erspart.

11. Wartung

Der Service hinterlegt den Status Wartung, welcher beliebig oft überschrieben werden kann, sobald ein Gerät oder eine Apparatur gewartet wurde. Dies erlaubt eine umfassende Übersicht und Nachvollziehbarkeit von getätigten Arbeiten. Zudem ist ein präziser Ausblick auf zukünftige Servicearbeiten möglich.

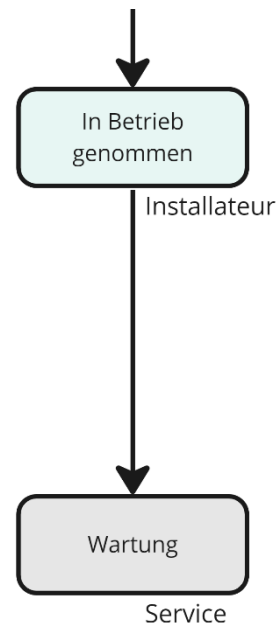


Abb. 53 Abfolge der benötigten Status Teil 4 (Eigene Darstellung, Miro, 2023)

4.1.3 Potentiale

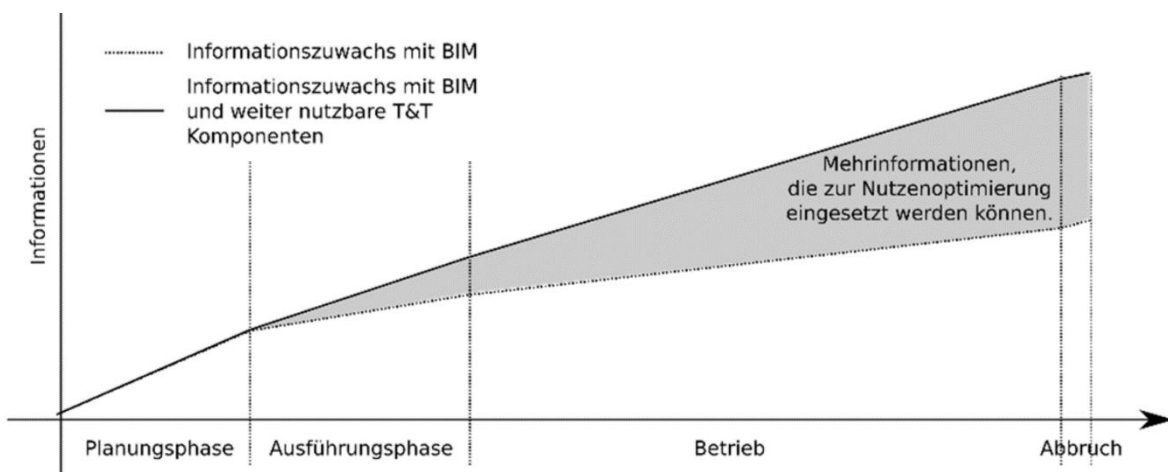


Abb. 54 Informationszuwachs mit und ohne T&T (in Anlehnung an A. J. Spengler et al., 2017 S.580)

Bauteiltracking mit den genannten Status bietet für unterschiedliche Stakeholder verschiedene Potentiale und Vorteile. Im Buch «Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität» wird spezifisch aufs Tracking von Bauteilen eingegangen.

«Geeignete Software vorausgesetzt, können die neu gewonnenen Informationen über das T&T hinaus genutzt werden, um zusätzlichen Nutzen zu generieren. Dieses können Dienstleistungen, bedarfsgerechteres reinigen von Räumen, nutzungsbezogene Wartungsintervalle oder Optimierung der Auslastung eines Bauwerks sein. Der Informationszuwachs ist während des Gebäudebetriebes am höchsten und steigt mit der Anzahl der Sensoren. Hier können statistische Methoden genutzt werden, um Zusatzinformationen aus den Daten zu generieren oder sie können mit anderen Datenpools kombiniert und im Verbund ausgewertet werden.» (A. J. Spengler et al., 2017 S.580)

Unter Sensoren werden in diesem Bezug T&T-Technologien verstanden. (vgl. Kapitel 2.5)

Nachfolgend werden die Potentiale aus den definierten Status für unterschiedliche Stakeholder der Gebäudetechnik aufgelistet. Als Grundlage dient die Erhebung in den Austauschen (Anhang B), Adaption von Firmenbesichtigungen (Anhang C), Befragungen (Anhang C.4), Umfragen (Anhang E) und Fachgesprächen mit Branchenvertretern sowie Mitarbeitenden der Hältg.

Planer

- **Schlankere und eindeutige Kommunikation**
Festgelegter Kommunikationsweg mit eindeutigem Prozess.
- **Informationsgrundlage für Umplanungen**
Folgen von Umplanungen lassen sich besser abschätzen da Bauteile die bestellt oder bereits montiert wurden, direkt erkennbar sind.
- **Strukturierter Einbezug bei Änderungen in der W&M-Planung**
Es müssen nur noch die ausgewiesenen Bereiche tiefer geprüft werden für eine Freigabe der W&M-Pläne.
- **Erhöhung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit**
Möglichkeit zur Überprüfung durch Tracing der Status.

Lieferant

- **Verbesserung der Arbeitsauslastung**
Bessere Vorhersage der Auslastung dank frühzeitiger Information über benötigte Bauteile. Status «Gut zur Ausführung» erlaubt die Übermittlung der Informationen ohne direkte Bestellung.
- **Verringerung von Nacharbeiten**
Weniger Diskussionen bei fehlenden oder später abhandengekommenen Bauteilen dank strukturierter Überprüfung bei Wareneingang.
- **Forecast**
Durch Abschätzen zukünftig benötigter Ressourcen kann die Beschaffung optimiert und Versorgungsengpässe mit Rohstoffen vermieden werden.
- **Belegbarkeit der gelieferten und verrechneten Waren**
Bestätigung durch den Installateur kurz nach Wareneingang.

Installateur

- **Schlankere und eindeutige Kommunikation**
Festgelegter Kommunikationsweg mit eindeutigem Prozess.
- **Verbesserte Projektübersicht**
Zentrale Datenverfügbarkeit, Möglichkeit von jederzeit aktuellen Auswertungen und Tracing.
- **Eindeutige Informationsgrundlage**
Informationen sind zentral und eindeutig verfügbar. Fehlinformationen werden vorgebeugt und die Erfassung vereinfacht.
- **Strukturierte Freigabeprozesse**
Definierte Schnittstelle und Verantwortung zum Planer, dadurch weniger Unsicherheit und geringerer Kommunikationsbedarf.
- **Versorgungsengpässe auf der Baustelle vermeiden**
Kontrollmöglichkeit zur Sicherstellung vollständiger Bestellungen.

- **Vereinfachte Kontrolle von Warenlieferungen**
Bezug zur Bestellung und nicht nur zum Lieferschein gegeben.
- **Vereinfachte Stellvertretungen und Projektübergaben**
Eine einheitliche Arbeitsweise schafft die Möglichkeit zur schnelleren Übersicht.
- **Belegbarkeit der ausgeführten und verrechneten Arbeiten**
Prozentuale Auswertung des Status «montiert»
- **Optimierte Warenbeschaffung**
Durch den Zusammenzug von Bestellungen können bessere Rabatte erzielt werden.
- **Forecast**
Durch Abschätzen zukünftig benötigter Ressourcen kann die Beschaffung optimiert und Versorgungsengpässe mit Rohstoffen vermieden werden.
- **Rückruf**
Auswertungen bei Produktrückruf gestalten sich wesentlich einfacher, da bekannt ist was, wann wo verbaut wurde.
- **Nachfragen**
Nachfragen nach Produktegewährleistungen oder ähnlichen Informationen können künftig schneller und durch weniger Personal abgehandelt werden.

Betrieb / Service

- **Verbesserte Informationsquelle**
Garantiedauer kann anhand des Inbetriebnahme-Status abgeleitet werden.

Weitere Potentiale für den Betrieb ergeben sich je nach gewählter Umsetzungsvariante aus der T&T-Technologie, nicht jedoch aus der Information des Status allein.

Baumanagement

- **Höhere Transparenz**
Dank Informationsgrundlage, welche heute in dieser Form nicht verfügbar/zugänglich ist.
- **Nachvollziehbarkeit des Baufortschritts**
Detaillierte, aktuelle Informationen auf Ebene der einzelnen Bauteile
- **Optimierung Lean / Terminplanung**
Genauere Fortschrittsdaten und Aufwandswerte verfügbar.
- **Entscheidungsgrundlage für Umplanungen**
Folgen von Umplanungen lassen sich besser abschätzen, da Bauteile die bestellt oder bereits montiert wurden direkt erkennbar sind.

Die Aufzählungen der Potentiale sind nicht abschliessend, es wird erwartet dass sich neben den grösseren offensichtlichen Potentialen im Alltag weitere kleine Verbesserungen erreichen lassen.

4.2 Möglichkeiten der Umsetzung

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten die Status fürs Bauteiltracking zu erfassen und zusammenzutragen. Basierend auf den heutigen Herangehensweisen (vgl. Kapitel 3.1), Ansätzen der Baubranche (Kapitel 3.3) und Technologischen Entwicklungen (Kapitel 3.4) werden die unterschiedlichen Möglichkeiten nachfolgend, in Bezug zu den in Kapitel 4.1 definierten Status, beschrieben und eine allgemeine Einschätzung zum Nutzen der Methode abgegeben.

Eine generische Bewertung und ein direkter Vergleich der unterschiedlichen Methoden stellte sich als nicht zielführend heraus. Die Anforderungen, Kriterien und Gewichtungen sind je nach Stakeholder unterschiedlich. Zudem bieten sich je nach zu erfassendem Status unterschiedliche Methoden besser oder schlechter zur Umsetzung an. Ob eine Einzellösung oder ein Ökosystem unterschiedlicher Ansätze genutzt wird, muss deshalb individuell evaluiert werden. Ein Beispiel dazu liefert das Kapitel 4.3.

4.2.1 Markierungen auf Plan

Die einfachste Methode, welche heute teilweise auch schon angewendet wird, sind Markierungen auf einem Papier-Plan. Es wird empfohlen, einen Ausdruck in Graustufen zu verwenden, da die Pläne in der Lüftung üblicherweise bunt sind. Zwei unterschiedliche Ansätze konnten beobachtet werden. Beim Ersten wird eine Farbe pro Status verwendet. Auf demselben Plan können somit, bei Bedarf mit zunehmenden dunkleren Farben, die Status nacheinander übermalt werden. Beim zweiten Ansatz wird für jeden Status ein separater Ausdruck verwendet. Die Farben kommen dabei für unterschiedliche Zeitspannen, meist eine Woche, zum Einsatz. Unabhängig der Variante lässt sich damit ohne zusätzliche Mittel auf eine einfache Art und Weise der Baufortschritt tracken. Da die Markierungen meist grob auf Grundrissen und Schnitten eingetragen werden, sind gewisse Unschärfen in Kauf zu nehmen. Zur Abdeckung eines kompletten Geschosses sind meist mehrere Pläne nötig. Überlappungen in Randbereichen mehrerer Pläne können zu Missverständnissen führen, werden Informationen nicht konsequent nachgeführt oder abgegrenzt. Die Möglichkeiten zur Verbreitung der Informationen sind stark eingeschränkt, da ein Plan nicht ohne weitere Infrastruktur eingescannt und abgelegt werden kann. Als praktikable Lösung dienen einzig Fotos. Von einer zentralen und leicht zugänglichen Datenquelle kann dabei nicht gesprochen werden. In einfacheren Projekten wo keine weitere Infrastruktur als Pläne vorhanden sind, kann Bauteiltracking mit entsprechenden Einschränkungen und Disziplin, durch Markierungen auf Plänen, umgesetzt werden.



Abb. 55 Händische Markierung von Status auf einem Plan (Eigenes Foto, 2023)

4.2.2 Digital Redup in CDE

In Anlehnung an den Prozess mit Stift und Papier, werden beim digital Redup die Markierungen digital auf dem Plan erfasst und über eine CDE (Datenplattform) zugänglich gemacht. In vielen Projekten existiert heute eine CDE, zusätzliche Infrastruktur wird jedoch fürs Erfassen benötigt. Tablets sind ein Muss, da Computer wohl für frühe Status eingesetzt werden können, aber für die Baustelle zu unhandlich sind. Entsprechende Anschaffungskosten amortisieren sich durch wegfallende Druckkosten schnell wieder. Vorteil der Tablets ist das Markierungen auf einem statt auf mehreren Plänen vorgenommen werden können, da der digitale Zoom genutzt werden kann. Die CDE dient als zentrale und leicht zugängliche Datenquelle, allerdings bleiben die Nachteile der Unschärfe und Datenqualität einer händischen Markierung bestehen. Die Erfassung gestaltet sich auch nicht ganz einfach, da erst ein Bezug zum physischen Bauteil hergestellt werden muss. Prozesse wie die Wareneingangskontrolle, welche einen Abgleich mit einem früheren Status beinhalten, sind entsprechend schwer und zeitintensiv in der Umsetzung. Ist die entsprechende Infrastruktur vorhanden ist die Methode des digital Redup derjenigen des Erfassens auf Papier, aufgrund der besseren Möglichkeit zur Bereitstellung von Informationen, vorzuziehen.

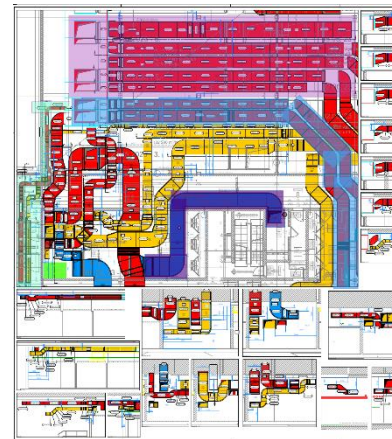


Abb. 56 Digital Redup des Baufortschritts auf PDF in einer CDE (Eigene Darstellung, Dalux, 2023)

4.2.3 Asset Tracking

Beim Asset Tracking werden Geräte und Armaturen in ein digitales Asset überführt, welches direkt im System des Betreibers erstellt wird. (vgl. Kapitel 3.3.2) Liegt der Fokus des Bauteiltracking im Betrieb, ist diese Methode sicherlich eine gute Möglichkeit, um teils schwierige Schnittstellen bei Übergaben zu vermeiden. Assets können, wenn vorhanden aus dem 3D Modell über Auswahlgruppen automatisiert angelegt werden. Der Initialaufwand für die Umsetzung ist damit überschaubar. Dank Bezug zur Positionsnummer und der Möglichkeit der digitalen Suche nach Assets können Bauteile zielgerichtet gesucht und identifiziert werden. Bei zunehmender Anzahl Assets wird diese Methode allerdings ineffizient, da jedes Bauteil einzeln identifiziert werden muss. Die Methode lässt sich mit und ohne 3D-Modell umsetzen, wobei kein direkter Bezug zwischen Modell und Asset besteht und damit das 3D-Modell nicht als Referenz beigezogen werden kann. Dank der Einzigartigkeit der Assets gibt es keine Unschärfe und Missverständnisse betreffend Abgrenzung und Vollständigkeit. Mitarbeitende von dieser Methode zu überzeugen, dürfte allerdings schwierig sein. Ein direkter Benefit für die erfassende Person der Stauts gibt es kaum. Da sich die Methode aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht zur Kennzeichnung aller Bauteile eignet, können lediglich wenig aussagekräftige Auswertungen gefahren werden. Die Vollständigkeit einer Bestellung, der Abgleich einer Lieferung oder der Bezug zu einer Pendenz können nur sehr eingeschränkt oder mit eingeschränktem Nutzen umgesetzt werden. Hingegen bietet die Methode für Abnahmen, Kontrollen und Übergaben, welche übergeordnet der einzelnen Bauteile stattfinden, Potentiale.

4.2.4 3D Informationsergänzung

Zur 3D Informationsergänzung sind ein vollständiges 3D-Modell, Tablets und entsprechende Software nötig. Mittels Modellviewer werden den einzelnen Bauteilen Informationen hinterlegt. Leider sind solche Funktionalitäten noch kein Standard, es gibt dennoch Software, welche entsprechende Möglichkeiten bieten. Nach Test und Gesprächen stellte sich heraus, dass Trimble-Connect und Kairnial entsprechende Möglichkeiten bereitstellen. Dalux, BIMCollab, Autodesk Construction Cloud, BIM360 stellen diese Funktionalität nicht oder möglicherweise nur über Drittanbieterplugins, welche nicht untersucht wurden, auf Desktop und Tablet bereit. Weitere Anbieter schränken sich auf die Nutzung im Office oder auf der Baustelle ein und können somit nicht alle Status gem. Kapitel 4.1 abdecken. Vorteil der 3D Informationsergänzung ist die hohe Datenqualität mit direktem Modellbezug, welche auch für einzelne Bauteile umgesetzt werden kann. Dank der visuellen Komponente kann die Verortung wohl über die Suche der Positionsnummer als auch im 3D-Modell erfolgen. Bei zunehmender Anzahl Trackingpositionen wird aber auch diese Methode zunehmend ineffizient. Die Möglichkeit, einen Status für Bereiche von Bauteilen zu vergeben, bietet jedoch Vorteile bei Abnahmen und Status im höheren Kontext. Da die Daten digital vorliegen, können diese zur Verteilung freigegeben und online zugänglich gemacht werden. Die Status werden auf Stufe Bauteil mit visuellem Kontext vergeben, schaffen damit eine einheitliche Datengrundlage und verunmöglichen Missverständnisse.

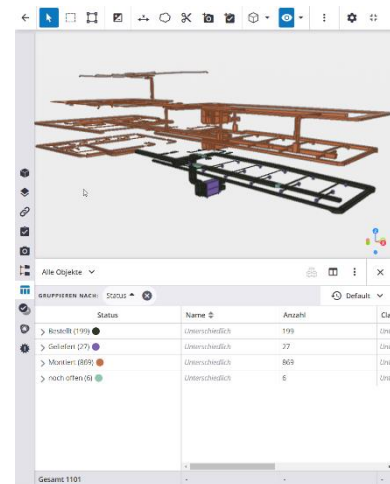


Abb. 57 Bauteiltracking in Trimble Connect mit 3D Informationsergänzung. (Eigene Darstellung, Trimble Connect, 2023)

4.2.5 QR-Code

Ein QR-Code kennzeichnet ein Bauteil und hält maschinenlesbar Informationen bereit. (vgl. Kapitel 3.4.1) Da die Informationen eines QR-Codes für den Menschen nicht ohne Lesegerät identifizierbar sind, wird der QR-Code zusätzlich zu bisherigen Informationen als maschinenlesbare Schnittstelle abgedruckt (Abb. 58). Der QR-Code wird optimalerweise direkt durch den Lieferanten auf die Kennzeichnungsetikette des Lüftungsbauteils appliziert und enthält die Information der Positionsnummer, welche den Bauteiltyp innerhalb des Bauwerks eindeutig identifiziert. Hardware zur Auslesung wird benötigt, ist jedoch in den meisten Fällen über ein Mobiltelefon oder Tablet mit Kamera bereits abgedeckt. Durch die Präsenz von QR-Codes im Alltag wird nicht davon ausgegangen, dass Personen Schulungen zur Nutzung der Technologie benötigen. Wird ein QR-Code gescannt, gelangt die Person direkt zum Bauteil und kann den Status entsprechend verändern. Eine Verknüpfung mit dem 3D Modell und weiteren Applikationen wie dem Pendenzenmanagement sind denkbar. Ebenso Freigabeprozesse mit Benutzerlogin, um die Kontrolle über den Prozess zu wahren. Nachteil des QR-Codes ist wie bei Etiketten allgemein, dass eine Sichtverbindung zur Auslesung benötigt wird, welche bei verdecktem Label durch Montagelage des Bauteils oder zusätzlichen Schichten wie Isolierung verunmöglicht wird. Die Methode vereinfacht das Handling mit Bauteilen und spart Zeit bei Suchen ein. Einheitliche Datengrundlage, Verfügbarkeit und die Möglichkeit zur 100% Abdeckung sind gegeben. Die Methode wird als sehr Benutzerfreundlich eingeschätzt.



Abb. 58 Label eines Lüftungskanals mit QR-Code (Sven Schmucki, 2023)

4.2.6 RFID-Transponder

Werden Bauteile mit RFID-Transponder gekennzeichnet, können diese kontaktlos ausgelesen werden. (vgl. Kapitel 3.4.2) Vorteil dieser Technologie ist, dass mehrere Komponenten simultan ausgelesen werden können (Helmus, 2011 S.11), was den Prozess bei Wareneingang auf der Baustelle und Kontrollen beschleunigt. RFID-Transponder stossen bei der Verwendung an metallischen Lüftungskomponenten jedoch an physikalische Grenzen. So können elektromagnetische Wellen, welche von der Technologie genutzt werden, niemals Metalle durchdringen. Infolge schlechter Positionierung oder bei entsprechender Abschirmung können Transponder entsprechend nicht mehr ausgelesen werden (Helmus & Meins-Becker, 2009 S.222). Da Informationen an Lüftungsbauteilen weiterhin auch einzeln lesbar sein müssen und über die mögliche Abschirmung ein Einzelteil nicht einwandfrei identifiziert werden kann, müssen weiterhin Informationen zur Identifikation aufgedruckt werden. Die Kosten ab CHF 1.00 pro Stück gemäss Information (Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), für einen passiven Transponder, fallen somit zusätzlich zur bedruckten Etikette an. Erste Erfahrungen in der Baubranche (Farhat, 2023 S.208) und der Gebäudetechnik (Anhang C4) ergaben, dass die Ausleserate von 85-90% und die Reichweite von passiven Systemen nicht ausreichend ist für einen effizienten Einsatz. Die Technologie wird in anderen Branchen (vgl. Kapitel 3.2.3) erfolgreich für Sammelbehälter eingesetzt, welche regelmässig wiederverwendet werden. Lüftungsbauteile werden ebenfalls in Sammelbehältern auf die Baustelle geliefert. Da Baustellen jedoch nicht standortgebunden sind, müssten bei jedem Lokalitätswechsel neue Infrastruktur zur Auslesung der RFID-Transponder installiert werden. Statt auf fixe Gates würde auf mobile Handlesegeräte gesetzt. Da der Aufwand zur Auslesung somit gleich hoch ist wie bei einem QR-Code, lohnt sich die zusätzliche Investition in RFID-Chips und Hardware zur jetzigen Preisstruktur nicht.

4.2.7 NFC-Tags

NFC-Tags können, wie RFID-Transponder kontaktlos ausgelesen werden, allerdings über eine wesentlich geringere Distanz. (vgl. Kapitel 3.4.3) Das Problem von möglichen Falschauslesungen wird reduziert. Der Vorteil der Distanzauslesung geht bei maximal 4-10cm jedoch verloren. Werden Kanäle mit unzugänglicher Kennzeichnung montiert oder isoliert, ist eine Auslesung nicht weiter möglich. Da es sich bei der Kennzeichnung um einen Chip handelt, ist er beständiger als ein visueller Code, welcher zerkratzen oder verschmutzen kann. Dennoch ist für den Menschen weiterhin ein visuell lesbares Etikett nötig. Da viele Handys unterdessen NFC-Lesegeräte verbaut haben, ist theoretisch keine zusätzliche Hardware zum Lesen und Schreiben der NFC-Tags nötig. Wird jedoch in Masse produziert, werden neue Drucker zur Beschriftung der Etiketten mit NFC-Tag benötigt, da nicht jeder Code einzeln über ein Handy zugewiesen wird. Die zwei Wege Kommunikation bietet die Möglichkeit, Informationen vor Ort auf dem Chip zu aktualisieren. Eine Anbindung an eine externe Datenbank zur Informationsbereitstellung ist damit nicht zwingend nötig und möglicherweise im Betrieb interessant, um Daten vor Ort an einem Gerät abzuspeichern. NFC-Etiketten gibt es ab rund 10 Rappen zu kaufen. Für die Erfassung der Status gibt es jedoch ausser der Beständigkeit keine Vorteile gegenüber QR-Codes.

