

Bericht, 8. Oktober 2019

Digitalisierung in der Gebäude- technik



energieschweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Nathalie Spiller, Swissolar

Tobia Wyss, Swissolar

David Stickelberger, Swissolar

Dieser Bericht steht unter einer Creative Commons BY-SA 4.0 Lizenz (Attribution, Share Alike).
Weitere Informationen finden sich unter <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Zusammenfassung | 7 |
| Résumé | |
| 1. Ausgangslage | 12 |
| 1.1 Gegenstand und Ziel des Berichts | 12 |
| 1.2 Abgrenzung | 13 |
| 1.3 Methodik | 13 |
| 2. Einleitung | 14 |
| 2.1 Digitalisierung im Bauwesen und in der Gebäudetechnik | 16 |
| 2.2 Übersicht Akteure und Beziehungen: Digitalisierung in der Gebäudetechnik | 18 |
| 3. Grundlagen zu diesem Bericht | 21 |
| 3.1 Experteninterviews | 21 |
| 3.2 Umfrage | 22 |
| 3.2.1 Auswertung der Resultate | 22 |
| 3.2.2 Zusammenfassung der Umfrageergebnisse | 28 |
| 4. Digitalisierung in der strategischen Planung und in Vorstudien (SIA-Phasen 1 & 2) . | 30 |
| 4.1 Stand heute | 31 |
| 4.2 Mögliche künftige Entwicklungen | 33 |
| 4.3 Chancen und Risiken | 34 |
| 4.4 Akteure in der Schweiz | 35 |
| 4.5 Best Practice | 35 |
| 4.5.1 Sonnendach.ch | 36 |
| 4.5.2 Solarrechner Installationsfirmen | 36 |
| 5. Digitalisierung in der Projektierung (SIA-Phase 3) | 37 |
| 5.1 BIM-Methode..... | 37 |
| 5.1.1 Was ist BIM | 38 |
| 5.1.2 Methoden und Standards zum Datenaustausch..... | 41 |
| 5.2 Stand heute | 42 |
| 5.3 Mögliche künftige Entwicklungen | 43 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.4 | Chancen und Risiken | 43 |
| 5.5 | Akteure in der Schweiz und international..... | 45 |
| 5.5.1 | Standardisierung | 45 |
| 5.5.2 | Aus- und Weiterbildung..... | 48 |
| 5.6 | Best Practice | 49 |
| 6. | Digitalisierung in der Ausschreibung (SIA-Phase 4) und Realisierung (SIA-Phase 5) | 50 |
| 6.1 | Stand heute | 50 |
| 6.2 | Mögliche künftige Entwicklungen | 51 |
| 6.2.1 | Ausschreibungen | 51 |
| 6.2.2 | Baumethoden..... | 51 |
| 6.3 | Chancen und Risiken | 52 |
| 6.4 | Best Practice | 53 |
| 7. | Digitalisierung in der Bewirtschaftung (SIA-Phase 6) | 54 |
| 7.1 | Stand heute | 54 |
| 7.2 | Technologien..... | 54 |
| 7.2.1 | Vernetzte Geräte (Internet of Things IoT) | 54 |
| 7.2.2 | Linked Data und Visualisierungen | 56 |
| 7.2.3 | Kommunikation und Schnittstellen..... | 57 |
| 7.2.4 | Methoden | 58 |
| 7.3 | Anwendungen und neue Geschäftsmodelle | 59 |
| 7.3.1 | Energiemanagement: Sicht des Energieversorgers und des Netzdienstleisters (Smart Grid) | 59 |
| 7.3.2 | Vorausschauende Instandhaltung | 60 |
| 7.3.3 | Eigenverbrauchsoptimierung und P2P (peer to peer) -Transaktionen | 61 |
| 7.4 | Chancen und Risiken | 62 |
| 7.5 | Best Practice | 63 |
| 8. | Datensicherheit und Datenschutz | 64 |
| 8.1 | Sicherheit | 64 |
| 8.2 | Dateneigentum und Zugriff | 65 |
| 8.3 | Lebensdauer und Aufbewahrung von Daten | 65 |
| 9. | Schlussfolgerungen..... | 67 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Literaturverzeichnis | 69 |
| Abbildungsverzeichnis | 75 |
| Anhang | 77 |
| 1. Experteninterviews | 77 |

Zusammenfassung

Digitalisierung gewinnt in allen Lebensbereichen laufend an Bedeutung. Dieser Bericht gibt einen Überblick über die Digitalisierung in der Gebäudetechnik. Der Begriff Gebäudetechnik umfasst in diesem Bericht die Bereiche Heizungsbau, Klima- und Lüftungstechnik, Sanitär sowie elektrotechnische Anlagen, die ein Teil von Gebäuden sind.

Im Hinblick auf die Klimakrise wird die **interdisziplinäre Betrachtung von Bauprojekten** immer wichtiger. Nur so kann die notwendige Energieverbrauchsreduktion und der effiziente Einsatz von erneuerbaren Energien sichergestellt werden. Digitale Werkzeuge und Vorgehensweisen wie die BIM-Methode können dabei entscheidend helfen. Die Integration von neuen erneuerbaren Energien kann auf Ebene der Gebäudetechnik mit digitalen Hilfsmitteln effizienter gestaltet werden, da sich die Möglichkeit bietet, Stromproduktion und -nachfrage sehr lokal aufeinander abzustimmen. Dies bedingt das flexible Zusammenspiel von elektrotechnischen Anlagen und HLKS (Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär).

In Gesprächen und Diskussionsrunden mit Experten wurden die Chancen, die Risiken und die Herausforderungen der Digitalisierung in diesem Bereich, erörtert. Anschliessend wurde unter den Mitgliedern der beiden Verbände sisetec (Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband) und Swissolar (Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie) eine Umfrage gemacht. Dabei wurde festgestellt, dass die Baubranche im Vergleich zu anderen Branchen (noch) wenig digitale Methoden und Geräte verwendet. Auch im Gebäudetechnikbereich bieten sich noch viele Möglichkeiten, Digitalisierung anzuwenden. Dies bedingt jedoch die stärkere Verbreitung einer interdisziplinären Herangehensweise.

Auf Basis der Experteninterviews und der Umfrage haben die Autoren anschliessend untersucht, wie sich Digitalisierung in den verschiedenen SIA-Phasen eines Bauprojektes auswirkt:

- In der **strategischen Planung und in den Vorstudien** werden grundlegende Weichen für ein Bauprojekt erstellt. Digitalisierung spielt insbesondere dort eine Rolle, wo Daten zur Umgebung gesammelt werden und visualisiert werden. Zum Beispiel können heute sehr viele Informationen den öffentlichen Geoinformationssystemen entnommen werden, die Einfluss auf ein Bauprojekt und damit auch auf die Gebäudetechnik haben können (z.B. Angaben über die Luftqualität, über die Lärmbelastung etc.). Digitalisierung und die Verwertung von Daten tragen hier zu fundamentalen Weichenstellungen bei. Es gilt die vorhandenen Daten gezielt für Vorstudien, auch vor dem Hintergrund Raum, Umwelt und Klima einzusetzen.
- In der **Projektierung** gewinnt die BIM-Methode (Building Information Modelling) an Bedeutung. Die BIM-Methode wird meist über die gesamte Projektphase angewandt. Dabei werden die Daten eines Bauprojektes zentral gelagert und dargestellt, sodass eine einfachere Koordination zwischen den einzelnen Planern (z.B. Gebäudetechnik-, Elektroplaner etc.) möglich wird. Vor allem bei grossen Bauprojekten werden derzeit die Vorteile dieser Methode genutzt. Deren Anwendung bedingt aber kompatible digitale Schnittstellen, an

deren Normierung auch in internationalen Gremien gearbeitet wird. Auch Visualisierungen spielen in der Projektierung eine Rolle, möglicherweise werden dazu künftig auch vermehrt Technologien wie Augmented und Virtual Reality zum Einsatz kommen. Die bessere Koordination, die durch die BIM-Methode ermöglicht wird, kann auch zu einer besseren Abstimmung von HLKS und Elektroinstallation führen, was nebst einer effizienteren Arbeitsweise auch zu einer besseren Nutzung von erneuerbaren Energien führen kann.

- Während der **Ausschreibungs- und Realisierungsphase** kommen neben der BIM-Methode auch andere Aspekte der Digitalisierung zum Einsatz. So kann die Sicherheit der Baustelle per Videoüberwachung und mit Drohneneinsatz aus der Ferne überwacht werden. Lieferketten können per RFID-Chips eingehalten und kontrolliert werden. Vereinzelt kommen auch neue Baumethoden z.B. mit Robotern und per 3D-Druck zum Einsatz. Die Kommunikation mit digitalen Hilfsmitteln zwischen den verschiedenen am Projekt Beteiligten gewinnt immer mehr an Bedeutung. So werden Termine koordiniert, Sitzungen organisiert und wichtige Informationen an die Zuständigen weitergegeben.
- Ist ein Gebäude fertig gebaut, fängt die **Bewirtschaftungsphase** an. Hier spielen vernetzte Geräte (Internet of things) eine immer wichtigere Rolle in der Gebäudetechnik. Ein Hindernis bildet dabei derzeit das Abstimmen der Schnittstellen zwischen den einzelnen Geräten. Hier gilt es über digitale, plattformbasierte Ansätze die Integration der Systeme voranzutreiben. Dies ermöglicht das optimale Zusammenspiel zwischen Stromproduktion (z.B. Photovoltaik) und lokalem Verbrauch.
- Schliesslich sind die **Datensicherheit und der Datenschutz** Themen, die über alle Projektphasen, Hierarchiestufen und über alle Anwendungen eine sehr wichtige Rolle spielen und immer berücksichtigt werden sollten.

Für die Gebäudetechnikbranche mit ihren meist sehr kleinen Betrieben ist die Weiterentwicklung der Digitalisierung eine grosse Herausforderung. Oft wird dabei übersehen, dass es „nur“ darum geht, heutige analoge Prozesse in der digitalen Welt abzubilden und Intelligenz richtig zu vernetzen. Eine offene und neugierige Haltung kann helfen, sinnvolle von weniger sinnvollen Anwendungen zu unterscheiden und die digitale Transformation als Chance zu nutzen.

Die Verbände können mit Informationen, Weiterbildungsangeboten und Mitarbeit bei der Standardisierung die Branche unterstützen, aber es liegt auch in der Verantwortung jedes einzelnen Unternehmens, die digitale Transformation mitzugestalten. Denn sie kommt sowieso.

Résumé

La numérisation gagne sans cesse en importance dans tous les domaines de la vie. Le présent rapport fournit un aperçu de la numérisation dans le secteur de la technique du bâtiment. Au sens de ce document, celle-ci englobe les installations de chauffage, la technique de climatisation et de ventilation, ainsi que les installations sanitaires et électrotechniques intégrées aux bâtiments.

Dans le contexte de la crise climatique, adopter des **approches interdisciplinaires pour les projets de construction** devient de plus en plus important. Elles seules sont capables de garantir la réduction requise de la consommation d'énergie et l'exploitation efficace des énergies renouvelables. La mise à contribution d'instruments et de procédures numériques telles que la méthode BIM peut s'avérer décisive à cet égard. Les outils numériques permettent une intégration plus efficace des nouvelles énergies renouvelables dans la technique du bâtiment. En effet, ils offrent la possibilité d'harmoniser la production et la demande d'électricité à un niveau très local, à condition que l'interaction entre les installations électriques et les CVCS (chauffage, ventilation, climatisation, sanitaire) soit fluide.

Les opportunités, risques et défis de la numérisation dans ce domaine ont été discutés dans le cadre d'entretiens et de colloques entre spécialistes. Un sondage a ensuite été réalisé parmi les membres des deux associations suissetec (Association suisse et liechtensteinoise de la technique du bâtiment) et Swissolar (Association suisse des professionnels de l'énergie solaire). On a pu constater que jusqu'ici, le secteur du bâtiment adopte les méthodes et dispositifs numériques moins volontiers que d'autres industries. Dans la technique du bâtiment, les applications possibles du numérique sont nombreuses, mais il faut avant tout que les approches interdisciplinaires se généralisent.

En se basant sur les entretiens avec les experts et les résultats du sondage, les auteurs ont ensuite analysé l'effet de la numérisation dans les différentes phases SIA d'un projet de construction :

- La **définition des objectifs et les études préliminaires** permettent de déterminer les fondements essentiels d'un projet de construction. La numérisation joue un rôle dans les démarches de collecte et de visualisation des données du terrain. Il est aujourd'hui possible d'avoir recours aux systèmes de géo-information publics pour obtenir un grand nombre d'informations susceptibles d'influencer un projet de construction et donc aussi la technique du bâtiment (par ex. des données sur la qualité de l'air, la pollution sonore, etc.). La numérisation et la valorisation de ces données contribuent ainsi à la définition d'objectifs fondamentaux. Il s'agit donc d'utiliser les données disponibles de manière ciblée pour établir les études préliminaires tout en tenant compte des facteurs espace, environnement et climat.
- La méthode BIM (« Building Information Modelling ») gagne en importance pendant la phase **Étude du projet**. Le plus souvent appliquée sur l'ensemble de cette phase du projet, elle permet de centraliser le stockage et la représentation des données d'un projet de construction, simplifiant ainsi la coordination entre les différents planificateurs (par ex. technicien du bâtiment, concepteur électrique, etc.). Actuellement, les avantages de cette

méthode bénéficient surtout aux grands projets de construction. Or, son application requiert des interfaces numériques compatibles dont la normalisation fait également l'objet d'efforts concertés des organes internationaux. Les visualisations jouent également leur rôle pour l'étude du projet, et il est envisageable que les technologies de réalité augmentée ou virtuelle investissent ce domaine. La coordination améliorée grâce à l'application de la méthode BIM permet aussi de mieux harmoniser l'interaction entre les CVCS et l'installation électrique et donc d'optimiser l'exploitation des énergies renouvelables, tout en assurant un mode de travail plus efficace.

- S'ajoutant à la méthode BIM, des aspects supplémentaires de la numérisation entrent en jeu durant les phases **d'appel d'offres et de réalisation**. Il est ainsi possible de garantir la sécurité du chantier à distance moyennant la surveillance vidéo et l'emploi de drones. Les chaînes de livraison peuvent être respectées et contrôlées en utilisant des puces RFID. Certains ont également recours aux méthodes de construction novatrices impliquant des robots et l'impression 3D. La communication entre les différents acteurs du projet à l'aide d'instruments numériques revêt une importance sans cesse croissante, car elle permet de coordonner l'agenda, d'organiser des réunions et de transmettre des informations importantes à la personne responsable.
- La **phase d'exploitation** débute une fois le bâtiment achevé. Les appareils connectés en réseau (Internet des Objets) jouent un rôle de plus en plus important dans la technique du bâtiment. Parmi les barrières actuelles figure l'harmonisation des interfaces entre les machines individuelles. Il convient de faire progresser l'intégration des systèmes à travers des approches basées sur les plateformes numériques qui assurent une coordination optimisée entre la production électrique (par ex. photovoltaïque) et la consommation locale.
- Pour finir, **la sécurité et la protection des données** sont des aspects importants dont il faut tenir compte à tout moment et à travers toutes les phases du projet, tous les niveaux hiérarchiques et toutes les applications.

Le développement continu de la numérisation constitue un grand défi pour le secteur technique du bâtiment et ses entreprises pour la plupart très petites. On ignore souvent qu'il s'agit « seulement » de reproduire des processus analogiques actuels dans un univers numérique et d'intégrer correctement l'intelligence au réseau. Un esprit ouvert et curieux peut aider les acteurs concernés à faire la part entre applications utiles et moins utiles et à tirer parti des chances offertes par la transformation numérique.

Les associations peuvent soutenir le secteur en mettant à sa disposition leurs informations, offres de formation continue et contributions à la normalisation. Mais chaque entreprise est elle aussi appelée à prendre part à la transformation numérique, car celle-ci va inévitablement s'imposer.

1. Ausgangslage

In der „Strategie Digitale Schweiz“, die der Bundesrat im September 2018 verabschiedet hat, steht im Kapitel 4.4.2: „Gebäude verfügen über kommunikationstechnische Anbindungen und Steuerungen, sodass sie auf den Bedarf aus der Energiewirtschaft reagieren können.“, siehe „Strategie Digitale Schweiz“ [1]. Somit ist die Digitalisierung der Gebäudetechnik Teil der politischen Strategie der Schweiz.

Aus der Strategie, die übergeordnete Ziele beinhaltet, wurde ein Aktionsplan entwickelt. In diesem steht im Abschnitt „Digitaler Gebäudemodellstandard“, dass der Bund und alle bundesnahen Betriebe ab 2021 verpflichtend auf die BIM-Methode (Building Information Modeling) setzen werden. Zudem wurden erhebliche Forschungsgelder für die Weiterentwicklung der BIM-Methode gesprochen, siehe „Aktionsplan Digitale Schweiz“ [2].

Aufgrund dieser klaren Vorgaben des Bundes muss sich auch die Gebäudetechnikbranche mit diesen Themen auseinandersetzen.

1.1 Gegenstand und Ziel des Berichts

Dieser Bericht ist eine Orientierungshilfe im Dschungel aktueller Entwicklungen und Trends und schafft eine Übersicht ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Die Verbände suissetec und Swissolar möchten ihre Mitglieder bei diesen Entwicklungen begleiten und unterstützen. Bei den Mitgliedern der beiden Verbände handelt es sich grösstenteils um kleine und mittlere Unternehmen, die im Bereich Gebäudetechnik und Solarenergie tätig sind. Der Bericht soll zeigen, wo Chancen und Risiken liegen. Er soll zum Handeln motivieren und aufzeigen, wie Chancen bestmöglich genutzt werden können, welche Hürden zu überwinden sind und welches zurzeit die wichtigsten Akteure in der Schweiz sind. Es wird aber auch allfälliger Weiterbildungs- und Handlungsbedarf, und dadurch entstehende Fragestellungen für weiterführende Arbeiten identifiziert.

Nachgelagerte Arbeiten (Untersuchung, Studie) können eine Orientierungshilfe für Gebäudetechnik- und Solarfirmen, Energieversorger, Investoren und Behörden im sich rasant entwickelnden Umfeld bieten.

Mit dieser Studie sollen insbesondere folgende Ziele verfolgt werden:

- Vorhandene Barrieren und Probleme für eine weitergehende Verbreitung der Digitalisierung im Gebäudetechnikbereich aufzeigen; Systembrüche identifizieren.
- Konkrete Ansätze für das Zusammenführen proprietärer Lösungen vorlegen.
- Übersicht über die aktuell verfügbaren digitalen Anwendungen (Produkte, Systeme, Standards und Prozesse) in der Gebäudetechnik sowie Best Practice aufzeigen, relevante Akteure und Lösungen identifizieren.
- Fragestellungen für weiterführende Arbeiten an Fachhochschulen formulieren.
- Bedarf für Weiterbildungsangebote eruieren.
- Handlungsempfehlungen für die betroffenen Branchen formulieren.

1.2 Abgrenzung

Digitalisierung greift in alle Unternehmensbereiche ein, nicht nur unterstützend, sondern als integraler Bestandteil jeglichen unternehmerischen Handelns. Dies macht die Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands nicht ganz einfach. Bewusst ausgeklammert wurde die Digitalisierung der betrieblichen Abläufe innerhalb der Firmen. Im Fokus steht die Digitalisierung der Gebäudetechnik, ausserhalb der Schweiz auch mit „Technische Gebäudeausrüstung (TGA)“ bezeichnet. Darunter fallen die Bereiche Heizungsbau, Klima- und Lüftungstechnik, Sanitär (HLKS) sowie elektrotechnische Anlagen. Für den weiteren Ausbau der Solarenergie (Photovoltaik und Solarthermie) ist die integrale Betrachtung im Rahmen der Gebäudetechnik von zentraler Bedeutung, damit ein intelligentes Zusammenspiel zwischen der variierenden Produktion und dem Verbrauch stattfindet. Digitalisierung kann dieses Zusammenspiel erleichtern.

Nur am Rand untersucht wird die Digitalisierung im Strombereich in Verbindung mit dem öffentlichen Stromnetz. Diese Thematik tangiert den Bau von Photovoltaikanlagen stark, z.B. mit neuen Geschäftsmodellen zum Verkauf des dezentral produzierten Stroms in Kombination mit dem Einsatz von Smart Meter. Damit beschäftigt sich unter anderem ein Bericht des Verbands Solar Power Europe von 2017 [3] sowie der BFE-Bericht „Digitalisierung im Energiesektor“ [4]. Weitere Informationen zur Digitalisierung im Strombereich finden sich auch beim Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen [5].

Dieser Bericht hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit und geht nur exemplarisch auf konkrete Beispiele ein.

1.3 Methodik

In diesem Bericht wird die Digitalisierung in der Baubranche anhand der SIA-Leistungsphasen für Bauprojekte verfolgt, SIA [6]. Für jede Phase wird die IST-Situation beschrieben, mögliche künftige Entwicklungen werden thematisiert und weiterführende Handlungsvorschläge gegeben.

Zur Ausarbeitung dieses Berichtes wurde zunächst eine Recherche durchgeführt (Literatur, Präsentationen, Studien, Berichte etc.). Anschliessend wurden Experten zum Thema befragt um den Themenbereich einzugrenzen (siehe auch Kapitel 3.1 und Anhang 1). Danach wurde eine Umfrage unter Unternehmen, die im Bereich Gebäudetechnik tätig sind (Mitglieder von Swissolar und suissetec), gemacht und ausgewertet (siehe Kapitel 3.2). Auf dieser Basis wurde von Swissolar ein erster Entwurf dieses Berichtes erarbeitet, der den zu Beginn befragten Experten nochmals zur Prüfung vorgelegt wurde. Schliesslich wurde die vorliegende Fassung fertiggestellt.

2. Einleitung

Die Welt befindet sich in einer weitreichenden Umbruchphase. Durch die schnelle Verbreitung von digitalen Werkzeugen werden viele Branchen auf den Kopf gestellt, bestehende Geschäftsmodelle werden durch neue Möglichkeiten verdrängt und sind nicht mehr überlebensfähig.