4.2.8 BLE-Beacons

BLE-Beacons können gemäss Internetrecherche ab 0.50 CHF erworben werden. Eine Kombination mit bedruckbarer Etikette und direkter Datenbeschriftung wie bei RFID oder NFC ist aufgrund der Batterie nicht möglich. BLE-Beacons sind grösser und müssen separat appliziert werden. Der Prozess der Bauteilbestückung wird damit wesentlich aufwändiger als die reine Applikation einer Etikette. Grosser Vorteil der Beacons ist, dass sie sich im näheren Umfeld lokalisieren lassen. Werden Bauteile an mehreren Standorten oder in grösseren Stückzahlen gelagert, bietet die Ortung eine grosse Erleichterung. Ein einzelnes Bauteil über BLE zu identifizieren und den Status zu ändern, dürfte allerdings schwerfallen. Sind mehrere BLE Beacons in Reichweite, muss der passende ausgesucht werden. Die Identifikation über einen eindeutigen visuellen Identifikator gestaltet sich wesentlich leichter. Die Recherche ergab das Hard- und Softwarekomponenten wie Gates, Lesegeräte und Applikationen noch nicht so weit fortgeschritten sind wie bei anderen Technologien. BLE eignet sich somit nur für Spezialfälle, wo das Auffinden von Komponenten eine wichtige Rolle einnimmt.

4.2.9 GPS-Empfänger

Durch GPS lässt sich die Position eines Empfängers präzise bestimmen (vgl. Kapitel 3.4.5). Da der GPS-Empfänger zum Bauteiltracking am Bauteil angebracht wird, der Nutzer der Information jedoch ortsunabhängig des Bauteils agiert, müssen die Daten des GPS-Empfängers weiter übermittelt werden. Für die Übermittlung kommt üblicherweise das Mobilfunknetz zum Einsatz, da eine weitreichende Abdeckung gewährleistet ist. Entsprechende SIM-Karten sind kostspielig und eignen sich daher nicht für Massenanwendungen. Einzelne, wichtige Komponenten lassen sich mit GPS sicherlich gut nachverfolgen. Die Technologie ist aber nicht fürs Bauteiltracking optimiert. Für Statusinformationen in der Gebäudetechnik ist die Identifizierung wichtiger als die jeweilig aktuelle Position.

4.2.10 Laserscan KI-Auswertung

Mit Daten eines Laserscans lässt sich lediglich der Status «montiert» erheben. Da Aufnahmen mit einem Laserscan jedoch weitere Vorteile wie präzise Vermessungsdaten, umfassende Projektdokumentation und 360° Fotos liefern, kann die Erhebung des Status in gleichem Zuge durchaus interessant sein. Da Laserscanaufnahmen nicht fortlaufend, sondern lediglich periodisch oder einmalig erfasst werden, kann es sein, dass Bauteile, welche hinter anderen liegen, nicht mehr erkannt werden können. Die Auswertung mittels KI-Ansatz in Imerso liefert eine gute Übersicht und mit der Pendenzenliste ein grossartiges Instrument, um Unsicherheiten der Auswertung zu klären. Hard- und Software sind kostspielig und rechnen sich vermutlich nicht für jedes Projekt.

4.2.11 Kamera KI-Auswertung

Eine 360° Kamera kann für unter 1000 CHF mit entsprechendem Helm erworben werden. Wie beim Laserscanner lässt sich mit dieser Methode wiederum nur der Status «montiert» erheben. Dank des einfacheren und schnelleren Systems der Kamera gegenüber dem Laserscanner benötigt die Aufzeichnung jedoch keine extra Zeit und kann während der normalen Arbeitstätigkeit ausgeführt werden. Die Dokumentation des Baufortschritts in Überlagerung mit dem Modell bringt grosses Potential für das Bauwerk mit sich. Zur reinen Erfassung des Status rechnet sich die benötigte KI-Software, welche gemäss ersten Offerten, für ein Projekt im unteren Millionenbereich, einen Betrag im unteren fünfstelligen Bereich für ein Jahr kosten, nicht. Die Methode muss im Zusammenspiel mit weiteren Potentialen und nicht isoliert fürs

Bauteiltracking betrachtet werden. Erste Erfahrungen in der Baubranche (Anhang B.3) bestätigen diese Sichtweise. Weitere Firmen befinden sich in der Testphase und können noch keine definitiven Aussagen tätigen.

4.2.12 Augmented Reality mit Datenbrille oder Tablet

Augmented Reality erweitert die reale Welt mit digitalen Informationen (vgl. Kapitel 3.4.8). Entsprechende Hard- und Software wird dazu benötigt. Entweder eine Datenbrille oder ein Tablet respektive Mobiltelefon mit Kamera. Erfahrungen in der Baubranche (Anhang B.4, B.7) sowie eigene zeigen, dass die Positionierung über die SLAM-Technologie noch weiter verbessert werden muss. Bei initialer Verortung kann es mit zunehmender Distanz und bei schnellen Kamerabewegungen zu Verschiebungen von mehreren 10cm kommen. Die Technologie wurde dabei noch nicht fürs Bauteiltracking, sondern für Montagearbeiten und zur Positionierungskontrolle getestet. Fürs Bauteiltracking wären zusätzliche Softwarekomponenten nötig, beschränkt sich doch die Interaktion mit dem Modell je nach Software auf wenige Funktionen. Notizen oder Pendenzen erfassen, Messen und Anzeigeeinstellungen gehören zur Basis von AR-Anwendungen für den Bau. Das händische Verändern von Status fürs Bauteiltracking dürfte ohne grosse Hürden umsetzbar sein, konnte jedoch bisher nicht beobachtet werden. Interessant fürs Bauteiltracking sind Lösungen wie Dalux Fieldwalk, Procore & Gamma AR, Trimble Connect AR und vergleichbare, welche AR direkt mit der Funktionalität einer CDE verbinden. Einzelanwendungen wie vGIS, Holobuilder, ARmapper, ARki, und weitere, bringen teilweise Vorteile in der Anwendung, müssen aber auch extra mit Daten versorgt werden, was Mehraufwand in der Vorbereitung mit sich bringen kann. Sind entsprechende Verbesserungen umgesetzt, könnten in Zukunft alle Status, welche sich auf das physische Bauteil beziehen, mit dieser Methode erfasst werden. Eine eindeutige Kennzeichnung von Bauteilen zur Zuweisung einer Bestellung oder eines Bereichs sind jedoch weiterhin nötig. Verdeckte Bauteile sind jedoch nicht wie bei Laserscanner oder Kamera ein Problem, sondern können im Modell auch ohne direkte Sichtverbindung selektiert werden. Eine theoretische 100% Abdeckung kann damit gewährleistet werden.

4.3 Fazit der Synthese

Folgende Status sollen für Lüftungsbauteile erhoben werden:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Fertig koordiniert | 7. Montiert |
| 2. Überprüfung | 8. Angeschlossen |
| 3. Gut zur Ausführung | 9. Kontrolliert |
| 4. Bestellt | 10. In Betrieb genommen |
| 5. Liefertermin bestätigt | 11. Wartung |
| 6. Wareneingang | |

Da die Status in fest definierter Reihenfolge auftreten, werden sie in einem Datenfeld geführt. Dies erhöht den Benutzerkomfort und vermeidet Suchen über möglicherweise leere Datenfelder. Alle Status werden datenbankseitig mit Zeitstempel und Urheber erfasst.

Die grössten Potentiale des Bauteiltrackings sind die verbesserte Projektübersicht, zentrale Informationsquelle und erhöhte Transparenz sowie Nachvollziehbarkeit für alle Beteiligten. Diverse weitere Potentiale und Verbesserungen ergeben sich für die einzelnen Stakeholder.

Erfasst werden können die Status auf unterschiedliche Weise. Sind lediglich 2D-Pläne als Grundlage vorhanden, empfiehlt sich das digitale Redup in einer CDE. Ist zudem ein 3D-Modell vorhanden, empfiehlt sich je nach Stakeholder und Anforderungen das Asset Tracking, die 3D Informationsergänzung oder QR-Codes. RFID, NFC, BLE und GPS bringen keinen Mehrwert, der die deutlich höheren Kosten gegenüber einem QR-Code rechtfertigen würde. Laserscan und Kamera sind ebenfalls kostspielige Lösungen, können nur den Status «montiert» erfassen und müssten im Kontext mit weiteren Anwendungsfällen betrachtet werden. Für die Erfassung mit AR ist noch Entwicklungsarbeit nötig, welche als umsetzbar angesehen wird. In Zukunft sicher eine interessante Lösung.

5 Konzeptentwurf für Hälg

Bauteiltracking, das Nachverfolgen von Bauteilen über verschiedene Stationen, hat für Hälg eine höhere strategische Bedeutung. In heutigen Projekten gibt es keine zentrale Übersicht. Was bereits fertig geplant ist, welches Material bestellt wurde, was angekommen ist auf der Baustelle, was bereits verbaut ist und wo die erste Abnahme schon gemacht wurde, sind alles Informationen, welche auf verschiedene Personen verteilt sind. Entsprechend kommt es auf dem Bau zu Verzögerungen wegen unvollständiger Bestellungen. Projektübergaben sind langwierig und Personen, welche spontane Arbeitsvertretungen wahrnehmen, müssen sich erst eine Übersicht durch diverse Nachfragen verschaffen. Dies verursacht nicht nur hohe Kosten, sondern auch Qualitätsmängel, Verzögerungen und teils Verschwendung. Hälg möchte deshalb von den Potentialen des Bauteiltracking (vgl. Kapitel 4.1.3) profitieren und die Möglichkeit sämtlichen Projekten, welche mit 3D-Modell abgewickelt werden, zur Verfügung stellen. Involviert sind CAD / BIM Techniker und Technikerinnen, Projektleiter und Projektleiterinnen, Monteure und Monteurinnen sowie deren vorgesetzten Chefmonteure und Chefmonteurinnen. Der Implementierungszeitpunkt und die Umsetzung sind noch unbekannt. Der Konzeptentwurf soll einen Rahmen, eine Idee und Priorisierung zu einer möglichen Umsetzung bei Hälg liefern. Er dient als Grundlage für weitere Ausarbeitungen und als Abschätzung des Rahmens für einen möglichen Antrag an die Geschäftsleitung der Hälg.

Der Konzeptentwurf wurde in Zusammenarbeit mit diversen Mitarbeitenden unterschiedlicher Positionen und Stellungen in der Disziplin Lüftung der Hälg ausgearbeitet. Die unterschiedlichen Ansichten und Priorisierungen waren spannend zu beobachten. Es offenbarten sich deutliche Unterschiede zwischen fertig gebildeten Meinungen von Personen, welche bereits mit dem Thema in Berührung kamen, und der Offenheit sowie gelegentlichem Unverständnis bei jenen, die sich noch keine Gedanken dazu machten. Den unterschiedlichen Meinungen wurde durch sorgfältige Abwägung Beachtung geschenkt. Entscheidungen wurden in Zusammenarbeit mit dem zuständigen BIM-Kernteam Mitglied (vgl. Kapitel 1.4) gefällt und mit dem Thesis-Experten abgeglichen.

5.1 Ausgangslage

Hälg setzt kein standardmässiges Bauteiltracking um. Individuell, meist bei Grossprojekten von mehreren Millionen CHF Bauvolumen, kommen teilweise händische Ansätze über Markierungen (vgl. Kapitel 4.2.1) oder Fotos zum Einsatz. Die 3D-Informationsergänzung (Kapitel 4.2.4) und QR-Codes (Kapitel 4.2.5) werden von Hälg Mitarbeitenden in laufenden Pilotprojekten anhand des Status «Wareneingang» und «montiert» getestet und nachfolgend im Kapitel 0 genauer erläutert.

Wird vom Planer ein 3D-Modell des Objekts erstellt, wird standardmässig auch die W&M-Planung durch Hälg dreidimensional umgesetzt. Die Bestellung wird im anschliessenden Normalfall aus dem Modell abgeleitet und seit Herbst 2023 über das E-Procurement System Onventis an den Lieferanten gesandt. Auf der Baustelle kommt standardmässig Dalux als Baustellenviewer zum Einsatz. Neben den W&M-Plänen steht somit das IFC-Modell zumindest dem Chefmonteure oder der Chefmonteurin auf einem Tablet zur Verfügung. Monteure und Monteurinnen verfügen teilweise über ein eigenes Tablet, können übers Mobiltelefon jedoch ebenfalls auf Dalux zugreifen.

Hälg verfügt mit einem Trimble X7 über einen eigenen Laserscanner sowie mit einer Insta 360 über eine 360-Grad Kamera. Beide Geräte kommen nur nach Bedarf und nicht standardmäßig zum Einsatz. Eine Erweiterung des bisherigen Einsatzgebiets ist wünschenswert.

5.2 Priorisierung der Status

In Kapitel 4.1 wurden insgesamt 11 Status definiert, die im Lebenszyklus eines Lüftungsbau- teils von Bedeutung sind. Für den Anlagebau von Hälg bietet nicht jeder Status das gleiche Potential. Um die Komplexität zu reduzieren und einen stufenweisen Einstieg ins Thema zu ermöglichen, wurden die Status anhand der Potentiale des Installateurs (vgl. Kapitel 4.1.3) priorisiert (Abb. 59). Weitere Überlegungen der Priorisierung werden, in der Abfolge des Sta- tus, nachfolgend erläutert.

Abfolge der Status gem. Kapitel 4.1	Priorisierung der Status*	zugehörige Potentiale gem. Kapitel 4.1
1. Fertig koordiniert	5 Bestellt	Vollständigkeit der Bestellung, Versorgungseingpässe Vermeiden
2. Überprüfung	5 Liefertermin bestätigt	Eindeutige Informationsgrundlage
3. Gut zur Ausführung	4 Gut zur Ausführung	Strukturierte Freigabeprozesse
4. Bestellt	4 Wareneingang	Vereinfachte Kontrolle von Warenlieferungen
5. Liefertermin bestätigt	3 Fertig koordiniert	Strukturierte Freigabeprozesse
6. Wareneingang	3 Montiert	Belegbarkeit der ausgef. und ver. Arbeiten
7. Montiert	2 Überprüfung	Strukturierte Freigabeprozesse
8. Angeschlossen	2 Angeschlossen	
9. Kontrolliert	2 Kontrolliert	
10. In Betrieb genommen	1 In Betrieb genommen	
11. Wartung	1 Wartung	
* 1 = unwichtig, 5 = wichtig		

Abb. 59 Priorisierung der Status für Hälg (Eigene Grafik, Miro, 2023)

Fertig koordiniert (Priorisierung 3 von 5)

Der Status «fertig koordiniert» hat das Potential, zu strukturierten Freigabeprozessen beizu- tragen und ist darum von externen Partnern abhängig. Da Hälg eine grossen Anzahl Planer bedient, ist die Umsetzung des Status entsprechend aufwändig. Die Information was «fertig koordiniert» ist, wird heute meist über gestaffelte Freigabe von Plänen oder Modellen gelöst. Da dieses Vorgehen jedoch Mehraufwand sowohl für den Planer als auch den Installateur bedeutet, möchten beide Parteien zukünftig davon abkommen. Es gibt erste Projekte, wo Pla- ner und Installateur an einem gemeinsamen Modell simultan im gleichen CAD-System zusam- menarbeiten. Die Freigabe erfolgt direkt im System oder über herkömmliche Kommunika- tionskanäle, weitgehendst unabhängig der einzelnen Bauteile. Auch wenn somit gewisse Unschär- fen gegeben sind, ist der Status «Gut zur Ausführung» aufgrund der vertraglichen Bedeutung für den Installateur höher gewichtet. Der Status «fertig koordiniert» erhält deshalb die Prio- risierung 3 von 5.

Überprüfung (Priorisierung 2 von 5)

Der Status «Überprüfung» bietet das grösste Potential für den Planer. Der Installateur hat neben dem Potential zur Verbesserung des Freigabeprozess keinen direkten Mehrwert. Die Pri- orisierung wird deshalb mit 2 festgesetzt.

Gut zur Ausführung (Priorisierung 4 von 5)

Der Installateur ist bemüht, nur mit Fremdgewerken fertig koordinierte Bereiche auszuarbeiten, da ansonsten wiederholte Anpassungen der W&M-Planung nötig sind. Genauso müssen

Änderungen, welche der Installateur in der W&M-Planung gegenüber der Planung des Planers vornimmt, von diesem freigegeben werden. Da der Installateur keine Haftung, aus von ihm vorgenommenen Änderungen betreffend der Koordination übernehmen möchte, ist er an einer eindeutigen Freigabe interessiert. Der Status kann nach manueller Freigabe des Planers auch durch den Installateur nachgetragen werden und bringt das Potential zu einer besseren Übersicht und weniger Haftungsfällen mit sich. Entsprechend wird die Priorisierung mit 4 von 5 festgesetzt.

Bestellt (Priorisierung 5 von 5)

Durch eine bessere Übersicht über den Status «Bestellt» kann der Installateur prüfen, ob seine Bestellung für eine Anlage, einen Strang oder Bereich vollständig ist und alle benötigten Bauteile und Komponenten bestellt wurden. Damit lassen sich Arbeitsengpässe, unnötige Wartezeiten und kostspielige Eilbestellungen auf der Baustelle vermeiden. Der Status wird mit 5 von 5 priorisiert, da er sich einfach und mit grossem Potential umsetzen lässt.

Liefertermin bestätigt (Priorisierung 5 von 5)

Das Potential des Status «Bestellt» für das Büro des Installateurs, ist das Potential des Status «Liefertermin bestätigt» für die Baustelle. Der Status gibt dabei nur bekannt, dass der Liefertermin bestätigt ist und eingesehen werden kann. Der Liefertermin wird ausserhalb des Staus abgelegt oder gespeichert. Der Status kann gewinnbringend zur Personal- und Terminplanung eingesetzt werden und erlaubt es, Unterbrüche und Materialengpässe zu vermeiden. Entsprechend wird dieser Status mit 5 von 5 in der Priorität bewertet.

Wareneingang (Priorisierung 4 von 5)

Die Bestätigung des Wareneingangs auf Stufe des Bauteils erlaubt den Abgleich mit der Bestellung und somit einen Rückschluss auf die Vollständigkeit. Damit lassen sich Missverständnisse und Kontroversen mit dem Lieferanten vorbeugen, welche jedoch nicht allzu häufig sind. Sowohl der Installateur als auch der Lieferant kann von dieser Möglichkeit profitieren, weshalb der Status mit 4 von 5 priorisiert wird.

Montiert (Priorisierung 3 von 5)

Der Status «Montiert» bietet das Potential, die ausgeführten Arbeiten effektiv mit Datum belegen zu können. Heute werden prozentuale Abschätzungen des Fortschritts noch geduldet und bringen keinen erheblichen Mehraufwand mit sich. Die Priorisierung ist mit 3 von 5 eher auf die Zukunft angesetzt. Je präziser der Status erfasst wird, desto mehr Potentiale können erschlossen werden. Das Ableiten von Aufwandswerten kann für Kalkulationen, aber auch Terminplanoptimierungen dienlich sein.

Angeschlossen (Priorisierung 2 von 5)

Der Status wird von Externen erhoben und dient als Information für den Installateur, damit entsprechende Kontrollen durchgeführt werden können. Da Kontrollen nicht für einzelne Bauteile durchgeführt werden, ist der Status mit 2 von 5 wenig hoch priorisiert. Die Übersicht ist sicherlich hilfreich, heute funktioniert es jedoch bereits gut ohne Bauteiltracking.

Kontrolliert (Priorisierung 2 von 5)

Der Status «Kontrolliert» dient ebenfalls dazu, die Übersicht und Vollständigkeit zu gewährleisten. Er wird mit Priorität 2 von 5 bewertet, da Kontrollen mittels Checklisten bereits einen Kontrollmechanismus aufweisen.

In Betrieb genommen (Priorisierung 1 von 5)

Die Inbetriebnahme schliesst die Arbeit für den Installateur ab. Da der Status für den Installateur kein Potential bietet und die Daten der Inbetriebnahme bisher über Checklisten festgehalten werden, wird die Priorität mit 1 von 5 bewertet.

Wartung (Priorisierung 1 von 5)

Die Wartung betrifft den Installateur des Anlagebaus nicht mehr, sondern den Service. Entsprechend wird der Status nicht berücksichtigt und mit einer Priorität von 1 von 5 bewertet.

5.3 Nutzwertanalyse der Varianten

5.3.1 Kriterien und Gewichtung

Jeder Status kann auf unterschiedliche Weisen erhoben werden (vgl. Kapitel 4.2). Da im Prozess festgestellt wurde, dass eine Gesamtbewertung der Methode über alle Status Diskussionen und Unklarheiten aufwirft und kein sinnstiftendes Ergebnis erzielt werden konnte, werden die möglichen Varianten pro Status separat bewertet. Dies erlaubt die beste Methode für die jeweilige Erhebung zu finden.

In kollektiver Zusammenarbeit wurden sowohl die Kriterien zur Bewertung sowie die Gewichtung festgelegt (Tab. 1). Die Bewertung erfolgte dabei erst individuell (Indiv.) und wurde in der anschließenden Diskussion auf die Gewichtung festgelegt. Bei 9 Kriterien, welche nachfolgend noch erläutert werden, einigte man sich auf die Fünf-Punkte-Skala, um eine sinnvolle Abstufung sowohl für die Kriterien als auch für die Inhalte vornehmen zu können. Die Skala ist einfach und leicht verständlich, wobei 1 die niedrigste und 5 die höchste Bewertung repräsentiert.

Nachträglich wurden die initialen als auch die laufenden Kosten aus dem Bewertungsschema gestrichen, da sie nicht objektiv pro Status, sondern nur auf die jeweilige Methode bewertet werden können. Vollständigkeitshalber sind sie in Tab. 1 dennoch aufgeführt.

	Indiv.	Gewichtung	Bemerkungen zum Entscheid der Gewichtung
initiale Kosten	1-2	1	Wahrung des Skaleneffekt
laufende Kosten	4-5	4	Nicht so wichtig wie Benutzerfreundlichkeit und Aufwand Nutzer
Aufwand Nutzer	5	5	
Benutzerfreundlichkeit	5	5	
Aufwand Büro	3-4	4	
Abdeckung	2-5	2	Primär sind Armaturen und Geräte.
Aktualität	2-5	2	Verzug von bis zu 1 Tag ist in Ordnung.
Verfügbarkeit	2-3	3	
Datenqualität	1-4	4	Keine händischen Markierungen. Nur Daten.

Tab. 1 Festlegung der Kriterien und Gewichtungen der Nutzwertanalyse

Initiale Kosten

Wie hoch sind die Kosten, welche einmalig durch Systemeinbindung, Beschaffung, Entwicklung oder Ähnlichem fällig werden?

Laufende Kosten

Wie hoch sind die Kosten, welche laufend oder wiederkehrend für Lizenzen, Wartungen oder Ähnlichem anfallen?

Aufwand Nutzer

Welcher Aufwand ist zur Erfassung des Status nötig? Wie leicht kann ein Status erfasst werden?

Benutzerfreundlichkeit

Wie Benutzerfreundlich, leicht erlernbar, intuitiv, verfügbar ist die Lösung?

Aufwand Büro

Wie gross ist der Aufwand im Nachgang, um die Daten für weitere Prozesse zur Verfügung zu stellen?

Abdeckung

Können 100% der Bauteile erfasst werden oder nur ein Bruchteil davon?

Aktualität

Wieviel Zeit vergeht durchschnittlich von der Aktivität bis zur Erfassung des Status?

Verfügbarkeit Daten

Wie gross ist der zeitliche Verzug bis zur Bereitstellung des erfassten Status?

Datenqualität

Wie ist die Weiterverwendbarkeit der Datenform, in der die Information vorliegt? Wie digital sind die Daten?

5.3.2 Varianten

Für den Konzeptentwurf werden nicht alle Möglichkeiten der Umsetzung gemäss Kapitel 4.2 berücksichtigt. RFID, NFC, BLE, GPS werden als Variante nicht in Betracht gezogen. RFID und NFC bringen gegenüber dem QR-Code nicht den gewünschten Vorteil, eher grössere Aufwände und Kosten. (vgl. Kapitel 4.2.6 und 4.2.7) BLE und GPS sind Technologien zum Live-Tracking, welche abgegrenzt wurden und nicht im Interesse des Prozesses bei Hälg sind. Wichtig: Die Technologien sind nicht grundsätzlich unbrauchbar und können für Bauteile ausserhalb der Gebäudetechnik durchaus interessant sein.

Als neue Variante kommt der «Trigger» hinzu. Dieser lehnt an den beobachteten Prozess beim Lieferanten, welcher einen neuen Status setzt, sobald eine Aktion, beispielsweise der Druck eines Etiketts, ausgelöst wird an (Kapitel 3.1.1). Der Trigger wird für jeden Status, bei dem er in Frage kommt, einzeln definiert. Die technische Umsetzbarkeit eines Triggers ist noch nicht geklärt und muss vor einer möglichen Umsetzung geprüft werden.