Nachdem die digitale Fotografie die klassische in die Nische gedrängt hat, die Musikindustrie ihre Einnahmen mit Streaming-Diensten teilen muss, werden nach und nach andere Branchen von dieser Revolution erfasst. So ist heute ein direkter Handel ohne externen Finanzdienstleister mit Abrechnung zwischen Partnern möglich. Teilen löst das Besitzen ab und optimiert so Ressourcen, z.B. durch Carsharing. Mit sozialen Medien und Datenanalysen lassen sich genaue Profile der Nutzerinnen und Nutzer erstellen und massgeschneiderte Werbung verkaufen, was die Einnahmen von klassischen Verlagen in den letzten Jahren zum Schmelzen brachte. Digitale Medienangebote verdrängen mehr und mehr klassische Medien. Mit etwas Verzögerung sind nun auch die Bau- und die Energiebranche von diesem Wandel betroffen.

Die Frage, was alles unter Digitalisierung verstanden wird, lässt sich nicht immer sehr klar beantworten. In diesem Bericht wird vor allem auf die BIM-Methode eingegangen und die Bereiche betrachtet, die von der „Digitalisation Task Force“ von Solar Power Europe eingeschlossen wurden, siehe S. Dunlop [3]. Eine Übersicht über die betrachteten Themen ist in Abbildung 1 ersichtlich.



Abbildung 1: Was ist Digitalisierung?

Innerhalb der Bevölkerung bzw. Branchen und Unternehmen in Industriestaaten gibt es gewaltige Unterschiede, was die Digitalisierung betrifft. Während in der Maschinenindustrie Modellierung und Simulation schon seit mehreren Jahrzehnten Standard sind, kommt diese Arbeitsweise nun langsam auch in der Bauwirtschaft an (z.B. Building Information Modeling - BIM). Teile der Bauwirtschaft sind bereits vollständig automatisiert, während andere Unternehmen einzig mit weitverbreiteter Software für Bürotätigkeiten arbeiten.

In diesem Umfeld globaler Vernetzung und grosser lokaler Unterschiede ist es wichtig den Überblick nicht zu verlieren und Entwicklungen zu erkennen, die von konkretem Nutzen für alle Beteiligten sein können.

Ziel der Digitalisierung ist oft die Vereinfachung und Automatisierung eines Prozesses durch die Erfassung der relevanten Daten und die Abbildung des Prozesses in der digitalen Welt. Die Prozesse an sich werden dadurch nicht automatisch verbessert, können jedoch auf neue Art und Weise analysiert werden. Wichtig dabei ist, das Ziel eines Prozesses nicht aus den Augen zu verlieren.

Diese Entwicklung bringt viele Veränderungen mit sich:

- Die Möglichkeiten der digitalen Vernetzung von Anwendungen und Datenbanken fördern und erfordern die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Hilfe gemeinsamer Datenmodelle und automatisierter Prozesse.
- Das rechtliche Umfeld, wie Haftung, Sicherheit und Urheberrecht, sowie Besitz der Daten müssen klar geregelt sein.
- Die Projektorganisation, Zuständigkeiten, Schnittstellen und Aufgaben müssen an die digitalen Prozesse angepasst werden (wer erbringt welche Leistung in welcher Phase mit welchen Daten usw.). Die Ungenauigkeit der digitalen Prozesse sollte klar deklariert sein.

Wichtig ist das Bewusstsein, dass auch im Digitalen sich die Interessen aller Beteiligten nicht immer decken. So setzt ein Bauherr, der nach Fertigstellung des Bauwerks dieses verkauft, eher weniger die Priorität auf technische Anlagen, die den Betrieb optimieren. Es ist wichtig, alle Interessen von Anfang an in Betracht zu ziehen um potentielle Konflikte frühzeitig zu erkennen und mögliche Kompromisse zu finden. In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig den Besitz der Daten zu klären. Wem gehört das digitale Modell? Dem Bauherrn? Dem Architekten? Dem Generalunternehmen? Dem Facility Management?

2.1 Digitalisierung im Bauwesen und in der Gebäudetechnik

Auch im Bauwesen und in der Gebäudetechnik spielt die Digitalisierung eine immer grössere Rolle. Einen Einblick, was Digitalisierung in den verschiedenen Phasen eines Bauprojektes bedeuten könnte, ist in der Abbildung 2 aufgeführt.

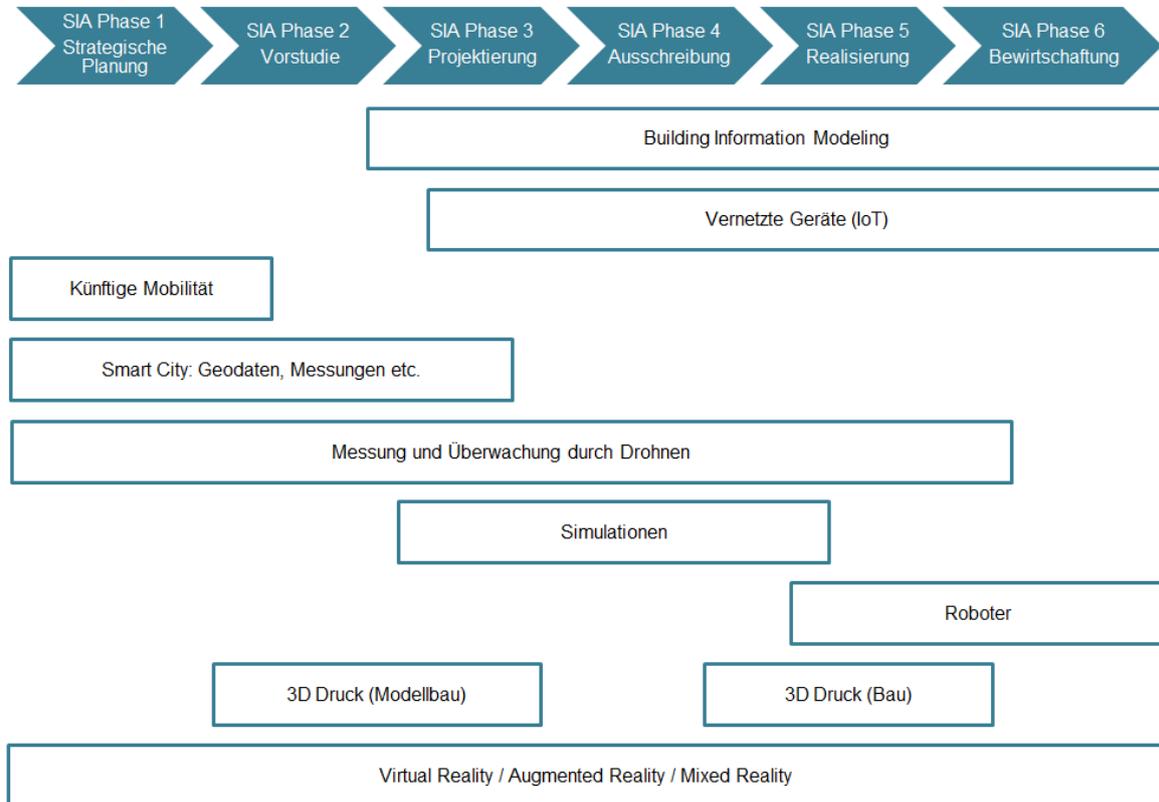


Abbildung 2: Übersicht Digitalisierung in den verschiedenen Projektphasen

Bei der Digitalisierung im Bauwesen geht es häufig darum, bisher isoliert verwendete oder gar nicht erhobene Daten miteinander zu verknüpfen. Die Verwendung räumlicher Daten in der Planung ist mit digitalen Modellen wie CAD schon lange Standard; neu hinzu kommt die Verknüpfung der digitalen Modelle verschiedener Gewerke (z.B. Gebäudetechnikmodell und Architekturmodell), sowie die Verknüpfung der digitalen Modelle mit physischen Geräten und Infrastrukturen über die gesamte Projektdauer (inklusive Betrieb).

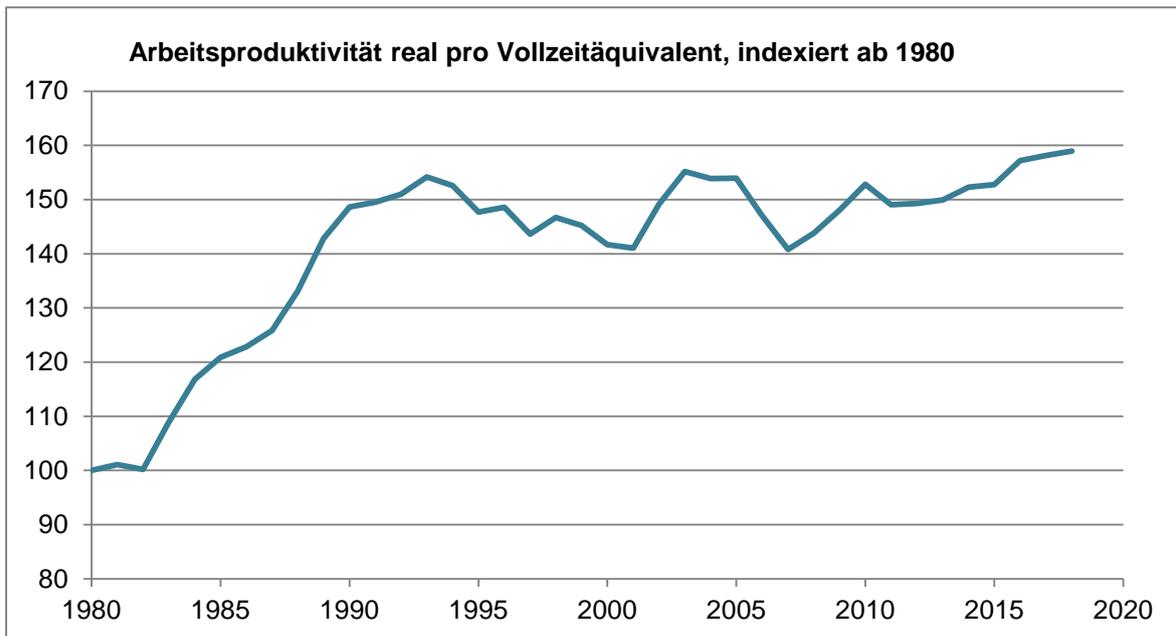


Abbildung 3: Entwicklung der Produktivität im Baugewerbe, Zahlen mit freundlicher Genehmigung des Baumeisterverbands [68], SBV, BAK Basel

Die Baubranche gehört international gesehen zu den Nachzüglern der Digitalisierung, wie in verschiedenen Studien festgestellt wurde, z.B. in der Studie „Imagining construction’s digital future“ von McKinsey [7]. Dies kann, gemäss der Studie von McKinsey, zum Teil erklärt werden durch die Vielseitigkeit der Branche, so lässt sich etwa der Bau einer Staumauer kaum mit dem Bau eines Spitals vergleichen. Bisher könnte dies ein Hemmnis zur Entwicklung von projektübergreifenden Werkzeugen gewesen sein. Die Produktivität der Baubranche stagniert seit etwa 30 Jahren, was unter anderem auf die im Vergleich wenig entwickelte Digitalisierung der Branche zurückgeführt werden kann (siehe Abbildung 3).

Verschiedene Technologiekonzerne haben das Potenzial der Digitalisierung im Gebäudebereich entdeckt und treten als neue Akteure auf:

- Der SoftBank Vision Fund, ein \$100 Milliarden grosser Investitionsfond der Firma Soft-Bank, ist in den letzten Jahren und Monaten berühmt geworden wegen den unzähligen Firmenakquisitionen (u. a. in den Bereichen IoT, Robotik, Telekommunikation, Carsharing, Chip-Hersteller etc.). 2018 wurde unter anderem in das Bauunternehmen Kattera investiert, das den Bauprozess durch integrierte Planung und Konstruktion deutlich beschleunigen will – bis hin zum Innendesign und der Anlieferung der Elemente an einem Fließband, siehe Loizos [8].
- Google hat 2014 den Thermostat- und Rauchmeldehersteller Nest Labs gekauft. Der Konzern errichtet 10'000 Wohneinheiten in der Nähe seines neuen Firmensitzes in Mountain View errichten, siehe FAZ [9]
- Facebook baut einen ganzen Stadtteil neben der Erweiterung des Firmensitzes in Menlo Park, siehe Facebook [10]

- Acre aus Mountain View bietet schlüsselfertige Häuser mit kompletter Einbauküche, Solarenergieversorgung, integrierten Thermostat-Kontrolleinheiten, Heimbatterie, Audioanlage, smarten Türschlössern, integrierter Internetanbindung etc. ab 675'000 Dollar an. Der Aufbau soll nur wenige Tage dauern, verspricht der Anbieter. Die Digitaltechnik wäre beim Hausbau nicht mehr Zusatzoption, sondern von Anfang an integrierter Bestandteil, siehe Acre [11].
- Selbst die Plattform Airbnb aus San Francisco wartet nicht mehr auf die Bauindustrie, sondern zieht in Zusammenarbeit mit Immobilienentwicklern eigene Airbnb-Appartementanlagen hoch, siehe Shaban [12]

2.2 Übersicht Akteure und Beziehungen: Digitalisierung in der Gebäudetechnik

Ein erster Einblick (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) in die verschiedenen Interessengruppen, deren Chancen und Risiken, sowie deren Beziehungen ist in der Abbildung 4 ersichtlich.

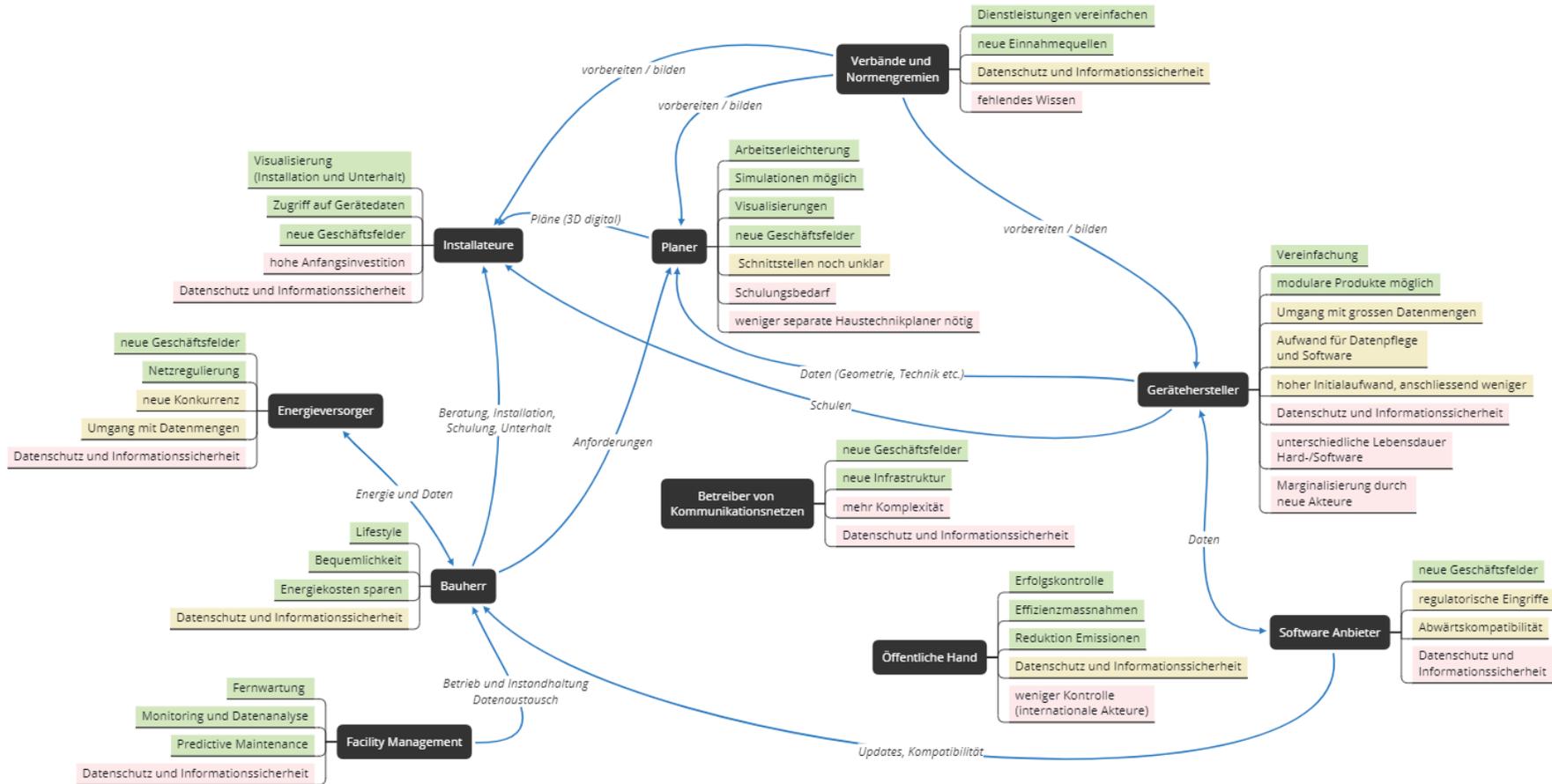


Abbildung 4: Übersicht der verschiedenen Interessengruppen, in grün Chancen, in gelb Chance und/oder Risiko, in rot Risiken

Aus der Übersicht in Abbildung 4 kann auf folgende Erkenntnisse geschlossen werden:

- Für die meisten Akteure entstehen neue Geschäftsfelder, Gebäudetechnikplaner können neue Dienstleistungen im Bereich der Visualisierung und Simulation (z.B. CFD, thermodynamische Simulationen etc.) anbieten, Installateure können weitergehende Überwachungs- und Wartungsdienstleistungen anbieten und Optimierungen durchführen. Betreiber von Kommunikationsnetzen können neue Kommunikationstechniken (z.B. LoRaWan) einsetzen. Für Energieversorger entsteht durch die Zunahme von erneuerbaren Energien und durch die Digitalisierung eine Vielzahl an neuen möglichen Geschäftsmodellen (z.B. Demand Response, Vehicle-to-Grid, Peer-to-Peer-Energiehandel, etc.). Softwareanbieter finden neue Anwendungsmöglichkeiten für bestehende Plattformen (z.B. Thermostatsteuerung über Amazon Echo etc.) und entwickeln neue Plattformen. Gerätehersteller können vermehrt auch in die Überwachung und Wartung ihrer Geräte eingreifen, zudem bietet sich ihnen die Möglichkeit von genauen Datenanalysen.
- Bisherige Berufsbilder werden sich beträchtlich ändern. Die bisherigen Aufgaben von Gebäudetechnik-Planern können z.B. teilweise automatisiert und dadurch vom Architekten übernommen werden. Für Planer und Installateure von Gebäudetechnikanlagen ist es deshalb sehr wichtig sich im Bereich der Digitalisierung in der Gebäudetechnik zu informieren und weiterzubilden.
- Zwischen den meisten Akteuren werden Daten ausgetauscht, das bedeutet auch, dass ein grosses Bedürfnis an harmonisierten Schnittstellen besteht und dass Techniken (Protokolle, BUS-Systeme etc.) der Datenübertragung bestehen müssen.
- Die Harmonisierung von Schnittstellen erfordert die Zusammenarbeit der verschiedenen Interessenvertreter, damit sichere, einfache und praktikable Lösungen erarbeitet werden können, die auch die Interessen der Nutzer berücksichtigt.

3. Grundlagen zu diesem Bericht

Als Grundlage für diesen Bericht dienen Erfahrungen aus der Gebäudetechnik-Branche. Es wurde sowohl der derzeitige Stand der Digitalisierung ermittelt, als auch versucht künftige Entwicklungen zu identifizieren und deren mögliche Auswirkungen einzuschätzen. Dazu wurde zunächst Experten zum Thema befragt und auf diesen Erkenntnissen aufbauend eine Umfrage in der Branche durchgeführt.

3.1 Experteninterviews

Im Zeitraum von August bis September 2018 wurden Gespräche mit 14 Experten auf dem Gebiet der Digitalisierung geführt. Der Schwerpunkt dieser Gespräche war das Thema Building Information Modeling (BIM). Die wichtigsten Erkenntnisse aus den Experteninterviews sind:

- Derzeit gibt es noch mangelndes Wissen über die Anwendung von digitalen Hilfsmitteln, aber auch über neue Technologien wie z.B. Heimspeicher, Solaranlagen und Autoladestationen unter allen Akteuren.
- Die bestehenden BIM-Lösungen sind noch nicht ausgereift (es fehlen Daten, z.B. technische Angaben oder Energiedaten und Simulationsdaten), oder es fehlen Schnittstellen, die eine Vernetzung verschiedener Produkte erlauben.
- Offene Lösungen werden von allen Akteuren begrüßt und als wichtige Basis für eine weitergehende Digitalisierung gesehen.
- Schnittstellen zur Datenübergabe und Datenformate müssen noch geklärt werden (Normierung und Standardisierung), hier ist es oft sinnvoller auf internationale Standards zu setzen und diese mitzugestalten, statt eigene Normen zu entwickeln.
- Ein grundlegendes Problem ist der Unterschied in der Lebensdauer zwischen digitalen Systemen (ca. 2 bis 10 Jahren) und der Gebäudetechnik, die für 20 bis 30 Jahre gebaut wird.
- Aus Kundensicht sollte die Gebäudetechnik einfach funktionieren, ohne dass für die Endnutzer ein Aufwand entsteht. Dies bedingt einfach zu bedienende Lösungen.
- Es sollte geklärt werden, zu welchem Zeitpunkt welche Daten benötigt werden.
- Der Datenschutz und die Datensicherheit sollten immer berücksichtigt werden. Ebenso ist es wichtig zu klären wem die Daten gehören.
- Digitalisierung sollte schon in der Stadtplanung Teil einer Zukunftsvision sein (z.B. E-Mobilität, Speicher etc.) und nicht erst nur in der Gebäudetechnik berücksichtigt wird.
- Erweiterungen und Vernetzungen z.B. für Kostenkalkulationen (z.B. NPK bei Ausschreibungen) oder Life Cycle Assessment etc. existieren derzeit noch zu wenig.