Insgesamt gibt es für die Nutzwertanalysen 11 Status, welche mit 9 Erhebungsmethoden erfasst werden können. Da nicht jeder Status mit jeder Methode erhoben werden kann, ergeben sich 56 mögliche Varianten (Abb. 60).

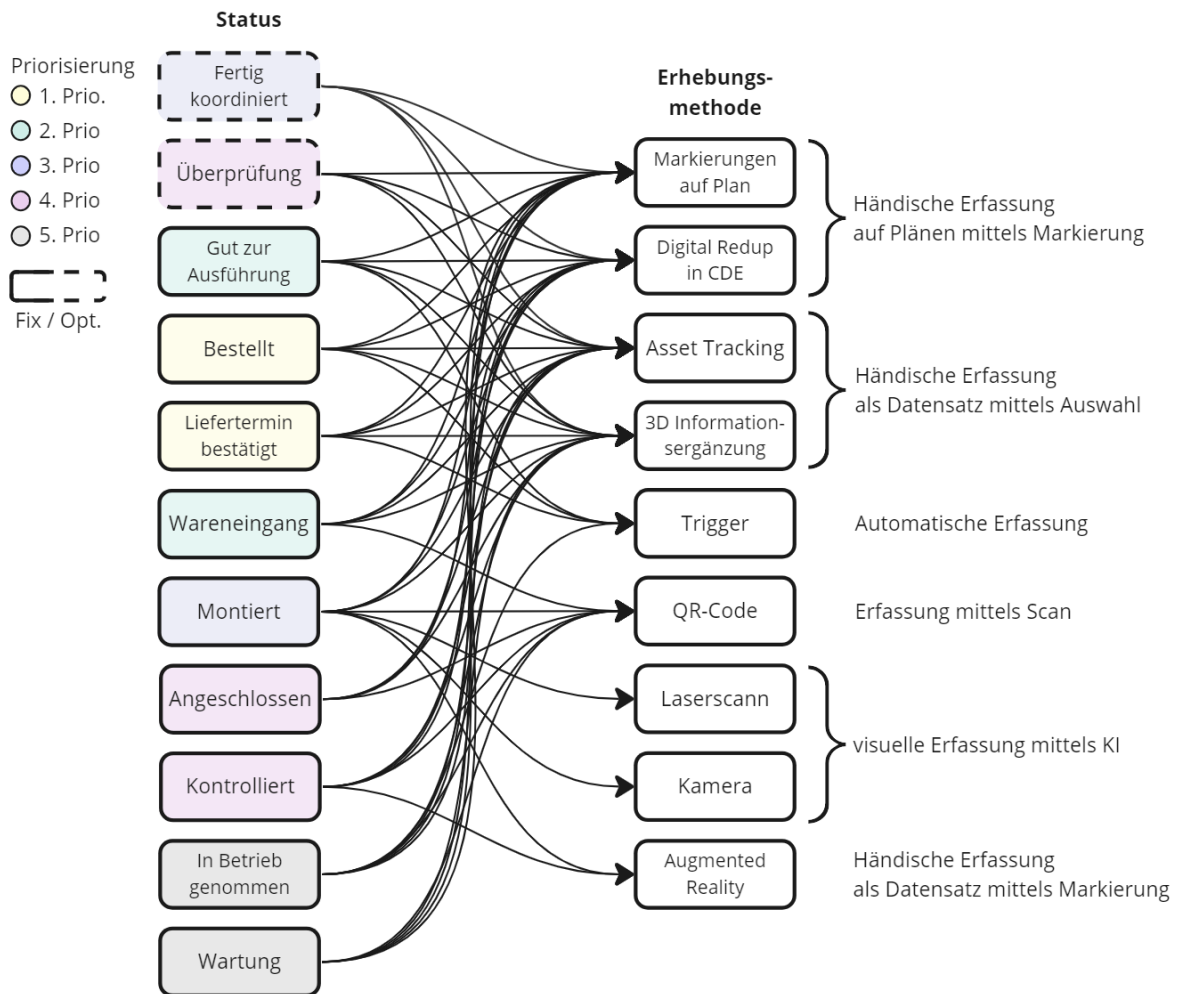


Abb. 60 Übersicht der Status und Varianten der Nutzwertanalyse (Eigene Darstellung, Miro, 2023)

An der Darstellung Abb. 60 ist gut zu erkennen, dass die Status, welche im Kerngeschäft des Installateurs liegen, die höchste Priorität genießen. Die grössten Chancen haben Lösungen, welche Potentiale und Nutzen für einem selbst bringen. Die Problematik dahinter wurde im Kapitel 2.4 bereits erläutert.

5.3.3 Nutzwertanalysen

Es folgen die Nutzwertanalysen der 11 Status, wobei nicht in Frage kommende Erhebungsmethoden nicht abgefüllt sind. Eine höhere Zahl entspricht dabei einer höheren Gewichtung und einer besseren Lösung zur Erhebung des Status. Die Maximalpunktzahl einer Erhebungsmethode liegt bei 125, wobei das Minimum 25 beträgt. Folgende direkte Ergebnis-Interpretation ist möglich (Tab. 2):

Anzahl Punkte	Ergebnis
25-45	Schlechte Lösung
45-65	Nicht annehmbare Lösung
65-85	Mässige Lösung
85-105	Gute Lösung
105-125	Optimale Lösung

Tab. 2 Schlüssel zur Ergebnis-Interpretation der Nutzwertanalysen

Fertig koordiniert

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informationsergänzung		Trigger	QR-Code	Laserscan	Kamera	Augmented Reality
Aufwand Nutzer	5	5	25	4	20	3	15	5	25					
Benutzerfreundlichkeit	5	3	15	3	15	1	5	4	20					
Aufwand Büro	4	3	12	3	12	2	8	5	20					
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10					
Aktualität	2	3	6	3	6	3	6	3	6					
Verfügbarkeit	3	1	3	3	9	5	15	5	15					
Datenqualität	4	2	8	2	8	1	4	5	20					
Summe			75		76		63		116					

Tab. 3 Nutzwertanalyse Status «fertig koordiniert»

Steht ein Modell zur Verfügung, schneidet die Variante «3D Informationsergänzung» zur Erhebung des Status «fertig koordiniert» am besten ab (Tab. 3). Das Modell wird ohnehin vom Planer an den Installateur übergeben. Es werden somit keine neuen Schnittstellen geschaffen. Die Ergänzung muss zudem nicht über einen externen Viewer vorgenommen werden, sondern kann direkt im CAD-System hinterlegt werden. Soll der Status jedoch fürs Tracing zentral, wie in Kapitel 4.1.1 vorgeschlagen, gespeichert werden, wäre eine entsprechende Systemintegration nötig. Diese ist aufgrund der geringen Beeinflussbarkeit des Planers nur schwer umzusetzen. Eine mögliche Lösung wäre, den Status als separates Attribut im Modell zu hinterlegen. Der Installateur würde bei Erhalt die Daten in die Datenbank spiegeln und die Datei zur Beweissicherung ablegen. Die nächsten Status «Überprüfung» und «gut zur Ausführung» können jedoch nicht auf die gleiche Weise übertragen werden, da der Planer nicht das Modell des Installateurs, sondern sein eigenes weiterverwendet. Eine mögliche Lösung dafür wäre die Kommunikation via BCF, was für die Koordination in der Planung schon länger zum Einsatz kommt. Da der Status nicht reversibel ist, funktioniert die Übergabe mit dem Modell für den Status «fertig koordiniert» auch für schrittweise Freigaben. Eine Lösung zum Auslesen der Daten kann so vom Installateur selbst umgesetzt werden.

Überprüfung

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati- onsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5	3	15	3	15	1	5	4	20	5	25								
Benutzer- freundlichkeit	5	3	15	3	15	1	5	4	20	5	25								
Aufwand Büro	4	3	12	3	12	1	4	5	20	5	20								
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10								
Aktualität	2	3	6	3	6	3	6	4	8	5	10								
Verfügbarkeit	3	1	3	3	9	5	15	5	15	5	15								
Datenqualität	4	2	8	2	8	1	4	5	20	5	20								
Summe			65		71		49		113		125								

Tab. 4 Nutzwertanalyse Status «Überprüfung»

Trigger (Tab. 4): Sobald der Installateur den letzten Arbeitsschritt im CAD-System vornimmt und die Positionsnummer vergibt, wird der Status über einen Automatismus auf «Überprüfung» gesetzt. Da eine entsprechende Lösung keinen Aufwand für den Nutzer mit sich bringt, automatisch und zuverlässig funktioniert, konnte die volle Punktzahl in der Nutzwertanalyse vergeben werden. Einziger Nachteil ist, dass alle Bauteile mit dem Status gekennzeichnet werden und nicht nur diejenigen, welche von der ursprünglichen Planung abweichen, wie in Kapitel 4.1.2 definiert. Der Planer hätte dadurch keinen Mehrwert und müsste die gesamte W&M-Planung überprüfen. Der Installateur müsste den Bauteilen, welche der Ausführungsplanung entsprechen, so direkt den nächsten Status «Gut zur Ausführung» vergeben. Da dies aktiv vorgenommen werden muss, kann davon ausgegangen werden, dass dies nicht reibungslos funktioniert. Im umgekehrten Sinn, dass der Status «Gut zur Ausführung» standardmässig vergeben wird und der Status «Überprüfung» aktiv vergeben werden muss, kann es im schlimmsten Fall zu falschen Ausführungen kommen. Diese Variante ist auf jeden Fall zu meiden. Der Trigger könnte wie vorgeschlagen umgesetzt werden, wenn der Planer nicht sofort, sondern erst mit Verzögerung oder besser noch auf Verlangen des Nutzers informiert wird. Der Installateur hat somit die Möglichkeit, den Status «Gut zur Ausführung» für Bereiche ohne Abweichungen zu vergeben und alle zu prüfenden Bereiche einfach via BCF dem Planer zuzustellen. Alternativ können auch beide Status vom Installateur über eine 3D Informationsergänzung, welche nur knapp schlechter abschneidet als der Trigger, vergeben werden. Eine Vollständigkeitsprüfung ist in diesem Falle vor der Kommunikation zu empfehlen, was den möglichen Kostenvorteil gegenüber dem Trigger schmälert.

Gut zur Ausführung

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informationsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5	3	15	3	15	1	5	4	20	5	25								
Benutzerfreundlichkeit	5	3	15	3	15	1	5	4	20	5	25								
Aufwand Büro	4	3	12	3	12	1	4	5	20	5	20								
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10								
Aktualität	2	3	6	3	6	3	6	4	8	5	10								
Verfügbarkeit	3	1	3	3	9	5	15	5	15	5	15								
Datenqualität	4	2	8	2	8	1	4	5	20	5	20								
Summe			65		71		49		113		125								

Tab. 5 Nutzwertanalyse Status «Gut zur Ausführung»

Trigger (Tab. 5): Aus der erneuten Kollisions- und Qualitätsprüfung der veränderten Bauteile wird für Bauteile ohne Verstoss automatisch der Status «Gut zur Ausführung» vergeben. Alternativ könnte der Status bei Erledigung der zugehörigen BCF vergeben werden, wobei ein BCF nicht mit einer Rückweisung geschlossen werden darf. Dieses Vorgehen ist nur für den Planer möglich, jedoch nicht für den Installateur. Für den Installateur empfiehlt sich die 3D-Informationsergänzung, im Fall, dass er die Informationen auf anderem Weg erhält und selbst eintragen muss.

Bestellt

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informationsergänzung		Trigger		QR-Code	Laserscan	Kamera	Augmented Reality
Aufwand Nutzer	5	2	10	2	10	1	5	4	20	5	25				
Benutzerfreundlichkeit	5	3	15	3	15	1	5	4	20	5	25				
Aufwand Büro	4	3	12	3	12	1	4	5	20	5	20				
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10				
Aktualität	2	3	6	3	6	3	6	4	8	5	10				
Verfügbarkeit	3	1	3	3	9	5	15	5	15	5	15				
Datenqualität	4	1	4	1	4	4	16	4	16	5	20				
Summe			56		62		61		109		125				

Tab. 6 Nutzwertanalyse Status «Bestellt»

Trigger (Tab. 6): Jede Auswertung aus dem Modell wird mit Metadaten und Bauteilen gespeichert. Wird ein Auszug im Beschaffungssystem als Anlage an einen Lieferanten gesendet, kann der Status «bestellt» für Bauteile der entsprechenden Auswertung vergeben werden. Dieses Vorgehen bedarf einer möglicherweise teuren Integration ins Beschaffungssystem. Die Kosten müssen mit den Vorteilen und Kosten gegenüber der zweiten Variante der 3D Informationsergänzung verglichen werden. Die Variante Trigger hat die Vorteile, dass keine zusätzliche menschliche Aktion zur Erfassung des Status nötig ist, dementsprechend gibt es keine Verzögerungen und mögliche Fehlerquellen sind minimiert.

Liefertermin bestätigt

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informationsergänzung		Trigger		QR-Code	Laserscan	Kamera	Augmented Reality
Aufwand Nutzer	5	2	10	2	10	1	5	4	20	5	25				
Benutzerfreundlichkeit	5	2	10	2	10	1	5	4	20	5	25				
Aufwand Büro	4	1	4	1	4	3	12	5	20	5	20				
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10				
Aktualität	2	3	6	3	6	3	6	4	8	5	10				
Verfügbarkeit	3	1	3	3	9	5	15	5	15	5	15				
Datenqualität	4	1	4	1	4	4	16	5	20	5	20				
Summe			43		49		69		113		125				

Tab. 7 Nutzwertanalyse Status «Liefertermin bestätigt»

Trigger (Tab. 7): Der Liefertermin wird vom Lieferanten im Beschaffungssystem zurückgemeldet und kann über eine Integration ins Modell zurückgeführt werden. Sobald ein Liefertermin vorhanden ist, kann der Status «Liefertermin bestätigt» automatisch vergeben werden. Für Lieferanten, welche nicht ans Beschaffungssystem angebunden sind, empfiehlt es sich, die Information über eine 3D Informationsergänzung durch den Installateur zu erfassen.

Wareneingang

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati-onsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5	3	15	3	15	1	5	3	15	4	20	5	25						
Benutzerfreundlichkeit	5	3	15	4	20	2	10	4	20	4	20	5	25						
Aufwand Büro	4	1	4	2	8	1	4	4	16	4	16	4	16						
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10	5	10						
Aktualität	2	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10						
Verfügbarkeit	3	1	3	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12						
Datenqualität	4	1	4	2	8	2	8	5	20	5	20	5	20						
Summe			57		79		59		103		108		118						

Tab. 8 Nutzwertanalyse Status «Wareneingang»

Trigger (Tab. 8): Die Lieferung wird wie gehabt über den Lieferschein kontrolliert und im Beschaffungssystem bestätigt. Über eine Integration kann der Status «Wareneingang» im Anschluss ins Modell zurückgeführt werden. Diese Variante basiert weiterhin auf dem visuellen Abgleich des Lieferscheines mit der gelieferten Ware und im Anschluss mit der Bestellung, was in Vergangenheit zu Differenzen geführt hat. Mittels QR-Codes lassen sich einzelne Bauteile eindeutig identifizieren und direkt mit der Bestellung abgleichen. Da diese Variante keine manuelle Suche nach einzelnen Bauteilen mehr mit sich bringt, schneidet sie in den Punkten «Aufwand des Nutzers» und «Benutzerfreundlichkeit» besser ab. Eine weitere Optimierung, um nicht jedes Bauteil einzeln scannen zu müssen, wären QR-Codes an den Sammelbehältern. Diesen Sammelcodes sind die Bauteile auf dem Wagen hinterlegt. So könnte der Wareneingang nach Anzahl Bauteilen pro Wagen effizient kontrolliert und im gesamten mit der Bestellung abgeglichen werden. Bei Unstimmigkeiten in der Anzahl kann auf den Einzelscan der Bauteile ausgewichen werden, um fehlende Bauteile eindeutig zu identifizieren. Der Status «Wareneingang» wird sofort nach Bestätigung auf Bauteileben vergeben.

Montiert

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati-onsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5	3	15	3	15	1	5	4	20			3	15	1	5	5	25	5	25
Benutzer-freundlichkeit	5	3	15	3	15	2	10	4	20			5	25	5	25	5	25	5	25
Aufwand Büro	4	1	4	2	8	3	12	5	20			5	20	1	4	2	8	5	20
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10			3	6	3	6	3	6	4	8
Aktualität	2	4	8	4	8	4	8	4	8			4	8	2	4	3	6	4	8
Verfügbarkeit	3	1	3	4	12	4	12	4	12			4	12	2	6	3	9	4	12
Datenqualität	4	1	4	2	8	2	8	5	20			5	20	1	4	2	8	5	20
Summe			55		72		65		110			106		54		87		118	

Tab. 9 Nutzwertanalyse Status «Montiert»

Die effizienteste und benutzerfreundlichste Variante, um den Status «montiert» zu kontrollieren und zu vergeben, ist durch eine AR-Anwendung. Die Eingabe wird dabei nicht vom Monteur oder der Monteurin selbst, sondern bei periodischen Kontrollen ein- bis zweimal pro Woche erfasst. Vorteil von AR ist die selbständige Verortung und Überlagerung mit der realen Welt. Bauteile können dadurch eindeutig identifiziert und der Status «montiert» effizient vergeben werden. Möglicherweise lässt sich der Schritt der Statusvergabe wie bei anderen Möglichkeiten (vgl. Kapitel 3.4.7) zukünftig mittels KI sogar noch weiter vereinfachen.

QR-Codes können nach Montage teilweise nicht mehr zugänglich sein, weshalb die Abdeckung nicht mehr in gleichem Masse gegeben ist. Wird zukünftig der Prozess verändert und die Verantwortung des Status montiert an die Monteure und Monteurinnen übertragen, könnte jedes Bauteil unmittelbar vor Montage gescannt werden. Um diesen Prozess effizienter zu gestalten als mit einem Mobiltelefon, gibt es spezielle Handgelenklesegeräte, welche den Aufwand zum Scannen auf ein Minimum reduziert.



Abb. 61 Handgelenklesegerät für QR-Codes (techstudio.ch, 2024)

Angeschlossen

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati-onsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5	3	15	3	15	3	15	3	15			5	25						
Benutzer-freundlichkeit	5	5	25	4	20	3	15	3	15			5	25						
Aufwand Büro	4	1	4	1	4	3	12	5	20			5	20						
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10			5	10						
Aktualität	2	4	8	4	8	4	8	4	8			4	8						
Verfügbarkeit	3	1	3	4	12	4	12	4	12			4	12						
Datenqualität	4	1	4	2	8	2	8	5	20			5	20						
Summe		65		73		80		100				120							

Tab. 10 Nutzwertanalyse Status «Angeschlossen»

Der grosse Vorteil von QR-Codes ist, dass keine zusätzlichen Inhalte wie ein Modell oder weitere Informationen übergeben werden müssen. Ein QR-Code auf einem Gerät oder einer Armatur kann von jeder Person mit einem Mobilgerät ausgelesen werden. Je nach Berechtigung für die Öffentlichkeit lassen sich sogar Daten verändern. So könnte, sobald der Status «montiert», für ein Bauteil vergeben ist, die Möglichkeit bestehen, dass jeder und jede mit Zugang zum QR-Code den Status «Angeschlossen» setzen kann. Hinter dem QR-Code können zudem weitere Informationen für den Anschluss bereitgestellt werden. Diese Möglichkeit bietet volle Flexibilität ohne das Fremdgewerke tiefer mit einbezogen werden müssen. Ein Mobiltelefon oder Tablet reicht aus, um die Informationen zu lesen und den Status bei erledigter Arbeit zu vergeben. Einzig wenn kein Mobilfunknetz besteht, müssten die Daten lokal vorgehalten werden, was eine App oder anderweitige Lösung notwendig machen würde, welche erst erhoben werden muss.

Kontrolliert

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati-onsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5	3	15	3	15	1	5	4	20			3	15					5	25
Benutzer-freundlichkeit	5	3	15	3	15	2	10	4	20			5	25					5	25
Aufwand Büro	4	1	4	2	8	3	12	5	20			5	20					5	20
Abdeckung	2	3	6	3	6	5	10	5	10			3	6					4	8
Aktualität	2	4	8	4	8	4	8	4	8			4	8					4	8
Verfügbarkeit	3	1	3	4	12	4	12	4	12			4	12					4	12
Datenqualität	4	1	4	2	8	2	8	5	20			5	20					5	20
Summe			55		72		65		110			106						118	

Tab. 11 Nutzwertanalyse Status «Kontrolliert»

Wie bereits beim Status «Montiert» bietet sich bei periodischen Kontrollen aufgrund der Benutzerfreundlichkeit und Effizienz Augmented Reality zur Erfassung des Status «Kontrolliert» an.

In Betrieb genommen

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati- onsergänzung		Trigger		QR-Code		Laserscan		Kamera		Augmented Reality	
Aufwand Nutzer	5					4	20	4	20	5	25	5	25						
Benutzer- freundlichkeit	5					5	25	5	25	5	25	5	25						
Aufwand Büro	4					3	12	5	20	3	12	5	20						
Abdeckung	2					5	10	5	10	5	10	5	10						
Aktualität	2					5	10	5	10	5	10	5	10						
Verfügbarkeit	3					4	12	4	12	4	12	4	12						
Datenqualität	4					5	20	5	20	5	20	5	20						
Summe						109		117		114		122							

Tab. 12 Nutzwertanalyse Status «In Betrieb genommen»

Trigger (Tab. 12): Der Status wird mit dem Erfüllen der Checkliste zur Inbetriebnahme verbunden. Sind alle Punkte der digitalen Checkliste erfüllt, wird der Status «In Betrieb genommen» automatisch vergeben.

Da die Inbetriebnahme auf Stufe der Anlage erfolgt, reicht es aus, einen QR-Code zu scannen und den Status für alle der Anlage zugeordneten Bauteile auf «In Betrieb genommen» zu setzen. Der Aufwand ist gegenüber anderen Varianten geringer, da die Anlage nicht ausfindig gemacht werden muss und nur ein Mobiltelefon oder Tablet zur Auslesung und Änderung benötigt wird. Auch gegenüber dem Trigger ist der erwartete Aufwand, welcher zur Einrichtung des Triggers im Büro benötigt wird, grösser als einen bestehenden QR-Code zu scannen.

Wartung

	Gewichtung	Markierung auf Papierplan		Digital Redup in CDE		Asset Tracking		3D Informati-onsergänzung		Trigger	QR-Code		Laserscan	Kamera	Augmented Reality
Aufwand Nutzer	5					4	20	4	20		5	25			
Benutzer-freundlichkeit	5					5	25	5	25		5	25			
Aufwand Büro	4					5	20	5	20		5	20			
Abdeckung	2					5	10	5	10		5	10			
Aktualität	2					5	10	5	10		5	10			
Verfügbarkeit	3					4	12	4	12		4	12			
Datenqualität	4					5	20	5	20		5	20			
Summe						117		117			122				

Tab. 13 Nutzwertanalyse Status «Wartung»

Da ein Bauteil mittels QR-Codes nicht in einem System gesucht, sondern direkt identifiziert werden kann, ist der erwartete Aufwand zur Ergänzung des Staus «Wartung» mit dieser Variante am geringsten.