Eine Zusammenfassung der einzelnen Interviews befindet sich in Anhang 1.

3.2 Umfrage

Im September/Oktober 2018 wurden die Mitglieder von suissetec und Swissolar eingeladen, an einer Online-Befragung teilzunehmen. 145 Firmen haben sich beteiligt. Davon sind 64 % Kleinunternehmen mit weniger als 10 Mitarbeitern, 26 % sind kleine und mittlere Unternehmen mit zwischen 10 und 249 Mitarbeitern. Die restlichen 10% sind grosse Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern.

Alle Sprachregionen waren in etwa gemäss ihrem Bevölkerungsanteil vertreten.

3.2.1 Auswertung der Resultate

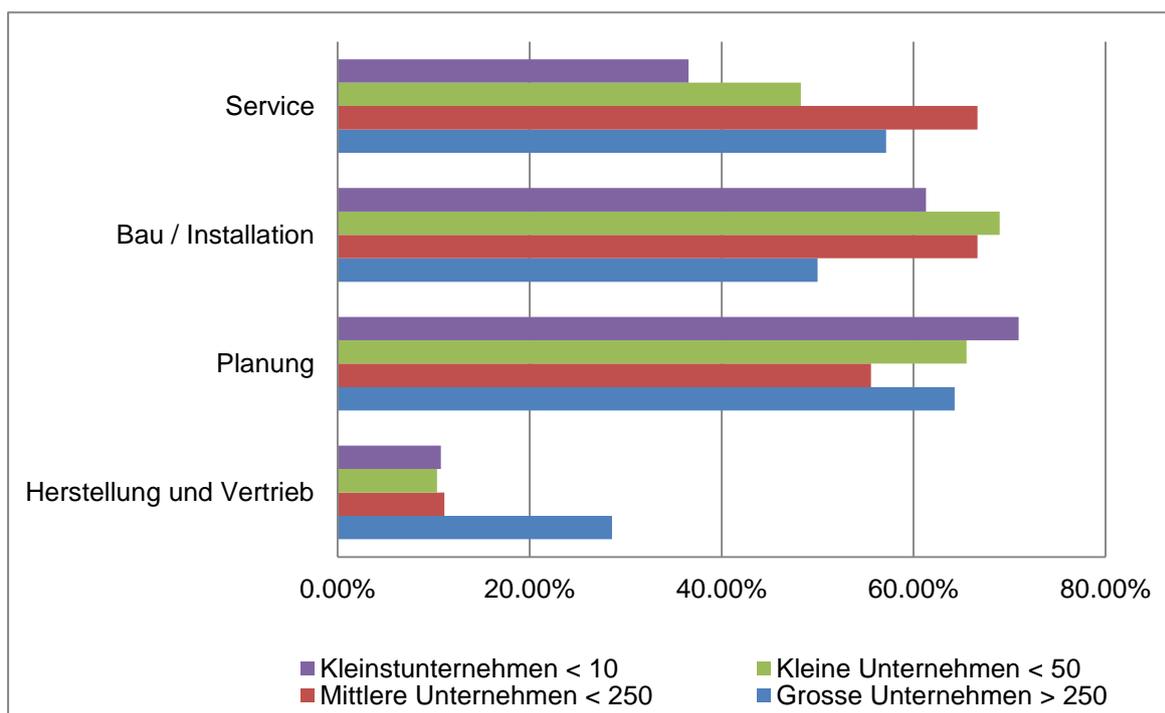


Abbildung 5: In welcher(n) Aktivität(en) ist Ihr Unternehmen tätig? (Mehrfachnennungen möglich) nach Unternehmensgrösse

Kleinstunternehmen sind vor allem in den Bereichen Bau/ Installation und Planung tätig. Hersteller finden sich vor allem unter den Grossunternehmen (siehe auch Abbildung 5).

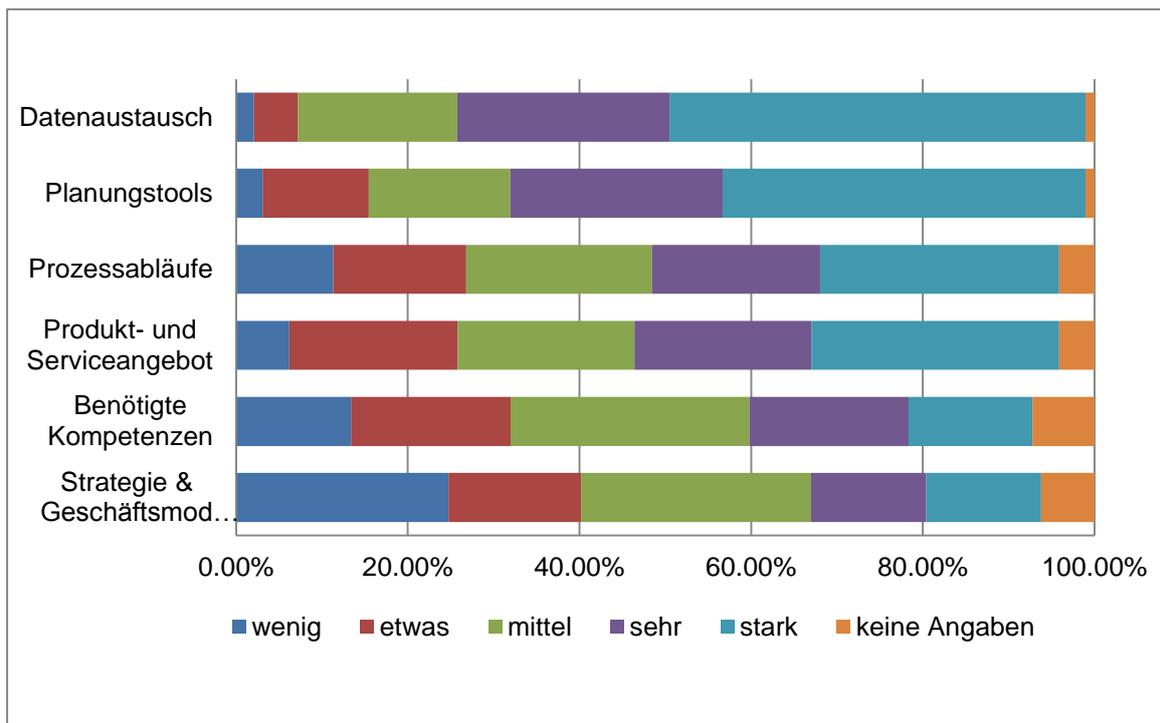


Abbildung 8: Digitalisierung in den Unternehmen: Wie weit sind bei Ihnen die folgenden Sektoren digitalisiert?

Je nach Unternehmensgrösse unterscheidet sich die Digitalisierung von Geschäftsbereichen. So sind in den kleinen Unternehmen (weniger als 50 Mitarbeiter) vor allem die Bereiche Planung und Datenaustausch digitalisiert. Bei grösseren Unternehmen ist auch das Produkt- und Serviceangebot digitalisiert. Eine mögliche Interpretation wäre, dass sich Digitalisierung zuerst in Fachbereichen (z. B. Planung) mit spezialisierten Werkzeugen durchsetzt, später kommen nach und nach weitere Bereiche dazu (z.B. mit ERP – Software).

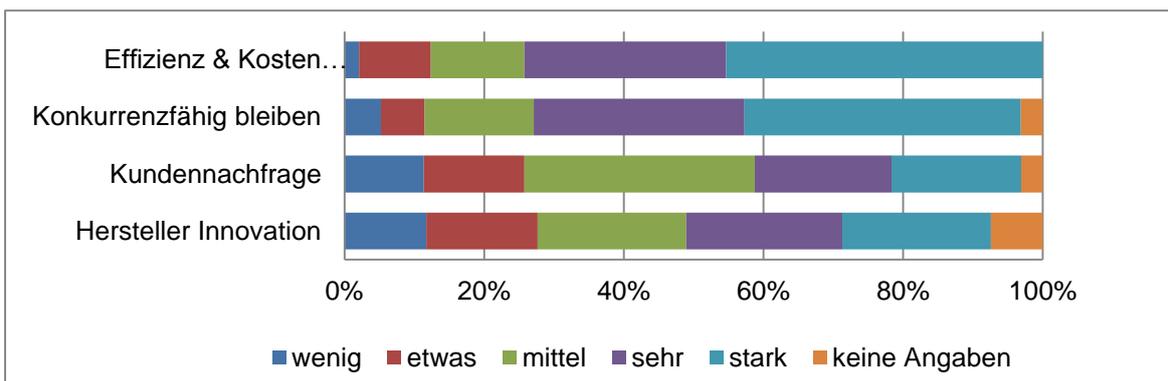


Abbildung 9: Warum bieten Sie digitale Produkte an / nutzen Sie digitale Tools und Prozesse?

Vor allem die Optimierung von Kosten und die Effizienzsteigerung sind ausschlaggebend für den Entscheid digitale Tools und Prozesse zu nutzen oder solche zu verkaufen. Dadurch wird erhofft konkurrenzfähig zu bleiben.

Die Kundennachfrage spielt vor allem bei mittleren und grossen Unternehmen eine Rolle. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass diese Unternehmen vermehrt in der Herstellung und im Handel tätig sind. Dementsprechend spielen Innovationen der Hersteller auch da eine grössere Rolle.

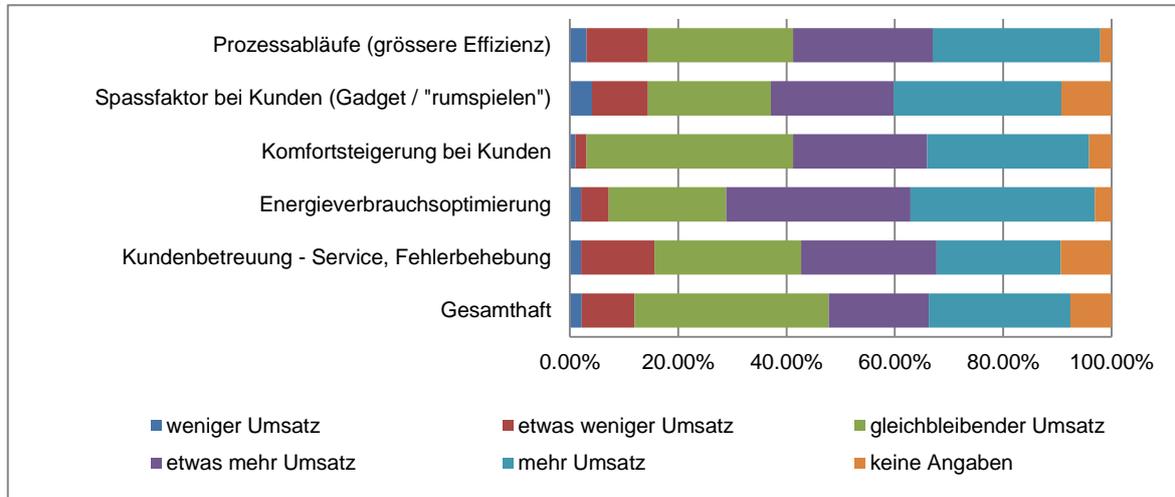


Abbildung 10: Glauben Sie, dass die Digitalisierung der Gebäudetechnik Ihnen mehr oder weniger Umsatz bringen wird? (Nach Geschäftsbereich)

44% der Befragten gehen davon aus, dass zunehmende Digitalisierung mehr Umsatz generieren wird. Nur eine Minderheit von knapp 12% glaubt, dass durch Digitalisierung der Umsatz zurückgehen wird. Mehr Umsatz wird vor allem durch Energieverbrauchsoptimierung und durch den Spassfaktor erwartet. Auch hier unterscheiden sich die grossen Unternehmen stark von den anderen: die grossen Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern erwarten vor allem durch effizientere Prozessabläufe eine Steigerung des Umsatzes. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass solche Prozesse heutzutage meist erst ab einer bestimmten Grösse digitalisiert werden.

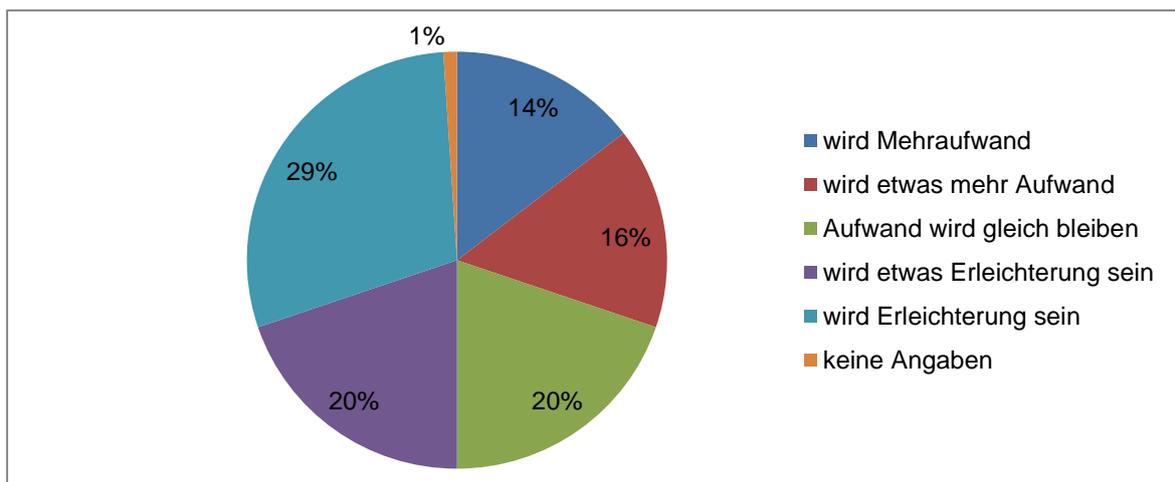


Abbildung 11: Glauben Sie, dass die Digitalisierung bei Ihrer Tätigkeit eine Erleichterung oder Mehraufwand sein wird?

49% erwarten eher eine Erleichterung als einen Mehraufwand durch die Digitalisierung, 30% gehen von einem Mehraufwand aus.

Diese Tendenz gilt vor allem bei den grossen Unternehmen, bei kleinen und Kleinstunternehmen erwartet nicht einmal die Hälfte eine Erleichterung durch Digitalisierung. Dies könnte daran liegen,

dass für kleinere Unternehmen der Einsatz eines neuen Tools oder neuer Prozesse verhältnismässig mit grösserem Aufwand verbunden ist.

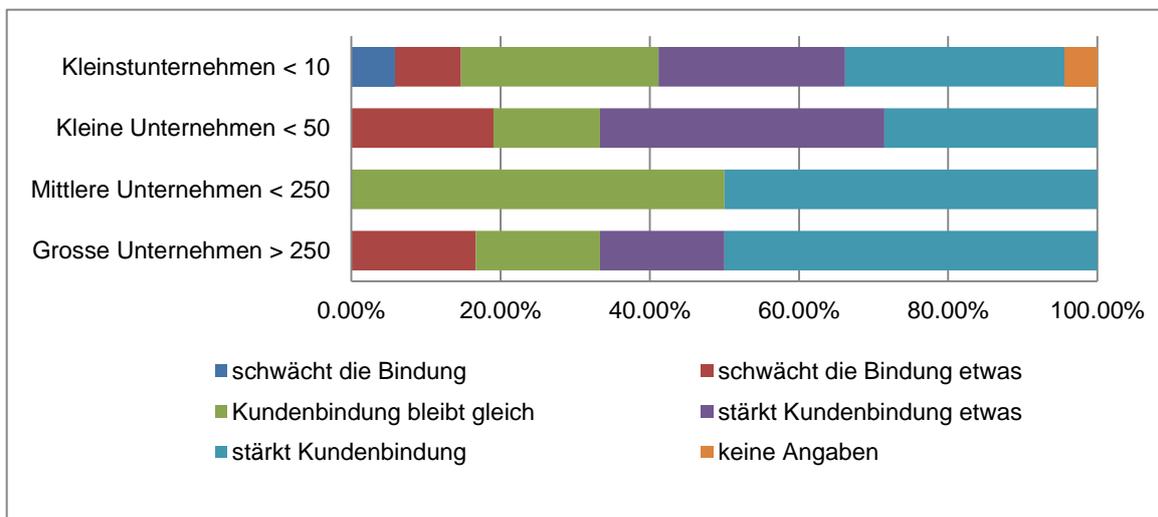


Abbildung 12: Glauben Sie, dass die Digitalisierung der Gebäudetechnik die Bindung zwischen Ihnen und Ihren Kunden stärkt?

Mehr als die Hälfte aller Befragten sieht eine Stärkung der Kundenbindung durch die Digitalisierung, dabei spielt die Grösse der Betriebe keine grössere Rolle, wie der Abbildung 12 zu entnehmen ist.

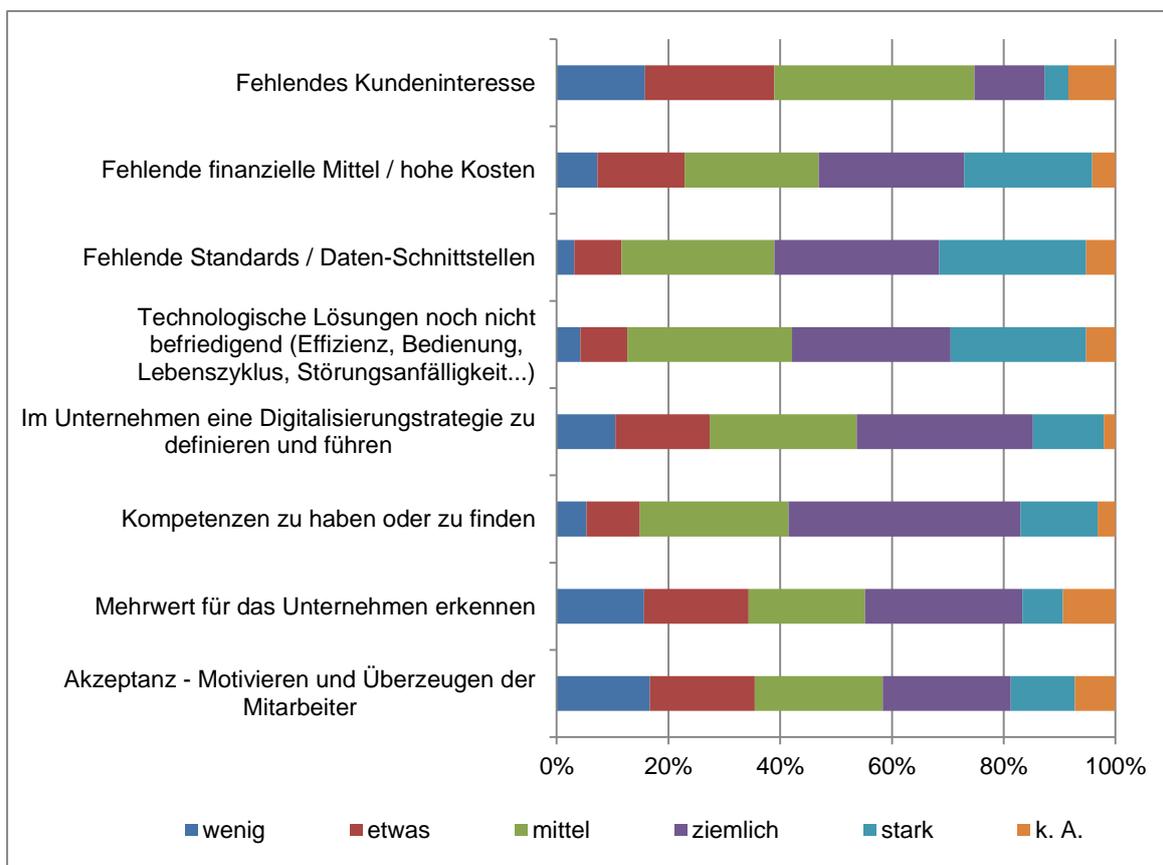


Abbildung 13: Hindernisse der Digitalisierung: Wie weit sind die folgenden Themen eine Hürde für die Digitalisierung?

Als grösste Hindernisse werden fehlende Standards und Datenschnittstellen empfunden, dicht gefolgt von den fehlenden Kompetenzen. Möglicherweise sind bestehende Standards und Schnittstellen auch zu wenig bekannt. Auch als starkes Hindernis gelten unausgereifte technologische Lösungen. Hingegen wird fehlendes Kundeninteresse nicht als grosses Hindernis gesehen. Auch hier überschneiden sich die Antworten von grossen und kleinen Unternehmen.

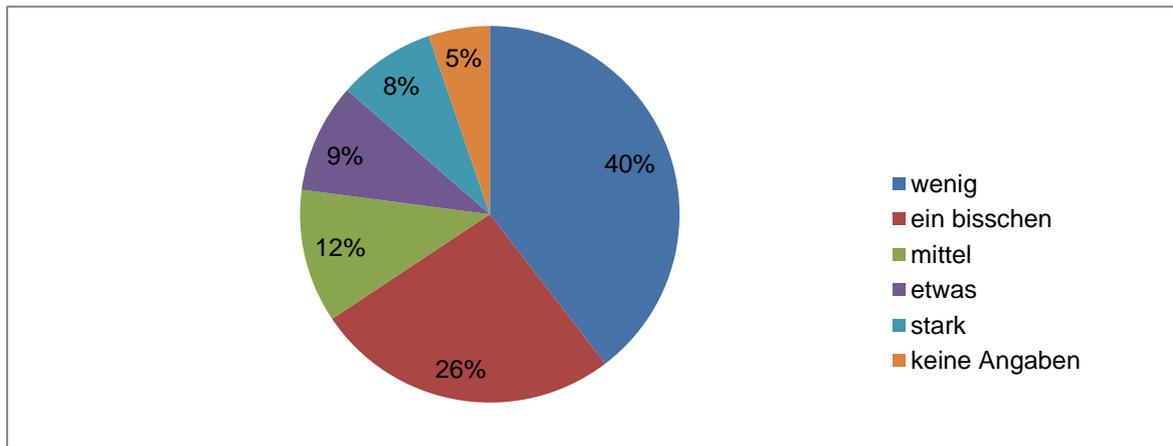


Abbildung 14: Sehen Sie in den neuen Playern (Google, Facebook, Amazon, und kleinere) auf dem Markt eine Konkurrenz?