5.4 Selektion der Varianten

Der optimale Prozess für Hälgl besteht nicht darin, für jeden Status die bestmögliche Erhebungsmethode gemäss Nutzwertanalyse (Kapitel 5.3.3) umzusetzen. Zu viele Einzellösungen bringen neben höheren Investitionskosten für die Lösung auch viele neue Prozesse mit sich. Hälgl ist bestrebt eine einfache, benutzerfreundliche und ohne viel Aufwand umsetzbare Lösung zu finden. (vgl. Kapitel 5.3.1) Dazu werden die Ergebnisse der Nutzwertanalysen im Zusammenhang der Priorisierung der einzelnen Status (Kapitel 5.2) betrachtet (Abb. 62):

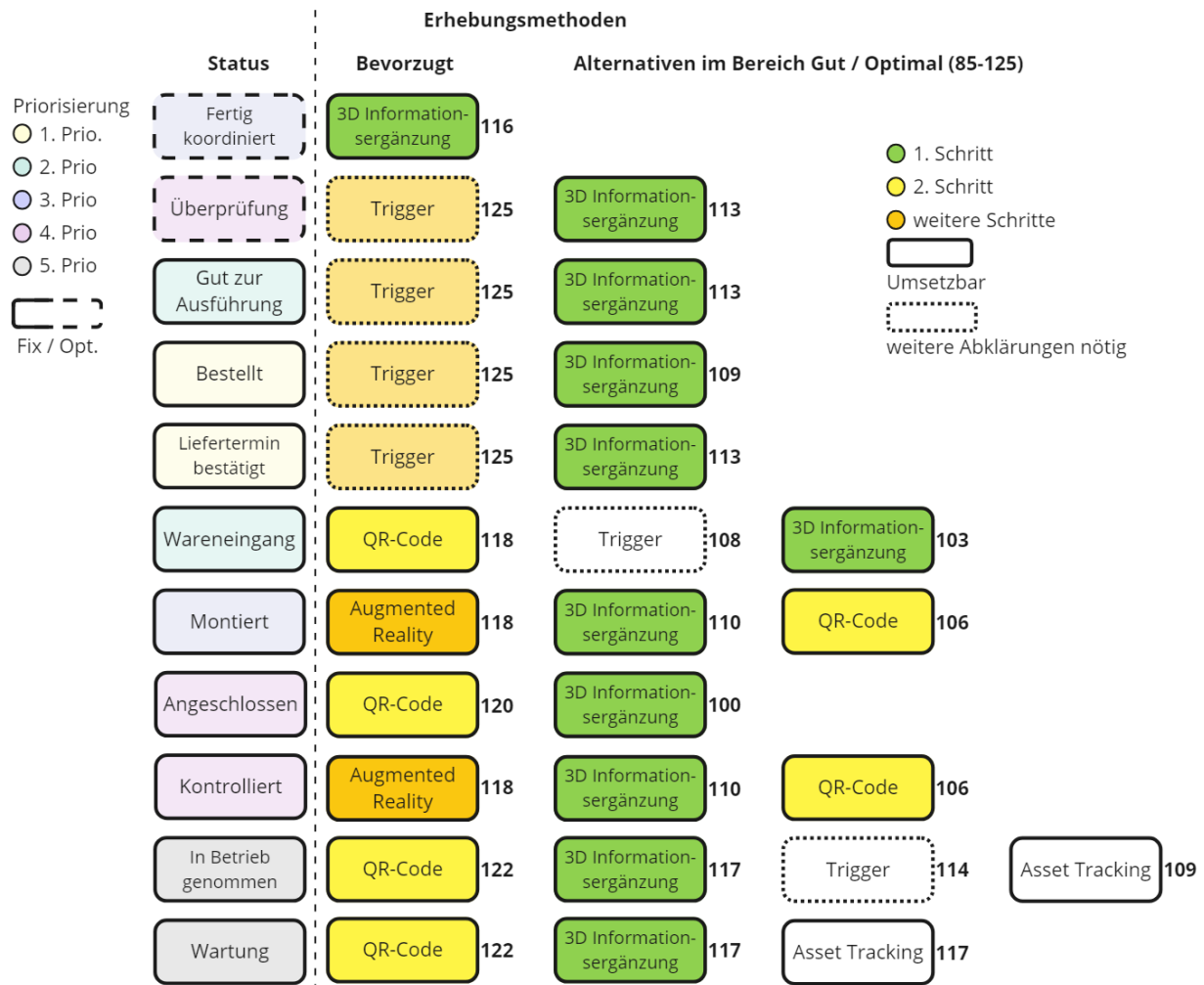


Abb. 62 Ergebnisse der Nutzwertanalysen im Kontext der Status Priorisierung (Eigene Darstellung, Miro, 2024)

Es zeigt sich, dass die Erhebungsmethoden Markierung auf Papierplan, Digital Redup in CDE, Laserscan und Kamera für Hälgl nicht in Frage kommen. Die Methode Asset Tracking kommt für die letzten zwei Status in den Bewertungsbereich «gut», andere Methoden schneiden aber in der Nutzwertanalyse besser ab, weshalb diese Methode nicht weiterverfolgt wird.

Mit der 3D Informationsergänzung (Kapitel 4.2.4) gibt es eine Methode, welche für alle Status angewendet werden kann. Diese bietet sich als ersten Schritt an, um einen einheitlichen und vollständigen Einstieg ins Bauteiltracking umzusetzen. Auch wenn die Methode meist nur an zweiter Position der Nutzwertanalyse steht, sind wenig Unsicherheiten bezüglich der Umsetzung vorhanden. Eine effektive und kostengünstige Umsetzung scheint möglich. Allerdings wird die Zusammenarbeit mit Anbieter entsprechender Viewer benötigt. Eine Eigenentwicklung dürfte sich aufgrund des Umfangs und der Komplexität nach ersten Überlegungen nicht

bezahlt machen. Ebenfalls bietet die Methode eine willkommene Alternative und Rückfallmöglichkeit, falls spätere, höhere technische Umsetzungen wie Automatisierungen und Identifizierungsmöglichkeiten ausfallen sollten.

In einem zweiten Schritt verspricht die Methode des QR-Codes (Kapitel 4.2.5) Erleichterung gegenüber der 3D Informationserfassung, sobald es an die Produktion des physischen Bauteils geht. So kann der Status «Wareneingang», welcher als 2. Priorität hoch gewichtet ist, nochmals um 15 Punkte verbessert werden. Die Methode kommt in anderen Branchen bereits zur Anwendung und kann somit mit geringerer Einstiegsschwelle adaptiert werden. Die Umsetzung muss in enger Absprache mit den Lieferanten stattfinden. Die Bauteile sollten bereits von diesen entsprechend markiert werden. Müssen die Bauteile bei Wareneingang des Installateurs selbst gekennzeichnet werden, geht der Vorteil beim Status «Wareneingang» verloren und kann nur für nachfolgende Status genutzt werden. In Anbetracht des zusätzlichen Aufwandes und abnehmender Priorität der folgenden Status, lohnt sich dies nicht.

In weiteren Schritten können Automatisierungen der Methode Trigger und Augmented Reality umgesetzt werden. Die Trigger bieten mit einem Verbesserungspotential von 12-16 Punkten gegenüber einer Verbesserung bei Augmented Reality von 8 Punkten grössere Potentiale. Die Trigger sind in der Nutzwertanalyse des jeweiligen Status näher beschrieben (Kapitel 5.3.2). Für welche Status sich eine Umsetzung lohnt, auch in Bezug zu Aufwand und Kosten, kann erst erhoben werden, wenn breitere Erfahrungen mit den ersten zwei Schritten vorliegen. Augmented Reality Anwendungen werden laufend weiterentwickelt. Zum heutigen Stand ist keine Anwendung bekannt, welche den Anwendungsfall des Bauteiltracking abdeckt. Eine Beobachtung des Marktes und Gespräche mit Anbietern entsprechender Lösungen könnte die Entwicklung zum Erschliessen dieser Potentiale bewegen. Sobald Lösungen vorhanden sind, können diese zur Erhebung der Status «montiert» und «kontrolliert» evaluiert werden.

Entsprechend der Prioritäten der Status soll der Prozess schrittweise aufgebaut werden. Die Schritte können sich dabei auch überschneiden. Der erste Schritt muss nicht vollständig über alle Status abgeschlossen sein, bevor der zweite Schritt angegangen wird. Es wird jedoch eine vollständige Umsetzung des ersten Schritts empfohlen, um die angesprochene Rückfallmöglichkeit und Alternative im Störfall bereitzustellen.

5.5 Pilotprojekte

Parallel der Analyse und Synthese dieser Arbeit werden von Hälg Mitarbeitenden zwei Pilotprojekte in der Disziplin Lüftung an grösseren Bauvorhaben umgesetzt. Dabei handelt es sich in beiden Fällen um Neubauten im Gesundheitswesen. Die bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse aus diesen Pilotprojekten fliessen in die Handlungsempfehlung des Konzeptentwurfs mit ein.

5.5.1 Pilotprojekt 3D Informationsergänzung Status «montiert»

In diesem Pilotprojekt wird das Bauteiltracking mit der Software Trimble Connect⁶ auf einem Computer im Baucontainer umgesetzt (Abb. 63). Dazu werden die BIM-Modelle in die Cloud hochgeladen. Im Anschluss kann nach einmaliger Einrichtung des zusätzlichen Attributs «Hälg: Montagefortschritt» der Status für jedes Bauteil vergeben werden. Multiselektion über Auswahlrahmen oder durch Wählen mehrerer Bauteile ist möglich und erlaubt das Verändern des Status für alle gewählten Bauteile. Unabhängig, ob für mehrere oder einzelne Bauteile, überschreibt der gesetzte Status den vorhergehenden. Metadaten werden zum aktuellen Informationsstand keine gespeichert. Eine Option bestätigte Befehle rückgängig zu machen, gibt es nicht. Versehentliche Änderungen müssen aktiv erneut verändert werden. Eine definierte Reihenfolge der Status gibt es nicht, es ist also jederzeit möglich Bauteile zurück auf einen früheren Status zu setzen.

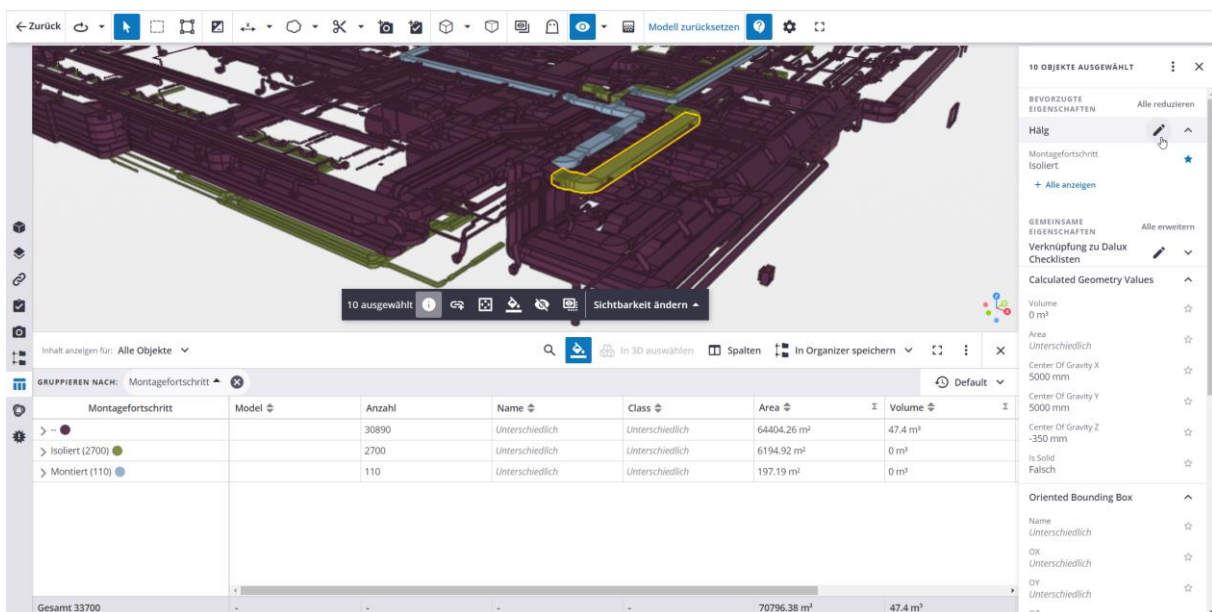


Abb. 63 3D Informationsergänzung in Trimble Connect (Eigene Darstellung, Trimble Connect, 2024)

Das Pilotprojekt brachte bis anhin folgende Erkenntnisse:

- Kommt für ein Anwendungsfall neue Software zum Einsatz, muss diese in allen Basisfunktionen und benötigten Zusatzfunktionen vor Ort geschult werden. Entsprechende Dokumentationen für ein späteres Nachschlagen und gegebenenfalls Support gehören dazu. Eine Einführung und Video mit Anleitung zur selbständigen Adaption und Umsetzung in der Anwendung reicht nicht für alle Personen aus.
- Im Anfangsstadium eines neuen Prozesses muss dieser in regelmässigen Abständen auf Umsetzung überprüft werden. Gegebenenfalls muss nachjustiert oder nochmals

⁶ <https://web.connect.trimble.com/>

geschult werden. Gerade wenn der Vorteil einer Lösung für einen Anwender nicht auf der Hand liegt, bedarf es intensiver Aufklärung.

- Eine Lösung zum Nachvollziehen, wer, wann was eingetragen hat ist wünschenswert, um bei Missverständnissen entsprechende Informationen beiziehen zu können.
- Die Multiselektion bringt Vorteile, jedoch wäre es noch effektiver, wenn erst der gewünschte Status gewählt werden kann und im Anschluss sämtliche Bauteile markiert werden, welche damit gekennzeichnet werden sollen. So lassen sich nahe beieinander liegende Bauteile, welche einzeln selektiert werden, besser auswählen. Wurde falsch selektiert, könnte die negierte Funktion über einen einfachen Schalter und Tastenkürzel verfügbar gemacht werden.
- Die sofortige, farbliche Unterscheidung ohne manuelle Aktualisierung würde helfen, den Überblick besser zu halten.
- Das Informationen separat gespeichert werden und bei Modellupdate weiterhin zur Verfügung stehen, ist eine zentrale und wichtige Funktion.
- Unterstützung von Tablets und Mobiltelefon würde helfen, Informationen direkt vor Ort abzufüllen und nicht erst im Baucontainer. Unschärfen könnten damit reduziert werden.
- Einzellösungen sind schwierig, eine Integration in den üblich verwendeten Baustellenviewer wäre wünschenswert. Die Daten würden eher betrachten, abgefüllt und aktuell gehalten.

5.5.2 Pilotprojekt QR-Code Status «Wareneingang»

In diesem Pilotprojekt wird das Bauteiltracking mit der Software und Datenbank von Ninox⁷ umgesetzt. Der Lieferant erhält bei Bestellung wie üblich sämtliche Positionsnummern der Bauteile. Diese sind auf der Etiketle des Fertigteils mit aufgedruckt. (vgl. Kapitel 3.1.1). Statt diese nur als Nummer aufzuführen, wurde die Zahl zudem in einen QR-Code überführt und wird auf der Etiketle mit abgebildet (Abb. 58, S.46). Sind mehrere Bauteile mit derselben Positionsnummer vorhanden, was bei identischen Bauteilen üblich ist, wird eine eindeutige Nummer für den QR-Code verwendet. Auf der Datenbank Ninox werden die bestellten Bauteile mittels manuellem Excel-Import ebenfalls angelegt und erhalten den Initialstatus «Bestellt» (Abb. 64). Bei Wareneingang auf der Baustelle können die QR-Codes mit der Applikation von Ninox gescannt werden. Das Bauteil wird identifiziert und der Status kann manuell auf «Geliefert» gesetzt werden. Zudem können alle Informationen, die beim Import mit angelegt wurden, eingesehen und bei Bedarf ebenfalls verändert werden. Dieser Prozess liesse sich für beliebige weitere Status mit dem gleichen QR-Code replizieren. Da Ninox keinen Viewer für Modelle integriert hat, müssen die Daten zum Betrachten exportiert werden. In einem Viewer der Excel Import für Eigenschaften unterstützt, kann der Import im Anschluss über die eindeutige Nummer den Objekten zugewiesen werden. Eine farbliche Einfärbung des 3D-Modells nach Status ist im Anschluss ebenfalls möglich.

⁷ <https://app.ninox.com/>

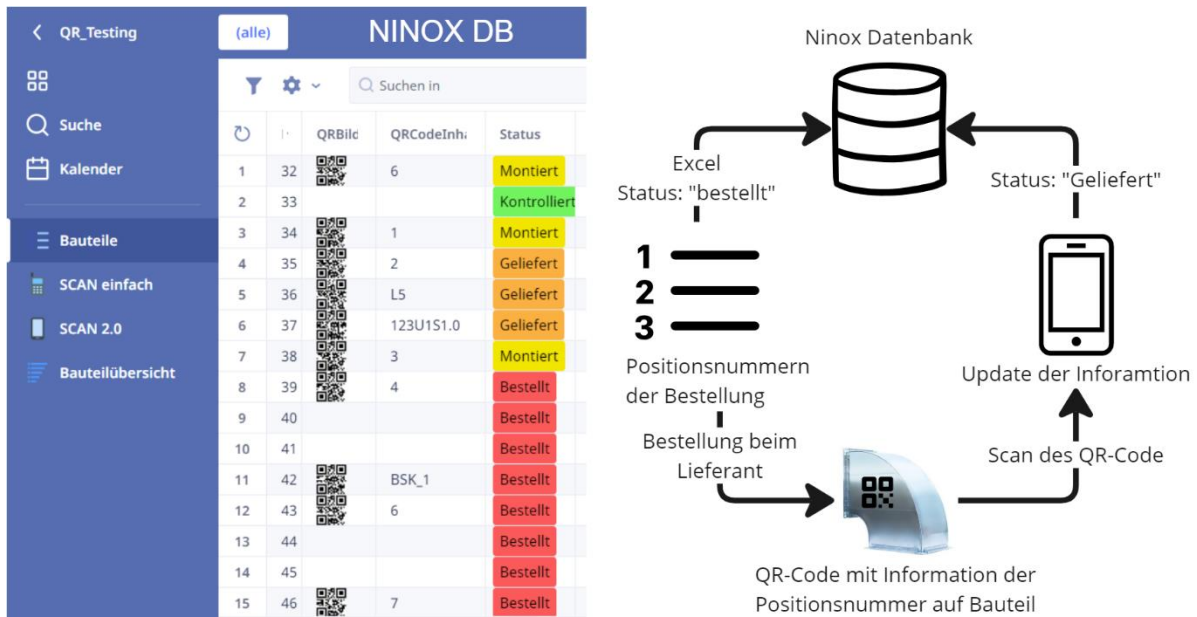


Abb. 64 QR-Code Pilotprojekt mit Ninox (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bilder: Hälg & Co. AG, 2022, (Luftech Schweiz AG, 2016))

Das Pilotprojekt brachte bis anhin folgende Erkenntnisse:

- Der Wunsch nach einer 3D-Repräsentanz ist gross, wird im Alltag doch auch damit gearbeitet. Ein manueller Export und Import bedeuteten einen nicht zu unterschätzenden Aufwand. Zudem ist die Schnittstelle eine mögliche Fehlerquelle. Eine Direktanbindung ist anzustreben um die Verlässlichkeit, Visibilität und damit den Nutzen der Daten zu erhöhen.
- Bereits die Übersicht, welche Bauteile bestellt wurden, bringt einen Mehrwert. Im Umkehrschluss lassen sich daraus die fehlenden Bauteile ableiten und Verzögerungen auf der Baustelle vermeiden.
- Teilweise zeigen die QR-Codes auf dem Wagen nach innen, was das Scannen von aussen verunmöglicht und ein Entladen des Wagens erforderlich macht. QR-Codes auf allen Seiten der Bauteile wären für diesen Arbeitsschritt eine Erleichterung. Bei Sichtkanälen müssten jedoch wesentlich mehr Etiketten entfernt werden, weshalb eine Umsetzung, nebst den höheren Kosten für die Kennzeichnung und dem Mehraufwand der Anbringung, nicht in Frage kommt.
- Der Scan jedes einzelnen Bauteils bei Wareneingang ist aufwändig. Eine Alternative wäre, zusätzlich einen QR-Code pro Wagen zu haben mit der Information zur Anzahl auf dem Wagen befindlicher Bauteile. Stimmt die Anzahl überein, kann der Status für alle Bauteile auf einmal geändert werden.
- Erst den zu setzenden Status wählen und dann alle Bauteile scannen, würde das wiederholte Selektieren ersparen.
- Die Grösse der QR-Codes kann zum Auslesen optimiert werden.
- Verschmutzungen bei Codes halten sich in Grenzen, so das gut damit gearbeitet werden.

5.6 Wunschprozess

Auf Basis der Selektion der Varianten (Kapitel 5.4), unter Berücksichtigung der Erkenntnisse vorgehender Kapitel, wird in diesem Kapitel der realistische Wunschprozess für Hälg beschrieben. Dabei wird Wert auf wenig Abhängigkeit von externen Partnern, interner Durchgängigkeit und Benutzerfreundlichkeit gelegt.

5.6.1 Datenverarbeitung

Die Datenverarbeitung sollte zentral für die gesamte Hälg Group aufgebaut werden. Dabei kann die Datenhaltung einer Lösung angegliedert sein oder eigenständig wie in Abb. 65 dargestellt, aufgebaut werden. Entsprechende Vor- und Nachteile sind in Zusammenarbeit mit Experten noch zu evaluieren. Aus der Variantenselektion (Kapitel 5.4) kommt hervor, dass folgende Systeme an die Datenverarbeitung angeschlossen werden sollten: CAD, Baustellenviewer für die 3D Informationsergänzung, Mobile für das Arbeiten mit QR-Codes und das Beschaffungssystem für gewisse Trigger. Zusätzlich soll die Lösung offen sein für weitere zukünftige Anbindungen. Im Bereich der Datenvisualisierung für Forecast Berechnungen und Optimierungen beispielsweise wird weiteres Potential gesehen (vgl. Kapitel 4.1.3).

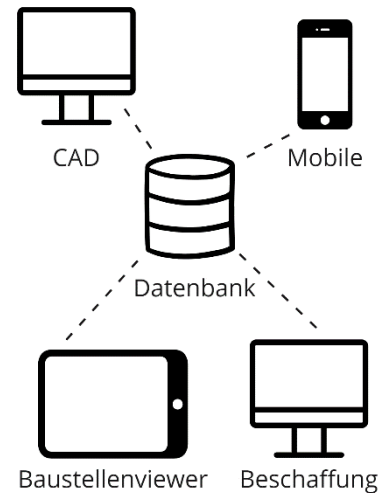


Abb. 65 Datenbankanbindungen Wunschprozess Hälg (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

Die Datenverarbeitung sollte, wenn möglich, folgende Anforderungen erfüllen. Weitere Anforderungen durch die IT-Abteilung von Hälg sind denkbar und müssen vor Umsetzung abgeholt werden:

- **Datenschutz**
Massnahme zum Schutz der Daten vor unbefugtem Zugriff oder Nutzung. Möglichkeit zur Definition von Rollen zur Zugriffskontrolle von Lese- bis zu Schreibrechten auf Ebene der einzelnen Status und Projekte.
- **Datensicherung**
Regelmässige Erstellung von Sicherungskopien, um Datenverlust durch unvorhergesehene Ereignisse zu verhindern, mit definiertem Prozess zur schnellen Wiederherstellung. Auch um einzelne Tabellen / Datensätze auf einen früheren Zeitpunkt zurücksetzen zu können.
- **Mehrbenutzerbetrieb**
Der Mehrnutzerbetrieb erlaubt mehreren Benutzern die simultane Nutzung der Datenbank sowohl für Lese- als auch Schreibprozesse.
- **Zentrale Kontrolle**
Zentrale Nutzerverwaltung durch Administratoren
- **SSO (Single Sign On)**
Ermöglicht den Zugriff mit dem Login der Firma
- **Offlinefunktionalität**
Daten können lokal vorgehalten und automatisch synchronisiert werden, wenn wieder eine Verbindung besteht. (Lese- und Schreibprozess)
- **Automatisierung der Projekteröffnung**
Die Projekteröffnung in der Datenhaltung lässt sich mit anderen Prozessen der Unternehmung verknüpfen (Bsp. Eröffnung Microsoft Teamraum).

- **Nachvollziehbarkeit**

Die Nachvollziehbarkeit, wer, wann, was geändert hat, soll in einer Historie abgebildet werden und einsehbar sein. Die Auswertung soll sowohl für einzelne Bauteile (Abb. 66) als auch für die Änderungen möglich sein (Abb. 67).

ID	Status	Historie
127-08	Gut zur Ausführung	12.01.2024 23:59:59 Änderung Status "Überprüfung" > "Gut zur Ausführung", Fabian Wälchli 05.01.2024 10:34:05 Änderung Status "Fertig koordiniert" > "Überprüfung", Benutzer 78 14.12.2023 15:24:18 Vergabe Status "Fertig koordiniert", Benutzer 12

Abb. 66 Beispiel Tabelle des Status in der Datenverarbeitung (Eigene Darstellung, Miro, 2024)

Historie	ID
12.01.2024 23:59:59 Änderung Status "Überprüfung" > "Gut zur Ausführung", Fabian Wälchli	127-08
	178-01
	212-03

Abb. 67 Beispiel Nachvollzug der Historie der Datenverarbeitung (Eigene Darstellung, Miro, 2024)

Die Abbildungen Abb. 66 und Abb. 67 geben lediglich ein Beispiel zur möglichen Datenhaltung. Das genaue Datenbankschema ist in der weiteren Konzeptausarbeitung in Zusammenarbeit mit versierten Fachpersonen und dem Anbieter einer entsprechenden Lösung zu definieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass von einzelnen QR-Codes auf grössere Gruppen geschlossen werden kann wie z.B. die zugehörige Anlage, welche beim Status «In Betrieb genommen» eine bedeutende Rolle spielt. (vgl. Kapitel 5.3.3)

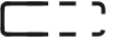
Für QR-Codes wird eine URL zur Identifikation statt einem einfachen Schlüssel empfohlen. Externen wird damit das Auffinden und Verändern der Daten massgeblich erleichtert. Die Offlinefunktionalität ist hierbei noch zu überprüfen. Die Identifikation sollte über die Hälg Gruppe einzigartig sein, damit Daten ohne Projektidentifikation abrufbar sind.