Neue Player wie Google oder Amazon werden vor allem von grossen Unternehmen als Konkurrenz gesehen. Dies kann damit erklärt werden, dass die grossen Unternehmen ihre eigenen Produkte installieren. Für kleinere Installateure spielt es keine so grosse Rolle, welche grosse Firma hinter dem Produkt steht.

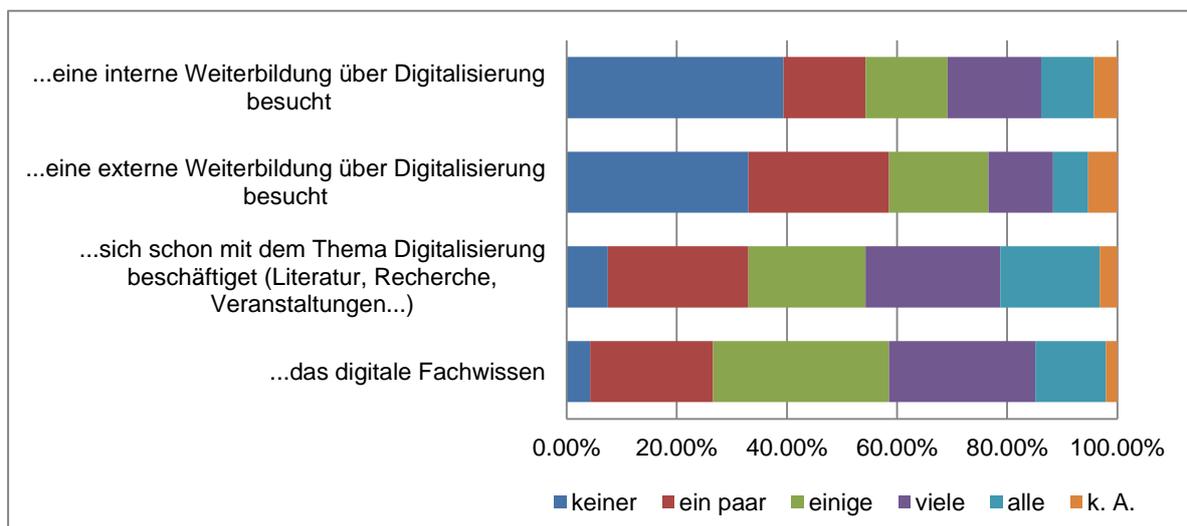


Abbildung 15: Ihre Mitarbeiter haben...

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter gewinnt mit steigender Digitalisierung an Wichtigkeit. Hier zeigt sich, dass noch in wenigen Unternehmen alle Mitarbeiter über entsprechende Weiterbildungen verfügen.

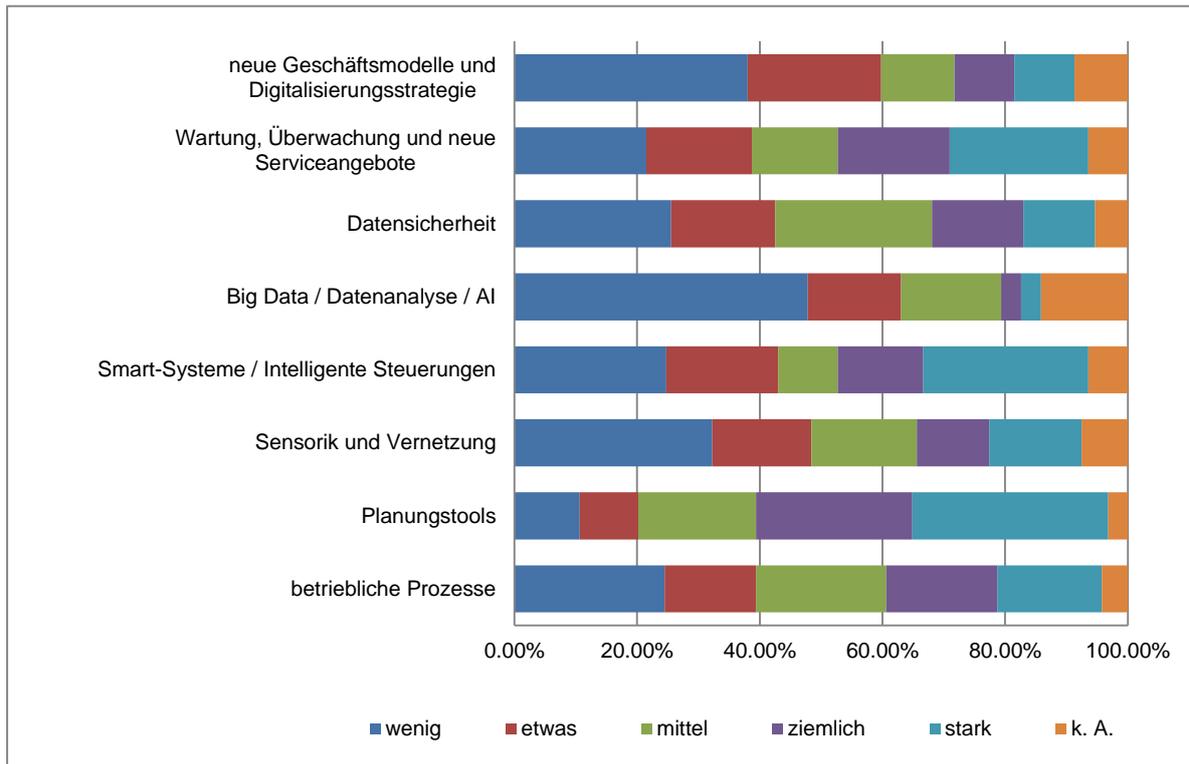


Abbildung 16: In welchen Bereichen haben sich Ihre Mitarbeiter informiert / weitergebildet?

Am meisten wurden Weiterbildungen oder Informationen in den Bereichen Planung und Wartung / Überwachung und Serviceangebote angegeben. Diese Bereiche sind oft bereits digitalisiert oder werden bald digitalisiert werden. So wird in der Planung bei grösseren Bauprojekten immer häufiger die BIM-Methode eingesetzt, die eine digitale Vernetzung verschiedener Gewerke ermöglicht. In der Wartung spielt die Fernüberwachung eine immer wichtigere Rolle.

Bei grossen Unternehmen werden vermehrt Weiterbildungen für betriebliche Prozesse angegeben. Da solche Prozesse, die zur Digitalisierung geeignet sind, vor allem in grossen Unternehmen stattfinden, überrascht dieses Resultat kaum.

Big Data/ Datenanalyse und AI, sowie neue Geschäftsmodelle und Digitalisierungsstrategie werden seltener als Inhalte von Weiterbildungen angegeben.

3.2.2 Zusammenfassung der Umfrageergebnisse

Die Auswertung der Befragung der Mitglieder von suissetec und Swissolar bringt u.a. folgende Erkenntnisse:

- Vor allem die Bereiche Planung und Datenaustausch sind digitalisiert. Bei grösseren Unternehmen spielt Digitalisierung auch für das Produkt- und Serviceangebot eine Rolle.
- Hauptmotivation für Digitalisierung ist die Kostenoptimierung.
- Eine weitergehende Digitalisierung wird tendenziell mit steigendem Umsatz verbunden und stärkt die Kundenbindung.

- Als grösste Hindernisse werden fehlende Standards und Datenschnittstellen empfunden, dicht gefolgt von den fehlenden Kompetenzen. Auch als starkes Hindernis gelten unausgereifte technologische Lösungen.
- Weiterbildungen werden vor allem in den Bereichen Planung und Wartung/ Überwachung und Serviceangebote besucht.
- Im Bereich Elektroinstallation ist eine höhere Digitalisierungsrate als im HLKS-Bereich zu erkennen. Photovoltaik-Installateure sind bereits stark damit konfrontiert. Dies erschliesst sich daraus, dass Swissolar-Mitglieder eine höhere Digitalisierungsrate zeigen als suissetec-Mitglieder. Ein Grund könnte sein dass bei suissetec mehrheitlich HLKS-Betriebe geantwortet haben, und bei Swissolar mehr Elektroinstallateure.
- Im Bereich Herstellung und Vertrieb scheint die Digitalisierung etwas weiter verbreitet zu sein als in den Bereichen Planung, Bau und Installation oder Service.

4. Digitalisierung in der strategischen Planung und in Vorstudien (SIA-Phasen 1 & 2)

Während der SIA-Phase 1 strategische Planung werden die Bedürfnisse, Ziele und Rahmenbedingungen festgelegt und die Lösungsstrategie festgelegt. Um dem gerecht zu werden, müssen möglichst alle Umwelteinflüsse und Schnittstellen in Betracht gezogen werden. Neben den offensichtlichen Schnittstellen wie Wasser-/Abwasserleitung, Zufahrtstrassen, Energie und Kommunikation spielen auch raumplanerische und ökologische Aspekte eine Rolle.

Dass immer mehr Daten erhoben werden führt dazu, dass mehr Wissen über die Umgebung eines Bauprojektes bekannt ist. Dadurch kommen auch Schnittstellen und Probleme zu Tage, die in der Vergangenheit nie oder selten wahrgenommen wurden. So wird die Luftqualität immer genauer gemessen und kann Einfluss auf die Planung der Lüftungsanlage eines Gebäudes haben, ebenso wie umfassende Informationen zum Klima Einfluss auf die Gebäudegestaltung haben kann. Detaillierte Gefahrenkarten (z.B. Abbildung 17) können zu neuen Anforderungen an die Gebäudestatik und mögliche Alarmsysteme führen.