5.6.2 Datenvisualisierung

Die Visualisierung soll nicht in einer separaten Applikation erfolgen, sondern in bereits vorhandenen Lösungen oder Alternativen, welche entsprechende erweiterte Funktionalitäten bieten. Einzig der QR-Scan mit Mobiltelefon kann für Funktionalitäten der Erfassung, welche das normale Betriebssystem übersteigen, über eine App gelöst werden. Dabei soll der QR-Code jedoch weiterhin über Standard-Bordmittel eines Mobilgeräts gelesen werden können.

Die erhobenen Daten zum Bauteilstatus werden von Personen verschiedener Rollen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in anderen Applikationen benötigt. Dabei unterscheidet sich die Erhebung von der Nutzung. (Tab. 14 S.76)

Status	Erhebung			Nutzung	
	System	Methode	Rolle	System	Rolle
Fertig koordiniert	CAD	3D Info Erg. / Trigger	Planer / CAD Tech.	CAD	CAD Tech.
Überprüfung	CAD	3D Informationsergänzung	CAD Tech.	CAD	CAD Tech.
Gut zur Ausführung	CAD	3D Informationsergänzung	CAD Tech.	CAD	CAD Tech.
Bestellt	Beschaffung	Trigger	PL	CAD / Baustellenviewer	CAD Tech. / PL
Liefertermin bestätigt	Beschaffung	Trigger	PL	Baustellenviewer	Chef. Mont. / PL
Wareneingang	Mobile	QR-Code	Chef. Mont.	Baustellenviewer	Chef. Mont. / PL
Montiert	Baustellenviewer	3D Informationsergänzung	Chef. Mont.	Baustellenviewer	Chef. Mont. / PL
Angeschlossen	Mobile	QR-Code	Externe	Baustellenviewer	Chef. Mont. / PL
Kontrolliert	Baustellenviewer	3D Informationsergänzung	PL	Baustellenviewer	Chef. Mont. / PL
In Betrieb genommen	Mobile	QR-Code	PL	Mobile	Externe
Wartung	Mobile	QR-Code	Externe	Mobile	Externe

Priorisierung:
 ○ 1. Prio. ○ 3. Prio ○ 5. Prio
 ● 2. Prio ● 4. Prio  Fix / Opt.

Abkürzungen:
 CAD Tech. = CAD / BIM Techniker, CAD / BIM Technikerin
 PL = Projektleiter, Projektleiterin
 Chef. Mont. = Chefmonteur, Chefmonteurin

Tab. 14 Übersicht Nutzer und Systeme Bauteilstatus (Eigene Darstellung, Miro, 2024)

Über alle Nutzungen hinweg wurde in der Synthese und den Pilotprojekten festgestellt, dass die farbliche Hervorhebung eine zentrale Rolle in der Visualisierung des Bauteilstatus hat. Alle Bauteile bleiben sichtbar und es kann schnell eine Übersicht erlangt werden. Ein automatisches Aktualisieren der Farbüberschreibung ist dabei wünschenswert, um Änderungen der Daten sofort visuell ersichtlich zu machen. Die farbliche Hervorhebung erfüllt so nicht nur den Zweck der Information, sondern auch als Bestätigung bei Änderungen für den Nutzenden. Der Bauteilstatus soll durch einen einfachen Aufruf einer Ansichtsvorlage, welche als Firmenstandard verteilt werden kann, zugänglich sein, um die Nutzung der Daten so einfach wie möglich zu gestalten. Einzelne Status sollen zudem in einem zweiten Schritt aktiviert / deaktiviert werden können, um nur einzelne Status betrachten zu können. Die restlichen Bauteile bleiben dabei, falls nicht aktiv ausgeblendet, sichtbar in grauer Farbe.

Die Erhebung der Daten findet auf unterschiedliche Weise, als Trigger, 3D Informationsergänzung oder durch scannen eines QR-Codes, statt.

Bei einem Trigger ist keine aktive Visualisierung geplant. Die Daten werden automatisch verarbeitet und können zur Überprüfung auf beschriebenen Weg in einem System visualisiert werden.

Bei der 3D Informationsergänzung werden zwei Wege zur Ergänzung von Status gewünscht (Abb. 68):

1. Markieren von einem oder mehreren Bauteilen, durch Einzelselektion oder Funktion. Eine Funktion kann beispielsweise alle Bauteile des gleichen Typs, der gleichen Anlage, des gleichen Raumes, oder Ähnlichem markieren. Der Status wird im Anschluss für alle markierten Bauteile einmal selektiert.
2. Der zu vergebende Status wird vor der Selektion gewählt und allen im Anschluss markierten Bauteilen vergeben, bis die Funktion beendet wird. So kann bei Kontrollen jedes Bauteil bequem markiert werden, ohne jedes Mal den Status neu zu wählen zu müssen.

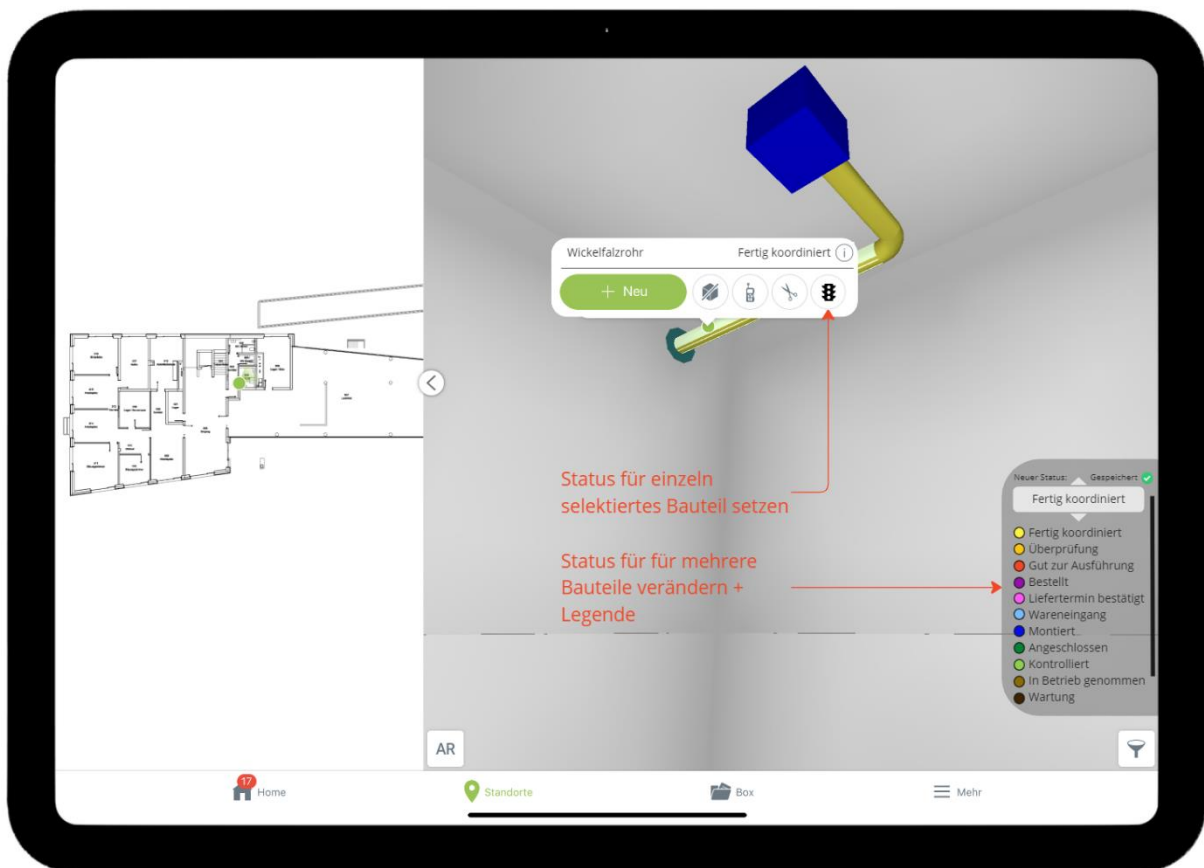


Abb. 68 UI Idee Baustellenviewer Status vergabe (Eigene Darstellung, Miro und Dalux, 2024, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bild: (maky2000, 2023))

Bei der Statusänderung via QR-Code werden ähnliche zwei Wege wie bei der 3D Informationsergänzung gewünscht.

1. QR-Code scannen und Informationen dazu abrufen. Möglichkeit, einen neuen Status zu wählen und abzuspeichern (Abb. 69 links).
2. Der zu vergebende Status wird vor dem QR-Scan gewählt. In Anschluss können beliebig viele QR-Codes gescannt werden, welche den Status erhalten sollen, bis die Funktion beendet wird (Abb. 69 rechts).



Abb. 69 UI Idee Mobilgerät QR-Scan (Einge Darstellung, Miro, 2024, Piktogramme: (Miro.com, 2023), Bild: (OpenClipart-Vectors, 2024))

5.6.3 Prozess

Folgender Prozess würde die aktuellen Bedürfnisse der Hälgl optimal abdecken:

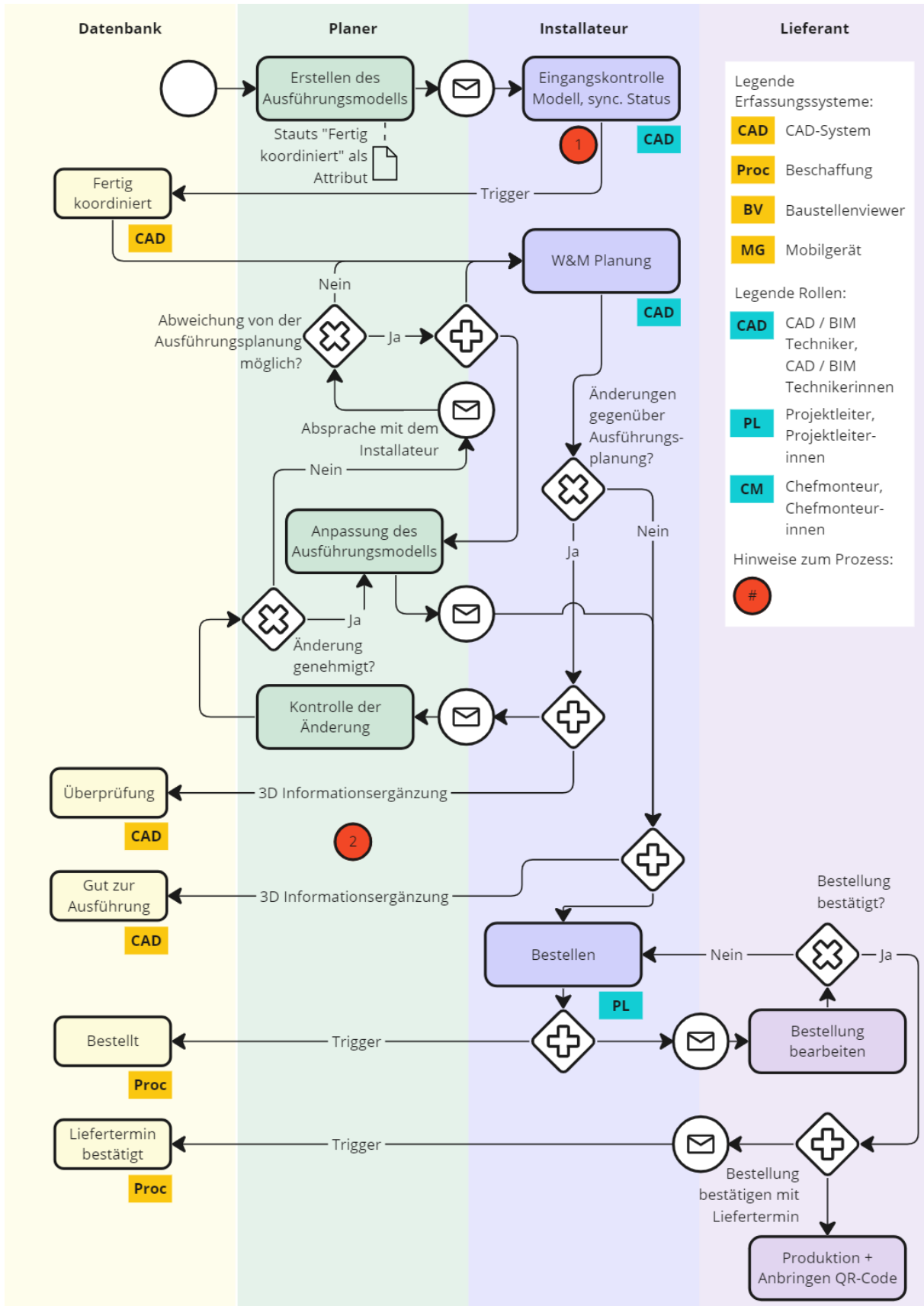


Abb. 70 Prozess Bauteiltracking Hälgl Teil 1 (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

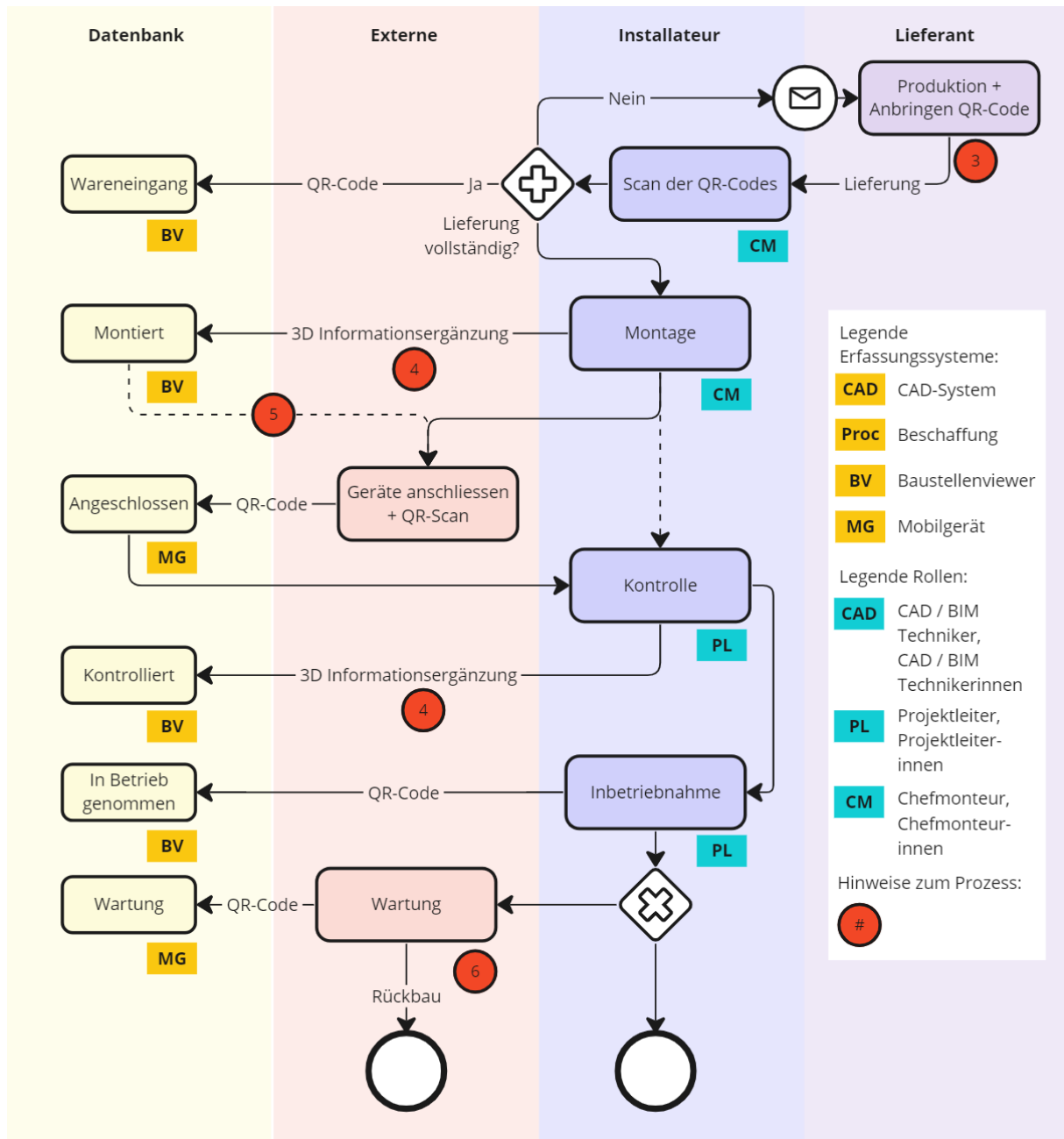


Abb. 71 Prozess Bauteiltracking Hälg Teil 1 (Eigene Darstellung, Miro, 2023, Piktogramme: (Miro.com, 2023))

Hinweise zum Prozess (Abb. 70 und Abb. 71):

1. Der Status «fertig koordiniert» wird vom Installateur synchronisiert, damit keine Anbindung ans System des Planers erfolgen muss. Um die Potentiale des Planers (Kapitel 4.1.3) zu erschliessen, ist eine entsprechende Berechtigung und Einbindung natürlich möglich.
2. Die Erfassung der Status «Überprüfung» und «Gut zur Ausführung» wird mit der Methode 3D Informationsergänzung umgesetzt. Beim Status «Überprüfung» müssen erste Erfahrungen mit der 3D Informationsergänzung die Sinnhaftigkeit des Triggers bestätigen. Der Trigger beim Status «Gut zur Ausführung» kann nach heutiger Beauftragung nur von Planer genutzt werden, weshalb er vorerst nicht umgesetzt wird.

3. Mit den Lieferanten muss geprüft werden, ob ein QR-Sammelcode am Wagen umsetzbar ist, um die anschließende Kontrolle des Wareneingangs zu vereinfachen. Dabei wird dem QR-Code statt einer Identifikation alle Identifikationen der auf dem Wagen befindlichen Teile hinterlegt.
4. AR-Anwendungen sind noch nicht einsatzfähig und müssen noch weiterentwickelt werden, weshalb für den Status «Montiert» und «Kontrolliert» vorerst nur die Methode der 3D Informationsergänzung ausgearbeitet wird.
5. Bei entsprechender Hinterlegung zu Informationen von Nachunternehmern ist eine direkte Information denkbar, dass Geräte und Armaturen von Fremdgewerken angeschlossen werden können.
6. Der Status Wartung gehört nicht mehr zum Leistungsumfang des Installateurs. Der Fokus liegt auf der Bereitstellung weiterer Informationen über das Identifikationsmittel QR-Code. Das Setzen des zugehörigen Status steht Allen offen und wird nicht kontrolliert. Eine Haftung ist entsprechend auszuschliessen.

5.7 Handlungsempfehlung

Folgende nächsten Schritte werden auf Erfahrungsbasis und Erkenntnissen aus den Pilotprojekten gemäss dem bisherigen Konzeptentwurf empfohlen:

1. Analyse der Leistungsfähigkeit bisheriger Systeme

Was können im Einsatz befindliche Systeme bereits zum Prozess des Bauteiltrackings beitragen? Gibt es bereits oder besteht die Möglichkeit für Erweiterungen? Welche Anbindungsschnittstellen bieten die Systeme? Welche Schnittstellen werden unterstützt? Anbringen des Ausblicks und der Wünsche bei Herstellern.

2. Ggf. Evaluation von Alternativen

Falls die bisherigen Systeme fürs Bauteiltracking nicht dienlich sind und keine Anbindung oder Integration ermöglichen, müssen Alternativen gesucht werden. Dabei muss der Funktionsumfang bisheriger Systeme von Neuen im vollen Umfang übernommen werden können. Eine Evaluation im grösseren Kontext als dem Bauteiltracking ergibt sicherlich Sinn, möglicherweise können weitere Verbesserungen umgesetzt werden.

3. Datenbank definieren

Wo werden die Daten zentral und verfügbar gespeichert? Bietet ein bisheriges System entsprechende Möglichkeiten oder wird eine neue Datenbank benötigt? Welcher Datenbankanbieter deckt die Anforderungen an die Datenverarbeitung am besten ab? Wie muss das Datenbankschema aussehen?

4. Umsetzungsschritt 1: 3D Informationsergänzung für Prioritäten 1-3

Technische Umsetzung und Implementierung der Status Fertig koordiniert, Gut zur Ausführung, Bestellt, Liefertermin bestätigt, Wareneingang und Montiert sowie der Systeme CAD und Baustellenviewer.

5. Ggf. Verbesserung Umsetzungsschritt 1

Umsetzen von Korrekturen, Verbesserungen, Vorschlägen, Inputs und Rückmeldungen erster abgewickelter Projekte des Umsetzungsschritts 1.

6. Umsetzungsschritt 2: QR-Code

Einbeziehen von Lieferanten zur technischen Umsetzung der Methode QR-Code, zur Optimierung der Erfassung des Status Wareneingang sowie des Systems Mobile.

7. Ggf. Verbesserung Umsetzungsschritt 2

Umsetzen von Korrekturen, Verbesserungen, Vorschlägen, Inputs und Rückmeldungen erster abgewickelter Projekte bisheriger Schritte.

8. Umsetzungsschritt 3: Trigger, Prioritäten 4, 5 und Neuerhebung AR

Technische Umsetzung von Automatisierungen der Methode Trigger und Erweiterung der Status auf die Prioritäten Vier und Fünf. Mögliche Umsetzungsfortschritte der Methode AR bei Herstellern prüfen und die Methode gegebenenfalls mit in den Umsetzungsschritt aufnehmen.

9. Ggf. Verbesserung Umsetzungsschritt 3

Umsetzen von Korrekturen, Verbesserungen, Vorschlägen, Inputs und Rückmeldungen erster abgewickelter Projekte.

5.8 Fazit Konzeptentwurf

Die Analyse und Synthese der Arbeit wurden genutzt, um für Hälg einen Konzeptentwurf abzuleiten. Darin wurde die folgende Priorisierung der Status festgelegt, um einen Ansatz zur schrittweisen Umsetzung zu erhalten (1 = unwichtig, 5 = wichtig):

- Prio 5: Bestellt, Liefertermin bestätigt
- Prio 4: Gut zur Ausführung, Wareneingang
- Prio 3: Fertig koordiniert, Montiert
- Prio 2: Überprüfung, Angeschlossen, Kontrolliert
- Prio 1: In Betrieb genommen, Wartung

Die möglichen Varianten zur Umsetzung wurden mittels Nutzwertanalyse verglichen und in einer Selektion in Schritte gegliedert. Die Methoden 3D Informationsergänzung und QR-Code kommen dabei prioritär zum Einsatz. Trigger sollen anschliessend geprüft und die Entwicklung von AR weiterverfolgt werden. Die Varianten RFID, NFC, BLE und GPS sind zu teuer. Laserscann und Kamera sind ebenfalls kostspielig, könnten jedoch weitere Potential in anderen Anwendungen bringen und müssten daher im höheren Kontext beurteilt werden. Augmented Reality muss von Herstellern noch weiterentwickelt werden und könnte zukünftig Erleichterung bei der Erfassung der Status Montiert und Kontrolliert bringen.

Die Erkenntnisse aus parallelen Pilotprojekten wurde zusammen mit der Evaluation in einen Wunschprozess für Hälg überführt. Erste Ansätze der zentralen Datenverarbeitung und möglicher Datenvisualisierung der prozessnahen Systeme CAD, Beschaffung, Baustellenviewer und Mobile bilden eine Grundlage zur weiteren Ausarbeitung und Vertiefung. Folgende Anforderungen haben sich dabei herauskristallisiert:

1. Verfügbarkeit auf Desktop, Tablet und Mobilegeräten
2. Visualisierung mit farblicher Überlagerung des 3D Modells
3. Zwei Möglichkeiten der Erfassung
 1. Scannen / markieren -> Status wählen
 2. Status wählen -> scannen / markieren
4. Keine Einzellösungen, Integration in bestehende Software / Prozesse

Mit der Handlungsempfehlung wurde abschliessend der Grundstein für das weitere Vorgehen gelegt. In insgesamt neun Schritten wird folgendes weiteres Vorgehen empfohlen:

1. Analyse der bisher eingesetzten Systeme
2. Definition der Datenbank und einzusetzender Systeme
3. Umsetzung der 3D Informationsergänzung für Prioritäten 1-3
4. Integration von QR-Codes
5. Umsetzung von Trigger und der Prioritäten 4 und 5

6 Diskussion

In der Literaturrecherche wurden die Themenbereiche Logistik, Lieferkettenmanagement und Trackingtechnologien mit Fokus auf das Bauteiltracking und mögliche Potentiale untersucht. Schnell stellte sich heraus, dass es zwei Schreibweisen für Potentiale gibt. «Potentiale» und «Potenziale», wobei in der Literatur der vermeintlich ältere Begriff Potential wesentlich häufiger zu finden ist. Durch Abgrenzung von häufig im Kontext stehenden Begriffen, die jedoch nichts mit dem eigentlichen Suchgebiet zu tun haben, wie beispielsweise «Mensch», konnten in den durchsuchten Datenbanken Web of Science, Scopus, Swiscovery und Google Scholar relevante Ergebnisse gefunden werden. Die genauen Suchstrings sind im Anhang A dokumentiert.

Durch Umfragen (Anhang C.4 und E) wurde die Erkenntnis erlangt, dass Bauteiltracking in ausführenden Lüftungsunternehmen der Gebäudetechnik noch nicht weit verbreitet ist. Bei der Befragung am Gebäudetechnikkongress in Baden wurden möglicherweise nicht die optimalen Kandidaten selektiert. Die Umfrage per Mail lieferte die besseren Ergebnisse, da die Anspruchsgruppe präzise definiert werden konnte. Bei erneuter Durchführung müsste der Abgrenzung des Begriffs Bauteiltracking grössere Beachtung geschenkt werden. Gewisse Teilnehmenden verstanden unter Bauteiltracking bereits das Scannen eines QR-Codes auf einem physischen Plan zur Aktualitätsabfrage. Das Ergebnis der Umfrage verändert sich durch diese Unschärfe jedoch nicht und würde möglicherweise nur noch deutlicher ausfallen. Mit 48 Antworten pro Frage erreicht die Umfrage eine solide Aussagekraft. Zwei Besichtigungen bei Lieferanten zeigten, dass Bauteiltracking in der Gebäudetechnik möglich ist, auch wenn die Umsetzung sich auf den kurzen Abschnitt der Produktion und lediglich internen Zwecken beschränkt. Serviceanbieter und Betreiber haben nur unvollständige Prozesse im Einsatz, wobei die Erhebung auf Hälgi und die Meinung der entsprechenden Abteilungsleiter beschränkt ist. Daraus leitet sich die These ab, dass Lieferanten in Hinsicht Bauteiltrackings derzeit führend in der Anwendung der Gebäudetechnik sind und entgegen den Installateuren, Serviceanbieter und Betreiber einen standardisierten internen Nachverfolgungsprozess umsetzen.

Um einen Blick ins Bauteil- oder Produkttracking anderer Branchen zu erhalten, wurden Firmenbesichtigungen durchgeführt (Anhang C). Die selektierten Firmen im Industrie-, Lebensmittel- und Logistikbereich brachten einen differenzierten Einblick in unterschiedliche Prozesse. Mit Barcode oder RFID-Markierungen wird jedes Produkt digital erfasst und verarbeitet. Weitere Branchen, wie die für interessant befundene Automobilindustrie, die Gesundheitsbranche, welche möglicherweise zu früh ausgeklammert wurde und die Luft- und Raumfahrtindustrie könnten weitere Erkenntnisse liefern, auch wenn nicht erwartet wird, dass diese sich grundsätzlich von den Erhobenen differenzieren.

Insgesamt wurden die folgenden 12 Methoden des Bauteiltrackings für Bauteile der Lüftung untersucht:

- Markierung auf Plan
- Digital Redup in CDE
- Asset Tracking
- 3D Informationsergänzung
- QR-Code
- RFID-Transponder
- NFC-Tags
- BLE-Beacons
- GPS-Empfänger
- Laserscan KI-Auswertung
- Kamera KI-Auswertung
- Augmented Reality

Da die Untersuchung mit BLE und GPS über die eigentliche Abgrenzung auf passive Systeme hinaus ging und weder in der Literatur noch in Austauschungen weitere relevanten Möglichkeiten angesprochen werden kann davon ausgegangen werden, dass die Aufzählung umfassend ist. Von den identifizierten Technologien wurden erst wenige in der Baubranche angewandt. Konkrete Nachweise für den Einsatz von Bauteiltracking konnten nur mit QR-Codes und digitalen Assets erbracht werden. Durch Ausweitung des Suchradius auf weniger wissenschaftliche Quellen und Ergänzung weiterer Sprachen könnten bestimmt weitere Quellen gefunden werden. Ansatz zu weiterer Nachforschung bieten auch die Rückmeldungen der Umfrage (Anhang E). Erwartet werden jedoch keine standardisierten Prozesse mit langjähriger Erfahrung, welche wesentliche Erkenntnisse zur Adaption bereithalten würden, sondern eher weitere Pilotprojekte.

Die zu erfassenden Status für ein Lüftungsbauteil wurden über mehrere Iterationen in Zusammenarbeit mit Hälg und weiteren Branchenvertretern erarbeitet. Die Konklusion ergab das folgende Status im Lebenszyklus eines Lüftungsbauteils von Bedeutung sind:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Fertig koordiniert | 7. Montiert |
| 2. Überprüfung | 8. Angeschlossen |
| 3. Gut zur Ausführung | 9. Kontrolliert |
| 4. Bestellt | 10. In Betrieb genommen |
| 5. Liefertermin bestätigt | 11. Wartung |
| 6. Wareneingang | |

In der Reflektion ist aufgefallen, dass der Status «isoliert» voreilig aus der Liste der relevanten Status gestrichen wurde. Die Herleitung konnte nicht repliziert werden. Der Status ist deshalb in Folgeüberlegungen wieder mit einzubeziehen.

Die Potentiale waren schwierig zu erfassen. Je nach Blickwinkel, Vorleistung, Anwendung und Technologie von Bauteiltracking ergeben sich unterschiedliche Potentiale für verschiedene Stakeholder. Unter Berücksichtigung der Austausche (Anhang B), Adaption von Firmenbesichtigungen (Anhang C), Befragungen (Anhang C.4), Umfragen (Anhang E) und Fachgesprächen mit Branchenvertretern sowie Mitarbeitenden der Hälg wurden die Potentiale nach bestem Wissen festgehalten. Die Aufzählungen sind nicht abschliessend und es wird erwartet, dass sich neben den grösseren offensichtlichen Potentialen im Alltag weitere kleine Verbesserungen erreichen lassen.

Die Adaption der Methoden zum Bauteiltracking auf die Gebäudetechnik gestaltete sich nicht weiter schwierig. Sind lediglich 2D-Pläne als Grundlage vorhanden, empfiehlt sich das digitale Redup in einer CDE. Ist zudem ein 3D-Modell vorhanden, empfiehlt sich je nach Stakeholder und Anforderungen das Asset Tracking, die 3D Informationsergänzung oder QR-Codes. RFID, NFC, BLE und GPS bringen nur geringen Mehrwert, welcher die deutlich höheren Kosten gegenüber einem QR-Code jedoch nicht rechtfertigen. Genauere Untersuchungen der Kosten - / Nutzen Struktur wären wünschenswert, wobei nicht davon auszugehen ist, dass sich das Fazit ändert. Laserscan und Kamera sind ebenso kostspielige Lösungen und können lediglich den Status «montiert» erfassen. Diese Erhebungsmethoden müssten im Kontext weiterer Anwendungsfällen betrachtet werden. Bauteiltracking und die Erfassung des Status «Montiert» wären entsprechend Nebenprodukte eines anderen Prozesses. Für die Erfassung mit AR ist noch Entwicklungsarbeit nötig. Diese wird als umsetzbar eingeschätzt und bietet einen spannenden Ansatz für weitere Forschungen und Entwicklungen.

Der Konzeptentwurf für Hälgl wurde in Zusammenarbeit mit diversen Mitarbeitenden unterschiedlicher Positionen und Stellungen in der Disziplin Lüftung der Hälgl ausgearbeitet, wobei Entscheidungen mit dem zuständigen BIM-Kernteam Mitglied gefällt wurden. Eine Diversität ist damit bereits gewährleistet, wobei der Wunsch nach breiterer Abstützung vorhanden ist. Es empfiehlt sich weitere Meinungen zum Konzeptentwurf und dem vorgeschlagenen Vorgehen vor einer Umsetzung einzuholen. Die Recherche zeigte, dass auch fachfremde Meinungen interessante Inputs liefern können, um ein Vorgehen weiter zu verbessern.

Eine weitere wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Konzept ist nicht erforderlich, da es sich um ein unternehmensspezifisches Konzept handelt, das nicht den allgemeingültigen Standards folgt. Eine weitere Ausarbeitung wird zur Umsetzung bei Hälgl jedoch benötigt und im Kapitel 7.3 erläutert.

Die definierten Prioritäten wurden nachvollziehbar dokumentiert.

- Prio 5: Bestellt, Liefertermin bestätigt
- Prio 4: Gut zur Ausführung, Wareneingang
- Prio 3: Fertig koordiniert, Montiert
- Prio 2: Überprüfung, Angeschlossen, Kontrolliert
- Prio 1: In Betrieb genommen, Wartung

Die bisherigen Erkenntnisse der Pilotprojekte sind in den Konzeptentwurf mit eingeflossen.

1. Verfügbarkeit auf Desktop, Tablet und Mobilegeräten
2. Visualisierung mit farblicher Überlagerung des 3D Modells
3. Zwei Möglichkeiten der Erfassung
 1. Scannen / markieren -> Status wählen
 2. Status wählen -> scannen / markieren
4. Keine Einzellösungen, Integration in bestehende Software / Prozesse

Es empfiehlt sich künftig sequentielle statt parallele Test durchzuführen. Erkenntnisse können so in vollem Umfang gewinnbringend in den nächsten Entwicklungsschritt eingebracht werden.

Der beschriebene Wunschprozess wurde anschaulich visualisiert und beschrieben und bietet eine solide und verständliche Grundlage für die weitere Ausarbeitung. Der Grundstein dafür wurde mit der Handlungsempfehlung bereits gelegt.

1. Analyse der bisher eingesetzten Systeme
2. Definition der Datenbank und einzusetzender Systeme
3. Umsetzung der 3D Informationsergänzung für Prioritäten 1-3
4. Integration von QR-Codes
5. Umsetzung von Trigger und der Prioritäten 4 und 5

Mögliche Potentiale konnten aufgezeigt und teilweise bereits getestet werden. Die Erkenntnisse zeigen, dass Bauteiltracking die Kommunikation in der Lüftung der Gebäudetechnik verbessern kann.

7 Fazit und Ausblick

7.1 Fazit

In der vorliegenden Arbeit konnte durch Umfrage erhoben werden, dass Bauteiltracking in ausführenden Lüftungsunternehmen der Gebäudetechnik noch nicht weit verbreitet ist. Lieferanten sind in dieser Hinsicht derzeit führend in der Anwendung und setzen einen standardisierten internen Nachverfolgungsprozess um. Installateure, Serviceanbieter und Betreiber haben nur unvollständige Prozesse im Einsatz. Wie die Lieferanten in der Gebäudetechnik sind andere Unternehmen im Industrie- und Logistiksektor weiter fortgeschritten, betreffend Bauteil- oder Produkttracking. Mit Barcode oder RFID-Markierungen wird jedes Produkt digital erfasst und verarbeitet. Dabei gibt es weitere technologische Möglichkeiten, welche zum Tracking eingesetzt werden können. Insgesamt wurden die folgenden 12 Methoden erhoben und für Bauteile der Lüftung untersucht:

- Markierung auf Plan
- Digital Redup in CDE
- Asset Tracking
- 3D Informationsergänzung
- QR-Code
- RFID-Transponder
- NFC-Tags
- BLE-Beacons
- GPS-Empfänger
- Laserscann KI-Auswertung
- Kamera KI-Auswertung
- Augmented Reality

Es stellte sich in Nutzwertanalysen heraus, dass die 3D Informationsergänzung und Erfassung mittels QR-Codes für einen ersten Schritt am zielführendsten sind. Der Prozess des Bauteiltrackings bringt für verschiedene Beteiligte unterschiedliche Potentiale mit sich. Eine allgemein verbesserte Projektübersicht, zentrale Informationsquelle, erhöhte Transparenz sowie Nachvollziehbarkeit werden mittels der 11 Status erhoben:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Fertig koordiniert | 7. Montiert |
| 2. Überprüfung | 8. Angeschlossen |
| 3. Gut zur Ausführung | 9. Kontrolliert |
| 4. Bestellt | 10. In Betrieb genommen |
| 5. Liefertermin bestätigt | 11. Wartung |
| 6. Wareneingang | |

Pilotprojekte zeigen, dass eine Verbindung der Status zum 3D-Modell für das Verständnis des Nutzers wichtig ist. Einzellösungen sind zu vermeiden. Die Daten sollen zentral gehalten und in bestehenden Lösungen verfügbar gemacht werden. Der Konzeptentwurf für die Praxispartnerin Hälgl umfasst insgesamt neun Schritte und empfiehlt folgendes weiteres Vorgehen:

6. Analyse der bisher eingesetzten Systeme
7. Definition der Datenbank und einzusetzender Systeme
8. Umsetzung der 3D Informationsergänzung für Prioritäten 1-3
9. Integration von QR-Codes
10. Umsetzung von Trigger und der Prioritäten 4 und 5

Bauteiltracking hat Potential in der Gebäudetechnik und kann dabei helfen, der heutigen Informationsarmut entgegenzuwirken.

7.2 Persönliche Erkenntnisse

Während der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit wurde festgestellt, wie wichtig eine klare Abgrenzung des Themengebiets ist. Die Möglichkeit von Ausschlüssen ist dabei nicht zu unterschätzen. Eigene sowie externe Ansprüche während der Bearbeitung können so abgegrenzt werden.

Das parallel zur Erarbeitung bereits zwei Pilotprojekte umgesetzt wurden, brachte in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit wertvolle Erkenntnisse. Es wird jedoch empfohlen, Entwicklung und Pilotierung sequenziell statt parallel durchzuführen. Erkenntnisse können so in vollem Umfang gewinnbringend in den nächsten Entwicklungsschritt mit eingebracht werden. Mögliche interessante Weiterentwicklungen in Pilotprojekten, wie das versuchte Verbinden der erhobenen QR-Code Daten an das 3D Modell müssten jedoch von Beginn weg unterlassen und abgegrenzt werden.

Ein aktives Vorantreiben der Dokumentation ist wichtig, um Gedanken festzuhalten. Zu weite Ausschweifungen führen jedoch dazu, dass die Arbeit über die definierten Grenzen hinauswächst und im Nachgang eingegrenzt werden muss. Eine definierte Kapitelstruktur, am besten bereits im Proposal hätte geholfen, die entsprechende Granulierung von Beginn an besser zu treffen.

Das Austausche, Fachgespräche und Besichtigungen parallel zur Literaturrecherche durchgeführt wurden, war interessant und beflügelte sich gegenseitig. Offene Austausche brachten spannende neue Perspektiven und interessante Blickwinkel auf Dinge mit ein, welche mit anderen Erhebungsmethoden möglicherweise nicht erfasst hätten werden können. Besichtigungen und das Erleben von Prozessen helfen beim Verständnis und der korrekten Übersetzung in Texte. Regelmässige Abgleiche und Fachdiskussionen ermöglichen zu reflektieren und ein Thema weiter zu schärfen.

Während des Prozesses konnten viele weitere spannende, persönliche Erfahrungen gesammelt werden. Kennenlernen der eigenen Bedürfnisse und Interessen, persönliche Planung und Zeitmanagement, Kopf- und Bauchentscheidungen, setzen eigener Grenzen und anstossen an der eigenen Leistungsfähigkeit, sind nur einige davon. Eine weitere Arbeit im ähnlichen Rahmen würde komplett anders und trotzdem gleich ablaufen. Es macht immer Spass etwas Neues zu lernen.

7.3 Ausblick

Die Erkenntnisse dieser Arbeit lassen sich für weitere Disziplinen der Gebäudetechnik und der Baubranche adaptieren. Die Arbeit erfasst die möglichen Potentiale, den Stand der Anwendung und spannende Einblicke in andere Branchen. Mit der Handlungsempfehlung des Konzeptentwurfs ist das Thema jedoch noch nicht abgeschlossen. Das Konzept bedarf weiterer Ausarbeitung und Umsetzung in schrittweisen Pilotprojekten. Dazu müssen Überlegungen zur Umsetzung, Standardisierung, Implementierung, Qualitätssicherung, benötigter Infrastruktur und Dokumentation gemacht werden. Ausserdem können weitere interessante Forschungsbereiche in diesem Kontext untersucht werden. Die Bereiche Blockchain, Internet der Dinge und künstliche Intelligenz bieten Ansatz dazu. Weitere Betrachtungen in höherem Kontext von Bauwerken auf Stufe Gebäudetechnikkoordination, Gesamtleitung oder Portfoliomanagement können weitere Potentiale des Bauteiltracking offenbaren und möglicherweise zur besseren Kommunikation der gesamten Branche beitragen. In diesem Zusammenhang werden schnell Kontextthemen wie rechtliche Aspekte der Geheimhaltung oder Persönlichkeitsschutz interessant. Auch die Auseinandersetzung mit der Frage der gewollten Intransparenz in der Baubranche wäre äusserst spannend und könnte Hinweise zur effektiven Implementierung von Bauteiltracking liefern.

Die vorliegende Arbeit liefert einen Grundbaustein und markiert den Anfang einer potentiell besseren Kommunikation in der Gebäudetechnik.

8 Quellenverzeichnis

- A. J. Spengler, Prof. Dr. A. Malkwitz, J. Ehlers, A. Thesing, 2017. *Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18613-5>
- Albrecht, H., 2022. *Geometrie und GPS: Mathematische, physikalische und technische Grundlagen der Satellitenortung verständlich erklärt*, Mathematik Primarstufe und Sekundarstufe I + II. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64871-1>
- Anton Porkin, 2023. ästhetisch kosmetisch Verfahren zum Haut. Laser- Behandlung Silhouette Symbol. Gesichts- Haar Entfernung Piktogramm. Dermatologie Schönheit Therapie zum Körper Haut Glyphe Symbol. isoliert Vektor Illustration. [WWW Document]. Vecteezy. URL <https://de.vecteezy.com/vektorkunst/20794532-asthetisch-kosmetisch-verfahren-zum-haut-laser-behandlung-silhouette-symbol-gesichts-haar-entfernung-piktogramm-dermatologie-schonheit-therapie-zum-korper-haut-glyphe-symbol-isoliert-vektor-illustration> (accessed 1.5.24).
- apload GmbH, 2023. Migros Verteilbetrieb AG [WWW Document]. Migros Verteilbetrieb AG. URL <https://www.mvb.ch> (accessed 10.16.23).
- arcady31, 2023. Arbeit Manikone [WWW Document]. 123RF. URL https://de.123rf.com/photo_59113163_arbeit-manikone.html (accessed 1.5.24).
- Balm, S., Berden, M., Morel, M., Ploos van Amstel, W., 2018. *Smart construction logistics*. CIVIC.
- Becker, W., Ulrich, P., Schmid, O., Feichtinger, C., 2020. *Industrielle Digitalisierung: Entwicklungen und Strategien für mittelständische Unternehmen*, Management und Controlling im Mittelstand. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28815-0>
- Bernhard Lenk, 2018. *Herstellungsverfahren für die industrielle Kennzeichnung: Eine aktuelle Übersicht und Entscheidungshilfe für den Anlagen- und Maschinenbau*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55331-2>
- buildingSMART International, 2019. *BIM Collaboration Format (BCF) - buildingSMART International*. URL <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format-bcf/> (accessed 1.9.24).
- Buildots, 2023. Buildots - Connected Construction [WWW Document]. Buildots. URL <https://buildots.com/> (accessed 8.27.23).
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2024. Globale Navigationssatellitensysteme [WWW Document]. Bundesamt Für Landestopografie Swisstopo. URL <https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/geodaesie-vermessung/messverfahren/satellitenmessung/global-satellite-systems.html> (accessed 1.2.24).
- Bundesamt für Statistik, 2023a. Anteil erwerbstätige Personen nach Wirtschaftsabschnitt - 2002, 2022 | Diagramm [WWW Document]. Bundesamt Für Stat. URL <https://www.bfs.admin.ch/asset/de/24365419> (accessed 9.16.23).
- Bundesamt für Statistik, 2023b. Bruttowertschöpfung nach Branchen - 1995, 2022 | Diagramm [WWW Document]. Bundesamt Für Stat. URL <https://www.bfs.admin.ch/asset/de/27146586> (accessed 9.17.23).

- Cigolini, R., Gosling, J., Iyer, A., Senicheva, O., 2022. *Supply chain management in construction and engineer-to-order industries*. *Prod. Plan. Control* 33, 803–810. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1837981>
- Dallasega, P., Rauch, E., Linder, C., 2018. *Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review*. *Comput. Ind.* 99, 205–225. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.039>
- design4design, 2023. Blade, paddle, propeller, turbine, vane, wind icon - Free download [WWW Document]. Iconfinder. URL https://www.iconfinder.com/icons/5746959/blade_paddle_propeller_turbine_vane_wind_icon (accessed 1.5.24).
- Die Schweizerische Post, 2023a. Landesweite Grundversorgung [WWW Document]. Post. URL <https://www.post.ch/de/ueber-uns/portraet/grundversorgung> (accessed 12.26.23).
- Die Schweizerische Post, 2023b. Unternehmen – die Schweizerische Post [WWW Document]. Post. URL <https://www.post.ch/de/ueber-uns/portraet> (accessed 12.26.23).
- Doxel, 2023. Doxel: Construction’s most complete progress tracking [WWW Document]. Doxel. URL <https://doxel.ai> (accessed 9.10.23).
- EPCIS & CBV | GS1 [WWW Document], 2023. URL <https://www.gs1.org/standards/epcis> (accessed 12.26.23).
- Farhat, R., 2023. *Digitales Bauen auf der Baustelle – Einsatzszenarien und Optimierungspotenzial*. *Bautechnik* 100, 206–212. <https://doi.org/10.1002/bate.202300007>
- Flaticon, 2023. Kostenlose „Lieferant“-Icons von Freepik [WWW Document]. Flaticon. URL https://www.flaticon.com/de/kostenloses-icon/lieferant_93375 (accessed 1.5.24).
- Grosse, E.H., 2022. *Logistik 4.0: Stand der Forschung und Praxis*. *HMD Prax. Wirtsch.* 60, 6–20. <https://doi.org/10.1365/s40702-022-00931-3>
- Hälg & Co. AG, 2023. Unternehmensorganisation | Hälg Group [WWW Document]. Haelg.ch. URL <https://haelg.ch/unternehmen/organisation/> (accessed 1.9.24).
- haustec.de, 2023. Mefa: Lüftungskanäle normgerecht befestigen | Haustec [WWW Document]. URL <https://www.haustec.de/klima-lueftung/lueftungstechnik/mefa-lueftungskanaele-normgerecht-befestigen> (accessed 1.5.24).
- Helmus, M. (Ed.), 2011. *RFID-Baulogistikleitstand: Forschungsbericht zum Projekt „RFID-unterstütztes Steuerungs- und Dokumentationssystem für die erweiterte Baulogistik am Beispiel Baulogistikleitstand für die Baustelle“*, 1. Aufl. ed, RFID im Bauwesen. Vieweg + Teubner Research, Wiesbaden.
- Helmus, M., Meins-Becker, A. (Eds.), 2009. *RFID in der Baulogistik: Forschungsbericht zum Projekt „Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID in der Bau- und Immobilienwirtschaft“*, 1. Aufl. ed, Vieweg + Teubner Research RFID im Bauwesen. Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Hohmann, S., 2022. *Logistik- und Supply Chain Management: Grundlagen, Theorien und quantitative Aufgaben*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13631-4>

- iconscart, 2023. flaches Symbol für Builder-Vektor-Glyphe [WWW Document]. 123RF. URL https://de.123rf.com/photo_166443852_flaches-symbol-für-builder-vektor-glyphe.html (accessed 1.5.24).
- Imerso, 2023. Baumanagement Software für automatische Qualitätskontrolle | Imerso [WWW Document]. URL <https://www.imerso.com/de/> (accessed 9.10.23).
- Katharina Simbeck, Markus Bühler, 2018. *Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21637-5>
- Kneissl, T.D., 2022. Tracking und Tracing als Optimierungspotentiale in der modernen Logistik (Masterthesis). Alpen-Adria-Universität, Klagenfurt.
- Kocijan, M. (2018) : *Digitalisierung im Bausektor*, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 71, Iss. 01, pp. 42-45 KRAUSE-Werk GmbH & Co. KG, 2023. Corda GelenkGerüst Komplettsset, Aufstellmöglichkeit [WWW Document]. Krause. URL <https://www.krause-systems.de/detail/product/1034-gelenk-geruest-arbeitshoehe-ca-400-m.html> (accessed 1.5.24).
- Kumar, R.L., Wang, Y., Poongodi, T., Imoize, A.L. (Eds.), 2021. *Internet of Things, Artificial Intelligence and Blockchain Technology*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-74150-1>
- Langer, J., Roland, M., 2010. *Anwendungen und Technik von Near Field Communication (NFC)*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-05497-6>
- Lueftungsteile.ch, 2024. Lueftungsteile.ch Rohr, Kanal, Formteile, Geräte und KWL alles um Lufttechnik und Zubehör [WWW Document]. Lueftungsteile.ch. URL <https://lueftungsteile.ch/> (accessed 1.9.24).
- Luftech Schweiz AG, 2016. *Luftech Kanal bogen-500x500*. Luftechch Lüftungstechnische Produkte Kanal Auf Mass. URL <https://luftech.ch/project/kwl-kontrollierte-wohnraum-lueftung-und-zubehoer/bogen-500x500/> (accessed 1.5.24).
- Lüscher, M., 2022. Moderne Baulogistik [WWW Document]. Schweiz. Baumeisterverband. URL <https://baumeister.swiss/moderne-baulogistik/> (accessed 9.23.23).
- Maagtechnic AG, 2023a. Maagtechnic de Home [WWW Document]. URL <https://maagtechnic.ch/> (accessed 10.6.23).
- Maagtechnic AG, 2023b. Produkte [WWW Document]. URL <https://maagtechnic.ch/de/produkte.html> (accessed 10.6.23).
- Macek, K., 2020. BIM 360 Assets - Filtering, Templates and Bulk Delete [WWW Document]. BIM 360 Release Notes. URL <https://blogs.autodesk.com/bim360-release-notes/2020/12/08/bim-360-assets-filtering-templates-and-bulk-delete/> (accessed 12.28.23).
- maky2000, 2023. Tablette Intelligentes Pad Ipad - Kostenlose Vektorgrafik auf Pixabay [WWW Document]. URL <https://pixabay.com/de/vectors/tablette-intelligentes-pad-ipad-7687953/> (accessed 1.8.24).

- Maniera, L.M., 2022. Das Baugewerbe: wichtiger Treiber für Wirtschaft und Arbeitsmarkt [WWW Document]. Schweiz. Baumeisterverband. URL <https://baumeister.swiss/das-baugewerbe-wichtiger-treiber-fuer-wirtschaft-und-arbeitsmarkt/> (accessed 9.16.23).
- Marc Inderbitzin, 2016. Automatisierung in der Logistik mit RFID und EPCIS - Marc Inderbitzin [WWW Document]. URL <https://de.slideshare.net/BeatFischer1/marc-inderbitzin> (accessed 1.5.24).
- Meier, K.-J., Pfeffer, M. (Eds.), 2022. *Produktion und Logistik in der digitalen Transformation: Analyse – Planung – Praxiserfahrungen*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36560-8>
- Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023a. Lüftungskanal verzinkt (Sonderanfertigung) - lueftungsmarkt.de [WWW Document]. Lüftungskanal Verzinkt Sonderanfertigung - Lueftungsmarktde. URL <https://www.lueftungsmarkt.de/lueftungskanal-verzinkt-auf-anfrage-alle-preise-per-m> (accessed 1.5.24).
- Merk Internethandel GmbH & Co. KG., 2023b. Lüftungskanal Formteil verzinkt (Sonderanfertigung) - lueftungsmarkt.de [WWW Document]. Lüftungskanal Formteil Verzinkt Sonderanfertigung - Lueftungsmarktde. URL <https://www.lueftungsmarkt.de/lueftungskanal-formteil-verzinkt-auf-anfrage-alle-preise-per-m> (accessed 1.5.24).
- Miro.com, 2023. Miro | Visual Workspace for Innovation [WWW Document]. URL <https://miro.com> (accessed 1.5.24).
- NavVis, 2023. Alles, was Sie über SLAM & mobiles Mapping wissen müssen [WWW Document]. URL <https://www.navvis.com/de/technology/slam> (accessed 1.9.24).
- Niebel, T., 2019. *Zukunft Bau – Beitrag der Digitalisierung zur Produktivität in der Baubranche*.
- oculai GmbH, 2022. oculai - Die KI für den Rohbau [WWW Document]. URL <https://www.oculai.de/> (accessed 1.2.24).
- Oleksandr Paios, 2023. Builder in einen Helm mit einem Hammer. Die builder Symbol Stock-Vektorgrafik - Alamy [WWW Document]. URL <https://www.alamy.de/builder-in-einen-helm-mit-einem-hammer-die-builder-symbol-image215890854.html> (accessed 1.5.24).
- OpenClipart-Vectors, 2013. Iphone Mobiltelefon Telefon - Kostenlose Vektorgrafik auf Pixabay [WWW Document]. URL <https://pixabay.com/de/vectors/iphone-mobiltelefon-telefon-handy-160307/> (accessed 1.8.24).
- OpenSpace, 2024. Home - 2023 - German [WWW Document]. OpenSpace. URL <https://www.openspace.ai/de/> (accessed 1.2.24).
- Pavicic, T., 2021. *Digitalisierung der Logistik auf Basis AutoID/RFID*.
- QRCode Monkey, 2023. QRCode Monkey - QR Code Generator zum erstellen von QR Codes mit Logo und Design [WWW Document]. QRCode Monkey. URL <https://www.qrcode-monkey.com/de> (accessed 1.5.24).
- Schwarzwälder, H., 2023. *Die digitale Bauwirtschaft - Wege aus der Branchenlogik: Status Quo und Chancen der digitalen Transformation*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40561-8>

- Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (Ed.), 2020. *SIA 108 Ordnung für Leistungen und Honorare der Ingenieurinnen und Ingenieure der Bereiche Gebäudetechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik*.
- Stange, M., 2020. *Building Information Modelling im Planungs- und Bauprozess: Eine quantitative Analyse aus planungsökonomischer Perspektive*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29838-8>
- Strabag, 2023. *Digitales Bauteil-Tracking*. Innov. Bei STRABAG. URL <https://innovation.strabag.com/projekt/digitales-bauteil-tracking/> (accessed 8.27.23).
- Studyflix, 2024. Industrielle Revolution • Zusammenfassung, Erfindungen [WWW Document]. Studyflix. URL <https://studyflix.de/geschichte/industrielle-revolution-3785> (accessed 1.11.24).
- techstudio.ch, 2024. Eyoyo Wearable Glove QR Code Scanner, 1D 2D Finger Ring Bluetooth Barcode Scanner, Left&Right Hand Wearable, Portable Wireless Book Inventory Bar Code Reader Compatible with iPhone iPad Android Tablet [WWW Document]. techstudio.ch. URL <https://techstudio.ch/products/eyoyo-wearable-glove-qr-code-scanner-1d-2d-finger-ring-bluetooth-barcode-scanner-leftright-hand-wearable-portable-wireless-book-inventory-bar-code-reader-compatible-with-iphone-ipad-android-tablet-1> (accessed 1.6.24).
- TEC-IT Datenverarbeitung GmbH, 2023. Kostenloser Online Barcode Generator: Data Matrix [WWW Document]. URL <http://barcode.tec-it.com/barcode-generator.aspx> (accessed 1.5.24).
- vGIS Inc., 2023. *Augmented Reality - AR for Construction Jobsite Management*. VGIS - Lead. Augment. Real. Solut. BIM GIS 3D Scans. URL <https://www.vgis.io/ar-augmented-reality-construction-building-jobsite-management-bim-architecture-design-engineering-mep-hvac-structural/> (accessed 1.2.24).
- Zeitner, R., Peyinghaus, M. (Eds.), 2013. *Prozessmanagement Real Estate: Methodisches Vorgehen und Best Practice Beispiele aus dem Markt*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34508-1>

9 Anhang

- A Literaturrecherche
- B Austausch mit Experten und Fachpersonen (**Nicht öffentlich zugänglich**)
- C Firmenbesichtigungen (**Teilweise, nicht öffentlich zugänglich**)
- C.4 Befragungen (**Anonymisiert**)
- E Mail-Umfrage (**Anonymisiert**)

A. Literaturrecherche

Die Literaturrecherche kommt ergänzend zu anderen Methoden, wie Austausch (Anhang B), Firmenbesichtigungen (Anhang C), Umfragen (Anhang D und E) und Informationen von Webseiten interessanter Firmen, Forschungen und Entwicklungen zum Einsatz und dient der Aufarbeitung folgender Themenbereiche:

- Logistik
- Lieferkettenmanagement
- Trackingtechnologien

Der weitere Themenbereich Gebäudetechnik wird bewusst nicht in der Literaturrecherche aufgearbeitet. Dieser kann in enger Zusammenarbeit mit der Praxispartnerin Hälgl & Co. AG am derzeitigen Stand der Anwendung erlebt und aufgearbeitet werden. Eine separate Dokumentation dazu wird nicht geführt, da der Austausch ständig und begleitend stattfindet und eine Dokumentation den Rahmen übersteigen würde.

Da die Themenbereiche stark ineinandergreifen, wurde von der Idee, diese separat zu recherchieren, abgesehen. Stattdessen wurden die Suchbegriffe⁸ über alle Themenfelder hinweg zusammengefasst. Mit den folgenden Zielen:

- Schliessen von Wissenslücken.
- Abfragen des aktuellen Entwicklungsstandes.
- Bestehende Methoden und Herangehensweisen kennenlernen.
- Positionierung der Arbeit in den grösseren Forschungskontext.
- Gewinnung von Ideen zur Adaption in der Konzeptphase.

Für die Literaturrecherche wurden die folgenden Datenbanken im Zeitraum 01.09.2023 bis 05.11.2023 durchsucht:

- **Web of Science**

Multidisziplinäre Referenzdatenbank, enthält Bücher, Artikel und Konferenzbeiträge zu Wirtschaft, Technik, Naturwissenschaften, Kunst, Pädagogik, usw. Beinhaltet Metriken zur Analyse von Zeitschriften und Artikeln.⁹

Durchsucht wurden alle Datenbanken und Kollektionen. Wurde nichts anderes vermerkt, wurde nach dem Thema gesucht.

- **Scopus**

Wissenschaftliche Datenbank mit Büchern, Artikeln, Konferenzen und Patenten unter anderem zu Technik und Naturwissenschaften.¹

Wurde nichts anderes vermerkt, wurden alle Felder durchsucht.

⁸ Teilweise mit Unterstützung durch Chat GPT 3.5, <https://chat.openai.com/>

⁹ LEHMANN, Dominik, 2023. A-Z Liste. FHNW [online]. 3 November 2023. [Zugriff am: 3 November 2023]. Verfügbar unter: <https://www.fhnw.ch/de/die-fhnw/bibliothek-fhnw/e-medien/datenbanken/a-z-liste>

- **Swisscovery**

Wissenschaftliche Datenbank, die sowohl online als physisch verfügbare Medien in der Schweiz umfasst. Die Recherche kann damit auf physische zugängliche Medien erweitert werden, welche digital nicht verfügbar sind.¹⁰

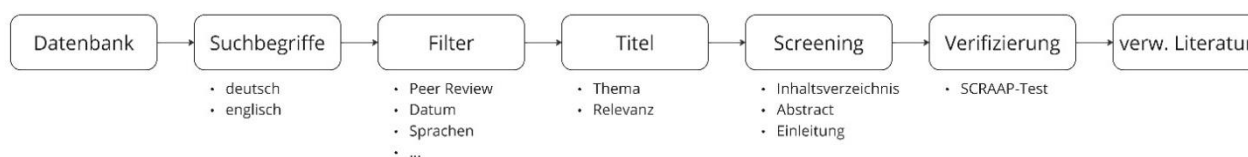
Durchsucht wurde die gesamte swisscovery Sammlung, sollte nichts anderes vermerkt sein.

- **Google Scholar**

Eigentlich eine Suchmaschine für wissenschaftliche Dokumente aller Art und keine geschlossene Datenbank. Dafür sind neuste Veröffentlichungen indexiert und aktuelle Entwicklungen können eher verfolgt werden.¹¹

Wurde nichts anderes vermerkt wurden Ergebnisse in beliebigen Sprachen gesucht.

Die Ergebnisse werden wie folgt filtriert und anschliessend qualitativ analysiert.



Vorgehen Literaturrecherche (eigene Darstellung, 2023)

Nachfolgend sind nur Vorgänge dokumentiert, die Ergebnisse geliefert haben, welche weiterverwendet und in Zotero überführt wurden. Die Herleitung zum Suchstring, erfolglose Suchen und gegebenenfalls nicht relevante Abwandlungen wurden nicht dokumentiert.

Die Dokumentation der Suchbegriffe, Filter und Treffer nach Sichtung der Titel baut wie folgt auf:

		Datenbank
Suchbegriff	Erg	X / YYY
	Fil	A, B, C

Legende Suchbegriffe:

- « » Begriff muss explizit in dieser Form vorhanden sein.
- Treffer mit diesem Begriff werden nicht als Ergebnis ausgegeben.

Legende Ergebnisse (Erg):

- X Anzahl übernommener Ergebnisse
- Y Anzahl Treffer der Suche

Legende Filter (Fil):

- 01 Themenfeld = Technik
- 10 Dokumententyp = Artikel
- 11 Dokumententyp = Buch
- 12 Dokumententyp = Paper
- 20 Publikationsjahr = 2020
- 21 Publikationsjahr = 2021
- 22 Publikationsjahr = 2022
- 23 Publikationsjahr = 2023
- 30 Verfügbarkeit = Öffentlich
- 31 Verfügbarkeit = Online
- 40 Sprache = Deutsch
- 41 Sprache = Englisch

Aufbau Dokumentation Literaturrecherche (eigene Darstellung, 2023)

¹⁰ ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, 2023b. Was ist swisscovery? [online]. 3 November 2023. [Zugriff am: 3 November 2023]. Verfügbar unter: <https://df.uzh.ch/openbooks/studifitkurs/chapter/was-ist-das-rechercheportal-swisscovery/>

¹¹ ZENTRALBIBLIOTHEK ZÜRICH, 2023a. Was nützt Ihnen Google Scholar bei der Literatursuche? [online]. 3 November 2023. [Zugriff am: 3 November 2023]. Verfügbar unter: <https://df.uzh.ch/openbooks/studifitkurs/chapter/was-nuetzt-ihnen-google-scholar-bei-der-literatursuche/>

		Web of Science	Scopus	Swisscovery	Google Scholar
Bauteiltracking	Erg.	0 / 0	0 / 0	2 / 5	4 / 13
	Fil	-	-	-	-
«Potential» of «Component» «Tracking» in «building engineering» -Human-	Erg.	0 / 17	2 / 1069	0 / 17	2 / 16'800
	Fil	22, 23, 30	01, 10,11,12, 22, 23, 41	22,23	22, 23
Bauteilrückverfolgung	Erg.	0 / 0	1 / 4	0 / 1	2 / 11
	Fil	-	-	-	22, 23
«supply chain» «tracking» «bim»	Erg.	1 / 10	1 / 117	1 / 16	0 / 2720
	Fil	22, 23	01, 10,11,12, 23, 41	-	23
«Track and Trace» «construction industry»	Erg.	1 / 21	0 / 35	0 / 29	2 / 16'000
	Fil	30	01, 10,11,12, 23, 41	31	23
«supply chain» «building engineering»	Erg.	0 / 69	3 / 40	2 / 94	1 / 18'100
	Fil	10, 23, 30	01, 10, 23, 30, 41	23, 31	23
Logistics in «construction»	Erg.	4 / 170	2 / 264	0 / 81	6 / 17'000
	Fil	01, 10, 22, 23, 30, excl. China	10, 11,12, 20-23, 30, 41	30, 31	22,23
Logistics in «building engineering»	Erg.	1 / 66	0 / 31	2 / 41	5 / 16'700
	Fil	10, 23, 30	01, 10, 23, 30, 41	01, 22, 23, 31	22, 23

		Web of Science	Scopus	Swisscovery	Google Scholar
RFID in «construction»	Erg	2 / 23	5 / 90	1 / 10	4 / 17'300
	Fil	-	01, 20-23, 41	Titel beinh. RFID	22, 23
QR-Code «construction» industry	Erg	2 / 13	3 / 103	0 / 0	2 / 8'800
	Fil	-	01, 41	-	22, 23
Technologies for supply chain in building engineering	Erg	0 / 363	1 / 74	0 / 194	0 / 16'500
	Fil	20-23, 30	01, 22, 23, 41	22, 23	22, 23
Augmented Reality for progress tracking in construction	Erg	1 / 7	0 / 7	0 / 53	4 / 17'100
	Fil	-	01, 41	-	22, 23
Open potential construction industry	Erg	1 / 133	0 / 20	2 / 74	3 / 69'600
	Fil	23	23	23	23

Die systematische Literaturrecherche brachte 77 literarische Werke, welche näher untersucht werden. Zusammen mit der Vorrecherche, welche 10 literarische Werke umfasst, wurden nach Abzug von 12 Duplikaten insgesamt 75 Werke näher betrachtet.

Da die Recherche auf Englisch wesentlich mehr Erfolg brachte, wurde für das Screening anfänglich DeepL¹² für einfache Übersetzungsarbeiten ins Deutsche verwendet. Nach Screening der ersten Werke wurde aufgrund des Umfangs der Recherche statt DeepL das Tool Scispace¹³ eingesetzt. Scispace erlaubt nicht nur Texte zu übersetzen, sondern hat mit einer Integration in Zotero¹⁴, der verwendeten Software für die Literaturverwaltung, direkten Zugriff auf alle Werke. Mittels künstlicher Intelligenz erstellt Scispace verständliche Zusammenfassungen von markierten Texten und Abschnitten und erlaubt so eine schnellere Übersicht über den Inhalt von Werken.

Beim Screening wurden von 75 Werken 32 als weniger- oder irrelevant für das Thema eingestuft. Die verbleibenden 43 Werke, sowie weitere Quellen wie Webseiten, Präsentationen oder Ergebnisse aus nachträglichen Recherchen, wurden bei Verwendung für die Arbeit dem SCRAAP Test unterzogen, um die wissenschaftliche Relevanz, Aktualität und Genauigkeit der Quellen sicherzustellen. In die Arbeit flossen nur originale Texte, gegebenenfalls mit Übersetzung durch DeepL, der Quellen und keine KI generierten Zusammenfassungen mit ein. Die zugrundeliegende und verwendete Literatur der Arbeit ist im Literaturverzeichnis aufgeführt.

¹² <https://www.deepl.com/de/translator>

¹³ <https://scispace.com/>

¹⁴ <https://www.zotero.org/>

B. Austausch mit Experten und Fachpersonen

Der persönliche Austausch dient zum Auf- und Ausbau von Wissen, erlangen von Informationen und Inputs, welche neue Erkenntnisse bringen und weiterverfolgt werden können. Die Experten und Fachpersonen werden aufgrund ihrer beruflichen Position und Kenntnisse im untersuchten Bereich selektiert. Je nach Austausch unterscheiden sich die Ziele und Fragestellungen. Jeder Austausch wird geplant, findet also nicht spontan statt und wird mit einer Person im 1:1 Austausch geführt. Eine Vorbereitung mit Fragekatalog oder Einführung ins Thema, zu einem früheren Zeitpunkt, wird individuell gehandhabt und zusammen mit der Begründung der Selektion, in der jeweiligen Einführung zum Austausch erläutert. Die Dokumentation der Austausche erfolgt nicht nach einem Standardschema, sondern je nach Möglichkeiten der Aufzeichnung und Sinnhaftigkeit im Bezug der Arbeit. Aspekte und Ausschweifungen ohne Bezug zur Arbeit werden nicht dokumentiert.

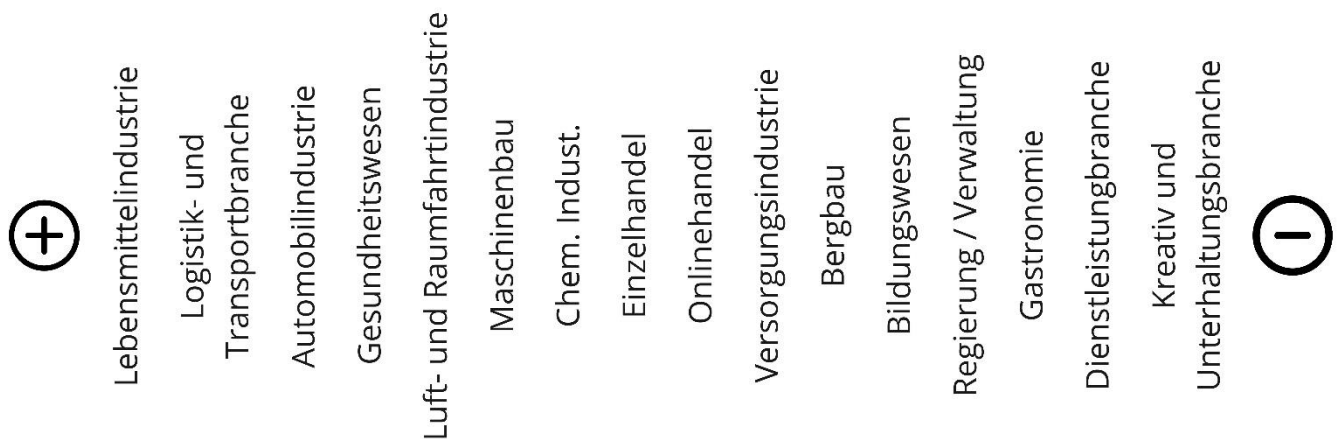
Mit folgenden Experten und Fachpersonen fand ein Austausch statt:

- B1. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B2. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B3. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B4. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B5. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B6. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B7. **Nicht öffentlich zugänglich**
- B8. **Nicht öffentlich zugänglich**

C. Firmenbesichtigungen

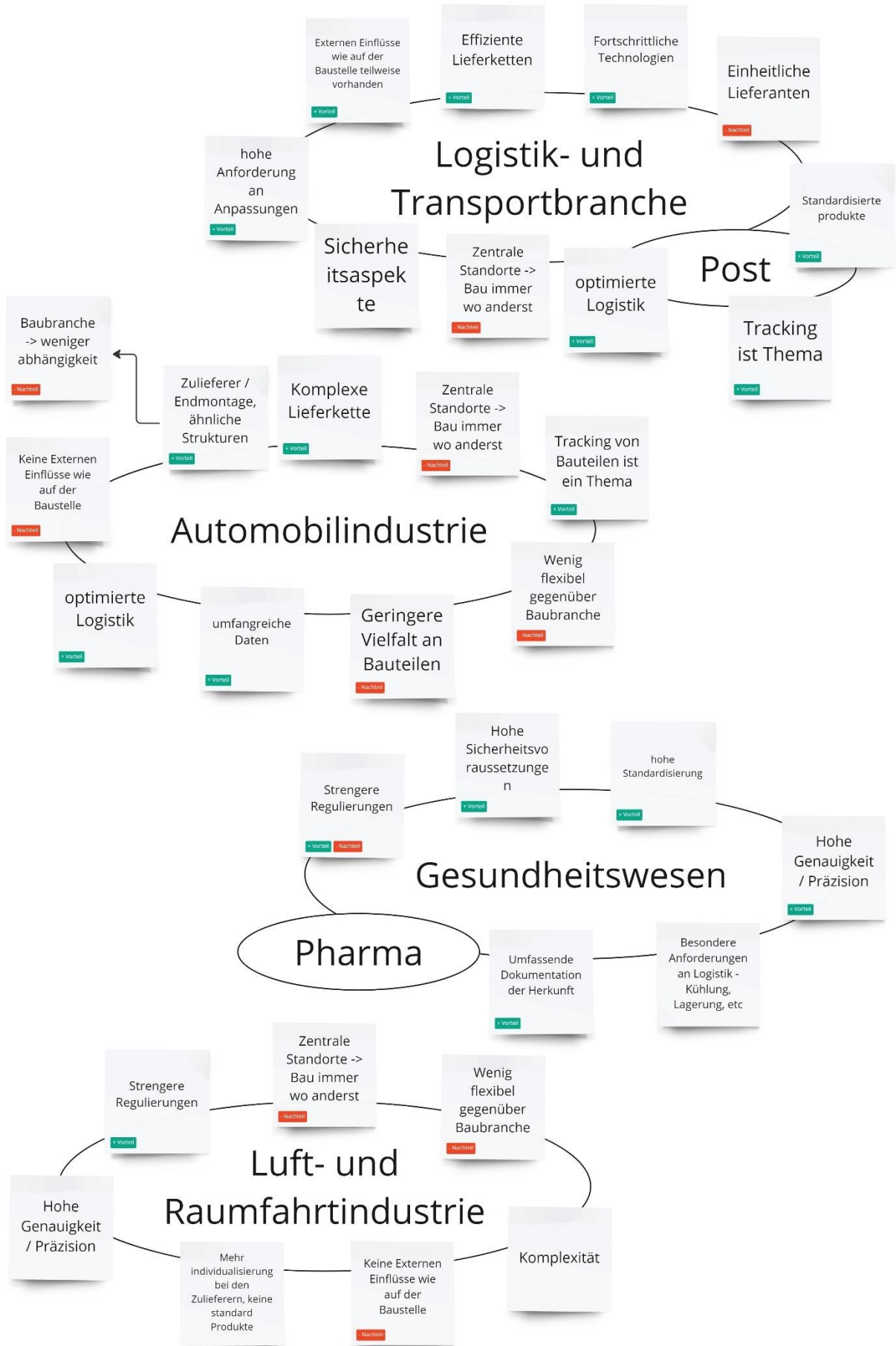
Firmenbesichtigungen wurden durchgeführt, um zu erfahren, wie andere Firmen ihre Güter tracken. Es wurden bewusst Austausche mit Betriebsbesichtigung gesucht, um nicht nur Aussagen, zu möglicherweise zukünftigen Prozessen, sondern die effektiv umgesetzten, heute angewandten Prozesse selbst erleben und verstehen zu können. Dazu wurden Unternehmungen gesucht, welche fortschrittliche Logistiksysteme im Einsatz haben. Dies sowohl in als auch ausserhalb der Baubranche, um einen gesamtheitlichen Blick und unterschiedliche Lösungsansätze kennen zu lernen.

Nach einer ersten Recherche wurden die Branchen von Interessant (+) bis nicht interessant (-) bewertet. Dabei wurde Wert auf ein ähnliches Umfeld sowie mögliche adaptierbare Prozesse gelegt, um nicht utopische oder irrelevante Prozesse weiter zu untersuchen.



Die interessanten Branchen wurden anschliessend tiefer betrachtet und die möglichen Vor- und Nachteile in Bezug zur Gebäudetechnik nach eigener Einschätzung notiert:





Nach der Einschätzung wurden Unternehmen der folgenden Branchen gesucht, um eine Betriebsbesichtigung mit Austausch durchführen zu können:

- Lebensmittelindustrie
- Logistik- und Transportbranche
- Gesundheitswesen

Entgegen der eigenen Einschätzung, dass die Gesundheitsindustrie ein hohes Mass an Standardisierung genießt, streben gemäss zweier Hinweise Hersteller der Branche oft Eigenlösungen anstelle offener und kompatibler Standards an. Da die Produkte der Branche in der Warenwirtschaft zudem meist kleiner sind als in der Gebäudetechnik und auf Vorrat gehalten werden, wird die Branche nicht weiter berücksichtigt.

Mit folgenden Firmen wurde eine Betriebsbesichtigung mit Austausch durchgeführt. Wieso diese selektiert wurden und welche relevanten Erkenntnisse sich daraus ergeben haben, wird nachfolgend in den einzelnen Abschnitten dokumentiert.

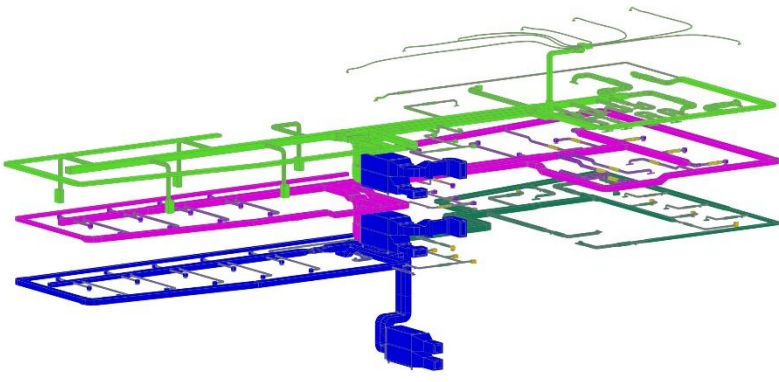
- C1. Nicht öffentlich zugänglich**
- C2. Nicht öffentlich zugänglich**
- C3. Nicht öffentlich zugänglich**
- C4. Nicht öffentlich zugänglich**

D. Befragungen

Zur Erhebung des derzeitigen Stands der Anwendung des Bauteiltracking in der Gebäudetechnik wurden Befragungen durchgeführt. Diese Methode wurde gewählt, da sie es ermöglicht, die Perspektive der Nutzer direkt zu erfassen. Somit können auch weitere interessante Dinge, wie die möglichen Potentiale oder Herausforderungen, welche die befragten Personen sehen, abgefragt werden.

Als geeigneter Anlass zur Durchführung der Befragungen wurde der Gebäudetechnik Kongress vom 21.09.2023 in Baden¹⁵ ausgewählt. Am Anlass treffen sich mehrere hundert Branchenvertreter zum Austausch und Wissensaufbau. Die Befragungen wurden dementsprechend spontan mit gerade verfügbaren und interessierten Personen durchgeführt ohne vorherige Einladung.

Die Vorbereitung der Befragung wurde in einem Workshop aufgearbeitet und im Nachgang in folgenden Spickzettel überführt:



● Freigabe Ausführung	● Produziert	● Abgenommen
● Bestellt	● Warenausgang Lieferant	○ In Betrieb
● Bestellung bestätigt	● Wareneingang Baustelle	● Gewartet
● Storniert	● Montiert	○ ...

Umfrage Gebäudetechnik Kongress 21.09.2023

- Verbreitung des Bauteiltracking in der Gebäudetechnik
- Wie wird es umgesetzt? In welchen Phasen? Mit welchen Methoden?
- Mögliche Potentiale

Einleitung
Guten Tag Herr/Frau... , mein Name ist...
Ich schreibe derzeit meine Masterthesis und arbeite seit 2,5 Jahren bei Hälg in der Digitalisierung.
Darf ich Ihnen ein paar Fragen stellen und dazu eine Tonaufnahme machen?

Bezug schaffen
Heute gibt es ja diverse spannende Inputs zur Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Woran arbeiten Sie gerade?

Interesse wecken
Was kommt Ihnen in den Sinn wenn ich Ihnen das zeige?

Erfahrung / Potential abfragen
Haben Sie schon Erfahrungen in Projekten sammeln können?
Welche Potentiale sehen Sie für sich und andere?

Möglichkeit schaffen
Wollen wir uns mal 15min in einem Teams-Meeting dazu austauschen?

D: 11:50 3D Augmented Reality Lösungen in der Baubranche
N: 11:30 Innovative Gebäude als Chance für das Gesamtsystem
N/D: 13:40 Papieri Areal Cham - Transformation eines Stadtteils zum CO2 neutralen, digitalisierten Energiecluster
D: 16:00 Die digitale Zukunft und ihre Herausforderungen

¹⁵ <https://www.gebaeudetechnik-kongress.ch/>

Am 21.09.2023 konnten 9 Befragungen durchgeführt werden. 7 konnten für die Auswertung verwendet werden und sind nachfolgend mit den Kernaussagen dokumentiert:

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
	X		

- Unternehmer müssen für solche Lösungen noch motiviert werden. Ihnen ist der Vorteil noch nicht bewusst, was es dem Gesamtprojekt bringt, wenn sie am Abend noch Informationen eingeben.
- Setzt ein Bauteiltracking für die Montage auf einen Projekt um. Die Umsetzung funktioniert durch Anklicken der Komponenten und umfasst keine automatische Erfassung. Ein Abgleich mit dem Terminplan steht allerdings noch in den Kinderschuhen.

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			

- Effektivität des Unterhalts verbessern. Verknüpfung des Leitsystems mit dem Modell, dafür ist es natürlich interessant, wenn die entsprechenden Daten hinterlegt sind.
- Die Grundbausteine müssen bereits in der Planung gelegt werden, damit die Modelle richtig aufgebaut werden.
- In anderen Ländern, Grossbritannien, Norden vermutlich bereits Standard.

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			

- Digitaler Zwilling ist sehr spannend, aber auch sehr aufwändig. Beim Flughafen Zürich beschäftigt sich ein komplettes Team damit.
- Die Informationen eines Bauteiltracking könnten sehr spannend sein, wenn sie zurück an die Planenden gespielt werden, um Optimierungen zu erreichen und das Vorgehen zu verifizieren.

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			

- Entspricht 100% dem BIM-Gedanken, dass die Daten, welche anfallen, gesammelt und weiterverwendet werden.
- Wir heute noch nicht umgesetzt, da BIM Projekte noch sehr selten sind und wirkliche BIM-Projekte noch viel seltener. Heute ist viel noch 2D in der Ausführung.

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			

- Im Wartungsbereich ist Tracking und Traceability sicherlich hoch interessant, da man auf einen Knopfdruck herausfinden kann, wann wurde etwas von wem verbaut und kontrolliert.

- Zweitgänge in der Wartung können vermieden werden, da die Daten bereits verfügbar sind.

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			

21.09.2023, Audioaufzeichnung

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			

- Optimierung der Ausführung betreffend Lean Management. Durch Tracking der effektiven Zeiten kann die Durchlaufzeit besser eingeschätzt und geplant werden.

E. Mail-Umfrage

Da in den Befragungen (Anhang D) nicht die gewünschte Anzahl Personen befragt werden konnte, um eine realistische Abschätzung, der Verbreitung von Baufortschrittstracking in der Gebäudetechnik zu treffen, wurde ergänzend eine E-Mail-Umfrage durchgeführt.

Die Umfrage wurde kurz und bündig gestaltet, um eine möglichst hohe Anzahl Rückläufe zu erhalten und sah folgendermassen aus:

Guten Tag

Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie mir zwei Minuten Ihrer wertvollen Zeit schenken könnten, um gemeinsam einen bedeutsamen Schritt in der Gebäudetechnik zu erkunden.

Bitte beantworten Sie mir kurz die nachfolgenden 3 Fragen.

In meiner Masterthesis beschäftige ich mich intensiv mit dem Thema Bauteiltracking in der Gebäudetechnik – eine Innovation, die das Potenzial hat, unsere Branche nachhaltig zu verbessern. Bauteiltracking ermöglicht die lückenlose Verfolgung von Bauteilen während ihres gesamten Lebenszyklus, beispielsweise mit Hilfe von QR-Codes. Dieses Konzept erlaubt es, zu jedem Zeitpunkt im BIM-Modell zu sehen, ob ein Bauteil bereits bestellt, produziert, montiert oder abgenommen wurde, um nur einige Beispiele zu nennen.

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?

- *Noch nie gesehen*
- *Auch schon, aber nur bei Grossprojekten*
- *Öfter, bei allen Projektgrössen*

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?

- *Noch nie angewandt*
- *Auch schon, aber nur bei Grossprojekten*
- *Öfter, bei allen Projektgrössen*
- *Prozess ist Standard, in meiner Firma*

Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?

Befragt wurden ausschliesslich Gebäudetechnik Firmen in der der deutschen Sprachregion der Schweiz, welche Dienstleistungen in der Ausführung der Disziplin Lüftung erbringen und beim Branchenverband suissetec gemeldet und gelistet sind.

Die erste E-Mail wurde am 30.09.2023 an 374 Empfänger versendet. Darauf folgten 19 verwertbare Antworten. Ein Reminder am 09.10.2023 brachte weitere 20 verwertbare Antworten, was das Total der Rückläufe auf 39 und somit knapp über 10% brachte.

Es folgen die dokumentierten Rückläufe nach Datum sortiert:

01.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Ich sehe nur eines im Moment und das ist der Preis: In der Schweiz ist das Bauen jetzt schon sehr teuer, ein normaler Bürger kann es sich jetzt schon an vielen Orten nicht mehr leisten, Eigentum zu erwerben und dieses Bauteiltracking macht es ganz bestimmt nicht günstiger, denn hier müssen Daten verwaltet und aktualisiert werden für 50, 100 oder mehr Jahre! Das ist arbeits- und kostenintensiv.			

01.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Grosses Potential, aber riesiger Aufwand in der Start-Phase. Wir bearbeiten alle unsere Service Komponenten, so aber mit Eigenprogramm Abacus und manueller Erfassung. Das machen aber nur sehr wenige Installateure, da der Aufwand ERP Programm finanziell recht hoch ist. Aber vor allem braucht es grosse Ressourcen für die Datenpflege, und Dispo im Unterhalt, da die Produkte sehr vielfältig sind.			

01.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Kein Potential			

01.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Wir machen eher kleine Baustellen. Daher ist es für uns nicht so interessant			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Ich denke, es sollte die Prozesse, wenn alles abgestimmt ist, vereinfachen für die Abwicklung von Projekten und die Qualität steigern. Qualität ist vielfach auch ein Prädikat für Zeit und Geld. Beide Faktoren wiederum sind auch erfolgsbindend. Ich denke, egal was für ein Prozess, nur der Prozess allein bringt noch nicht den gewünschten Erfolg.			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
<p>1. Habe dies schön öfters gesehen, aber hauptsächlich bei Geräten und Maschinen. Noch nie bei Bauteilen.</p> <p>2. Habe diesen Prozess noch nie selber angewandt.</p> <p>3. Potenzial ist sicherlich vorhanden. Es würde die Prozessabläufe sicherlich vereinfachen, vor allem wenn mehrere Gewerke involviert sind. So könnten die einzelnen Firmen sehen, ob die für ihre Arbeiten notwendigen Vorarbeiten anderer Firmen bereits ausgeführt wurden. Oftmals ist es heute doch noch so, dass ein Monteur von Firma A erst auf dem Objekt sieht, dass die Arbeiten von Firma B noch nicht vollständig ausgeführt wurden, und er so seine Arbeiten nicht durchführen kann.</p> <p>Für Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.</p>			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Grosses Potential			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
In der Projektgrösse, welche unsere Firma bearbeitet (Sanierungen und Neubau von kleineren Wohngebäuden EFH/MFH) macht dieses System kaum Sinn, da der Aufwand, jedes Bauteil genau zu definieren, im Verhältnis zum Ertrag enorm wäre. Bei Grossprojekten macht ein solches System Sinn. Es besteht aus unserer Sicht einfach die Gefahr, dass der Planungsaufwand enorm wird und im Bezug auf die vielen Beteiligten am Bau auch schwer umsetzbar, denn es benötigt ein grosses Mass an Disziplin von allen.			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Die Bauteilverfolgung könnte schon noch interessant sein, während der Nutzungszeit des Bauteiles z.B. für Unterhalt.			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
-			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
<p>Beim Potential kommt es darauf an, welche Art Projekte und welches Gewerk damit umgesetzt werden soll. Ich sehe da vom Marktanteil her nur eine kleine Art von Projekten, wo sich der Aufwand lohnen könnte. z.B. Im Tiefbau macht dieser Prozess allenfalls Sinn. Bei uns in der Gebäudetechnik scheint mir ein solcher Prozess als zu weit gegriffen. Aus unserer Erfahrung haben wir noch keinen Besteller/Bauherrn gefunden, der den Gegenwert erkennt hat und sich dazu entschlossen hat, die damit verbundenen hohen Investitionen zu tätigen. Unsere Erfahrung zeigt, dass viel Potential besteht im Umgang mit BIM-3D oder auch LEAN-Management (resp. einer Verknüpfung).</p> <p>Die meisten Projekte scheitern aber an:</p> <ul style="list-style-type: none"> - der Planung, die viel weiter sein müsste resp. Planungsentscheide, die noch nicht vorliegen - im Umgang mit Planungs- & Beststellungsänderungen - Projektteams, die ins «alte Muster» verfallen, insb. wenn die Zeiten hektisch werden. Auch ich als ausführender Unternehmer frage mich, was ich davon habe. Da bin ich sehr kritisch. 			

02.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
	X		
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
<ol style="list-style-type: none"> 1. B. - Wir haben einen solchen Prozess bereits gesehen, jedoch nicht direkt auf dem Modell, sondern nur als Benachrichtigung bzw. Infomail erhalten. 2. B. - Wir haben ein ähnliches Verfahren einmal in einem Grossprojekt angewandt. Die Ausführungspläne werden immer häufiger mit QR-Codes versehen, die den aktuellen Status der Pläne und deren Zustellung an den richtigen Mitarbeiter anzeigen. 3. Ein solcher Prozess eignet sich sicherlich für Informationszwecke. Allerdings ist die Durchführung während der Montagearbeiten nicht ideal, da die Beschriftungen beschädigt werden können. Wir würden eine Alternative nach der Montage oder vor der Übergabe an den Bauherrn bevorzugen, die für die Nachhaltigkeit und die Zeit nach dem Montagezyklus geeigneter ist. 			

03.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Bis es überall angewendet wird, wird es viel Zeit brauchen. Es wird Prozesse von Anfang an vereinheitlichen, optimieren und im Unterhalt wird es mit einem QR-Code einfacher sein.			

03.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
	X		
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Ist evtl. schon Zukunft, aber kann es noch nicht so beurteilen			

03.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
	X		
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Handling vor allem bei Grossprojekten sehr sinnvoll, um den Überblick zu behalten. Von der Planung bis zur Pendenzenbehebung resp. Service und Instandstellung.			

03.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrößen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrößen	Prozess ist Standard
	X		
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
<p>Optimierung des Bauprozesses: Durch die Verwendung von BIM können Bauprojekte besser geplant und überwacht werden. Wenn jede Komponente eines Gebäudes mit einem QR-Code versehen ist, kann die genaue Position und der Status jedes Teils in Echtzeit verfolgt werden.</p> <p>Effizienzsteigerung in der Logistik: Grossbaustellen können oft unübersichtlich sein. Mit QR-Codes kann jedes gelieferte Bauteil sofort bei Ankunft gescannt und in einem digitalen Lagerbestand erfasst werden. Dadurch kann verhindert werden, dass Teile verloren gehen oder an der falschen Stelle gelagert werden.</p> <p>Fehlerreduktion: Indem man die genaue Position und den Status jedes Teils kennt, können Fehler, die aus der falschen Platzierung oder Verwendung von Bauteilen resultieren, vermieden werden.</p> <p>Bessere Kommunikation: Wenn ein Bauteil installiert ist und eine Überprüfung benötigt, kann durch scannen des QR-Codes eine Benachrichtigung an den zuständigen Mitarbeiter gesendet werden, der das Bauteil überprüfen und freigeben kann.</p> <p>Nahtlose Integration in das Facility Management (FM): Nach Fertigstellung des Gebäudes kann das BIM-Modell mit den QR-Codes dazu verwendet werden, den Lebenszyklus jedes Bauteils zu verfolgen. FM-Teams können den QR-Code eines Bauteils scannen, um herauszufinden, wann es installiert wurde, wann und wie es gewartet wurde, und andere relevante Informationen.</p> <p>Langlebigkeit und Nachhaltigkeit: Durch das Verfolgen des Lebenszyklus eines Bauteils über den QR-Code kann sichergestellt werden, dass es ordnungsgemäss gewartet wird. Dies kann dazu beitragen, die Lebensdauer des Bauteils zu verlängern und kostspielige Reparaturen oder Ersatz zu verhindern.</p> <p>Insgesamt bietet die Integration von BIM und QR-Codes in der Baubranche enorme Vorteile in Bezug auf Effizienz, Kommunikation und Nachhaltigkeit. Es ist ein Schritt in Richtung Digitalisierung und Automatisierung, der den Bauprozess revolutionieren kann. Es wird jedoch wichtig sein, sicherzustellen, dass das eingesetzte System benutzerfreundlich ist und dass alle Beteiligten geschult sind, um es effektiv nutzen zu können.</p>			

04.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Ich sehe eher Potential beim Bauteiltracking nach Einbau in der Anlage für das FM. Mit dem QR-Code finde ich eher aufwendig, besser wäre über LORA, damit das Bauteil die Daten automatisch überträgt.			

04.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Potential sehr vom Projekt abhängig. Grossprojekte eher als kleine oder mittlere Projekte. Grosse Gefahr in der Anwendung: wenn nicht 100% sauber geführt, wird das System augenblicklich völlig nutzlos.			

05.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Der Arbeitsschritt/Arbeitsablauf kann besser überwacht/kontrolliert werden.			

09.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Ein sehr kleines in der Gebäudetechnik, da der zeitliche und administrative Aufwand zu hoch ist für für KMUs.			

09.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Ich kann kein Potenzial darin sehen.			

09.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
grosses Potential, wird Zukunft sein.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Eher weniger für unsere Anwendungen.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Kann mir gut vorstellen, dass dies in Zukunft grosse Verbesserungen bringen kann.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Schwierig zu sagen. Wenn ich es aus der jetzigen Perspektive betrachte, glaube ich nicht, dass sich dieser Prozess in der Haustechnik durchsetzt.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Bei grösseren Projekten sicher eine gute Lösung mit Rückverfolgbarkeit und aller Daten zum Unterhalt etc. Ist ja auch die Idee von BIM.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Keine Ahnung, ich hoffe, der administrative Aufwand wird durch solche Prozesse nicht noch grösser.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Sanitär ja, Heizung nein.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Wir sehen kein grosses Potential, eher grosser Mehraufwand, der über alle beteiligten Partner sauber erfolgen muss.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Falls es einfach anzuwenden ist und einen Mehrnutzen bringt ohne grosse Kosten zu verursachen, sehe ich Potential für die Zukunft.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Natürlich hat dieser Prozess ein sehr grosses Potenzial, auch die Abwicklung würde vielen Bauleitern die Arbeit erleichtern.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Es kann Sinn machen, bringt aber noch einmal einen Schub mehr Bürokratie, welche bereits massiv angestiegen ist in unserer Branche. Wir zeichnen heute im Engineeringbereich nur noch 3-D, bzw. im BIM-Modell. Ich spüre, dass der Mensch allmählich in der Informationsflut schwimmt und teils den Boden unter den Füßen verliert. Vor allem dann, wenn ein Zeitdruck besteht, und dieser besteht meist.			

10.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Wird sicher Zukunft haben, wie, wo und wie schnell und ob überall, werden wir sehen...? Ist noch schwierig zu sagen... Wir arbeiten zum Teil mit dem QR-Code bei Materialbestellungen. Gewisse Lieferanten beschriften die Wärmeerzeuger mit einem QR-Code, der dann Anlage spezifische Daten erhält...			

11.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Da ich noch nie mit einem solchen System gearbeitet haben, kann ich nicht beurteilen, ob dies ein Vorteil oder ein Nachteil ist.			

11.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
-			

11.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Bei unserer Unternehmensgrösse sehen wir kein grosses Potential, da der Aufwand vermutlich zu gross wäre, eher bei Grossprojekten.			

12.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
	X		
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Fehlerquoten und Materialverbrauch werden massiv optimiert. Der Aufwand verlagert sich von der Ausführung in die „Planung“. Heisst die Gebäudetechnik wird neue und für die Jugend spannendere Arbeitsplätze generieren.			

12.10.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Potential ist schwer abzuschätzen, fraglich, ob der Mehraufwand im Verhältnis zum Nutzen steht. Falls es zuverlässig funktioniert, sehe ich ein grosses Potential im Bereich des Facility Managements.			

06.11.2023

Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal gesehen?			
Noch nie gesehen	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	
X			
Haben Sie einen solchen Prozess schon einmal selbst angewandt?			
Noch nie angewandt	Auch schon, aber nur bei Grossprojekten	Öfter, bei allen Projektgrössen	Prozess ist Standard
X			
Welches Potential sehen Sie in einem solchen Prozess?			
Rückverfolgbarkeit, Arbeitsbelegung gegenüber Kunden, Qualitätsverbesserung, Verbesserung der Nutzungsdaten, Kostenoptimierung für Auftragnehmer und Kunde			