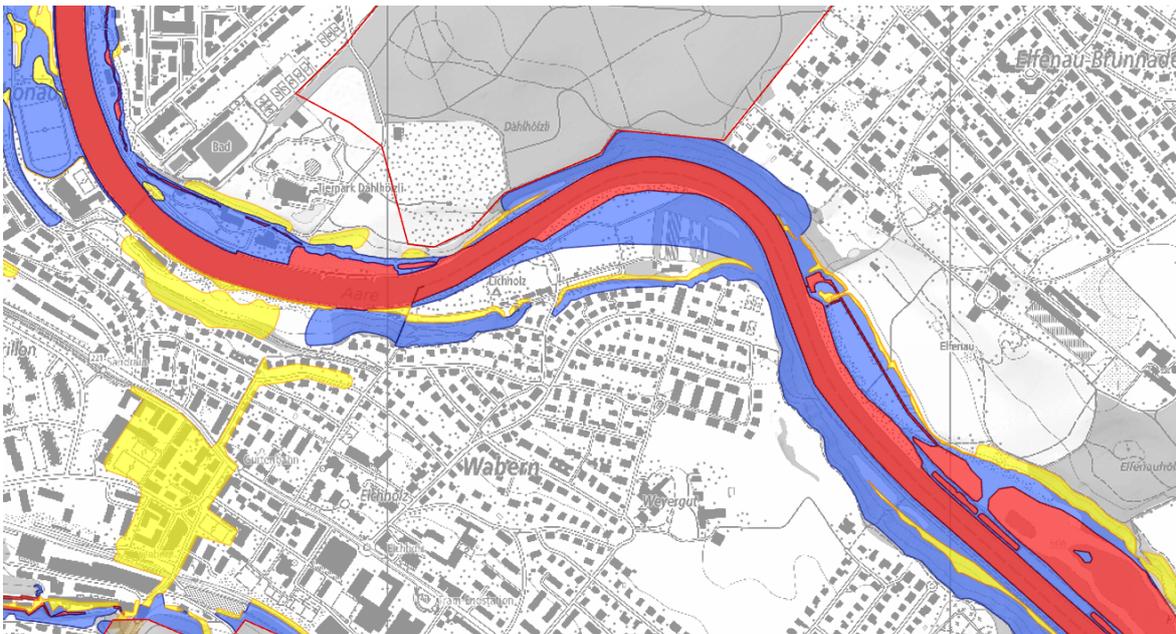


Abbildung 17: Ausschnitt Gefahrenkarte Kanton Bern, Quelle: Geoportal Kanton Bern, <https://www.geo.apps.be.ch/de>

Die SIA-Phase 2 Vorstudien beinhaltet die Festlegung der Organisation, die Definition der Projektgrundlagen, sowie der Nachweis der Machbarkeit. Wird ein Bauprojekt mit der BIM-Methode erstellt, so sollte dies in dieser Phase definiert werden. Hilfreich ist es auch schon zu diesem Zeitpunkt erste Überlegungen zum Betrieb des Gebäudes zu machen und eine Strategie dafür festzulegen.

4.1 Stand heute

Auch in der Raumplanung und Städteplanung werden immer mehr digitale Hilfsmittel verwendet. Wie Gervais [13] beschreibt werden Drohnen und Laserscanner (Lidar) zur Vermessung eingesetzt. Gemessene Umweltdaten werden per Mobilfunk an die Planer übermittelt. Modelle werden mit 3D-Druck erstellt, wie Haefeli [14] berichtet oder mit Laser direkt ab einer digitalen Datei aus Karton ausgeschnitten, gemäss Trotec [15]. Augmented Reality kommt zum Einsatz zur Visualisierung von Projekten, siehe [16]. Grosse Touch Bildschirme erleichtern die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten, wie Elmer [17] beschreibt.

Nebst kommerziellen und staatlichen Projekten gibt es immer mehr zivilgesellschaftliche Projekte, die auf Digitalisierung basieren (z.B. luftdaten.info, siehe Abbildung 18).

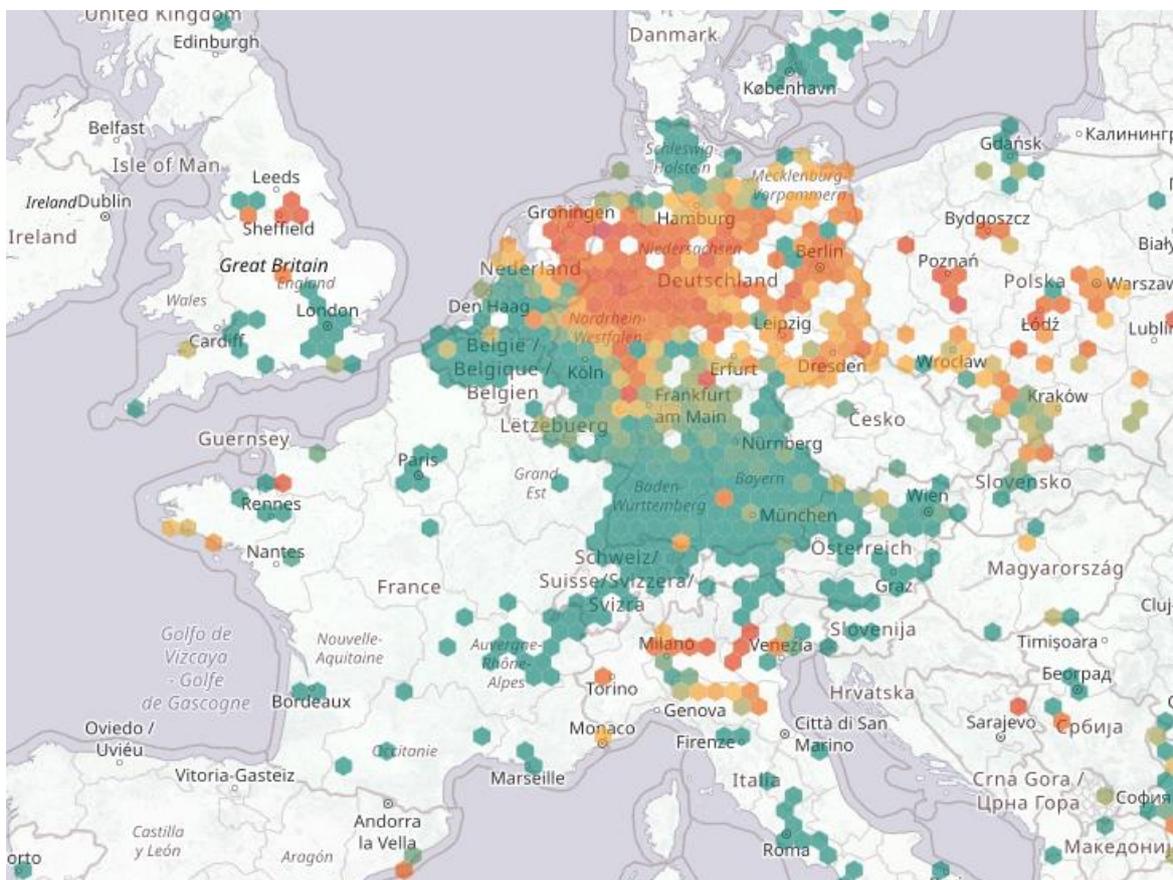


Abbildung 18: Screenshot Feinstaubkarte <https://luftdaten.info/> Visualisierung von Messwerten von selbstgebauten Feinstaubsensoren in Europa

Bei der Erstellung von Machbarkeitsstudien werden vermehrt Simulationen eingesetzt. Auch die Gebäudetechnik spielt da vermehrt eine Rolle. Das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Infrastrukturen auf Gebäudeebene, kann vorab per Simulation digital geprüft werden, so können Probleme in der Bauphase vorweggenommen und möglicherweise schon gelöst werden, bevor sie auftreten. Basis für Simulationen sind immer genauer erfasste Messdaten, sowohl was die Umwelt anbelangt, als auch was die verschiedenen Gewerke in einem Bauprojekt betrifft, siehe zum Beispiel Jeong et al. [18].

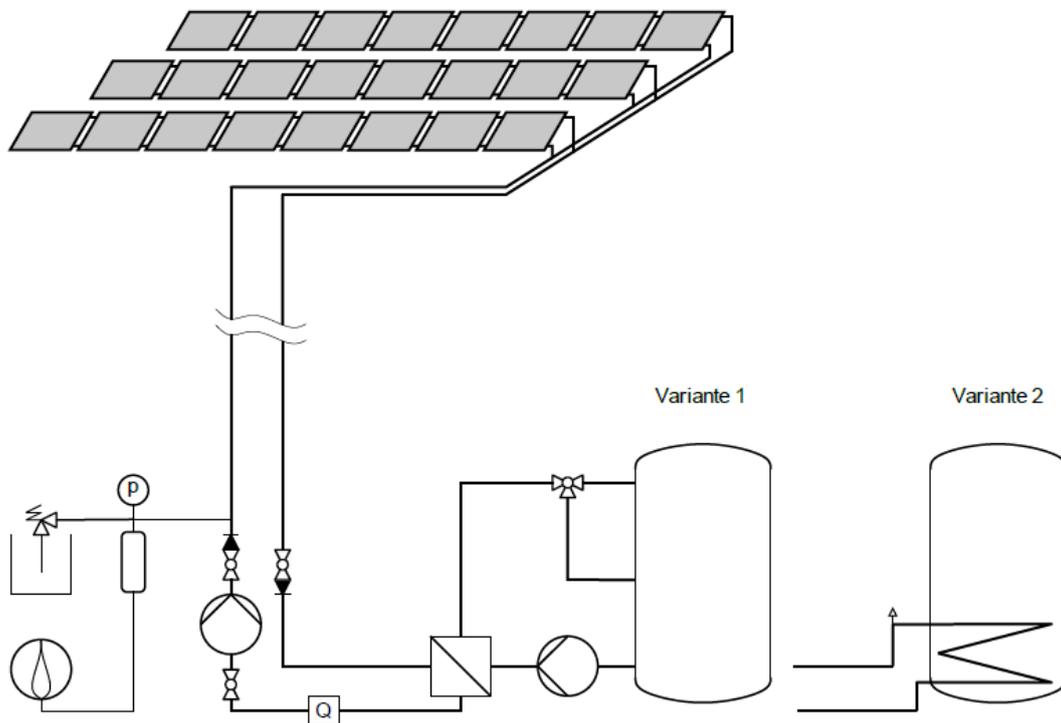


Abbildung 19: Beispiel thermohydraulische Simulation, Quelle: [19]

Weiter werden auch digitale Hilfsmittel zur Information der Öffentlichkeit eingesetzt. So sind 3D – Visualisierungen von Bauprojekten inzwischen eine Selbstverständlichkeit, die unter anderem helfen die Akzeptanz für ein Bauprojekt zu stärken.

Heute existieren für die ganze Schweiz frei zugängliche 3D-Modelle, siehe Abbildung 20. Diese Modelle können zum Beispiel für die Visualisierung der Umgebung eines Bauprojektes herangezogen werden.



Abbildung 20: 3D-Modell der Stadt Zürich, Quelle: Stadt Zürich, public domain

4.2 Mögliche künftige Entwicklungen

Es ist künftig insbesondere in städtischen Bereichen mit einer zunehmenden Verdichtung der Gebäude zu rechnen. Digitale Hilfsmittel können helfen die knappe Fläche optimal zu verwenden. Einfach zugängliche Informationen zu Baugrund (Beschaffenheit, Altlasten etc.), sowie dessen Umgebung (Luftqualität, Lärmbelastung usw.) spielen eine immer grössere Rolle. Diese Informationen werden heute immer mehr in GIS (Geoinformationssysteme)-Anwendungen gebündelt und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Auch städteplanerische Gesichtspunkte werden immer mehr auf solchen Plattformen verwendet, siehe z.B. der GIS-Browser des Kantons Zürich: <https://maps.zh.ch/>. Diese GIS Anwendungen spielen eine immer wichtiger werdende Rolle in der Planung von Bauprojekten.

So beeinflusst der Energieplan des Kantons Zürich (siehe Abbildung 21) und der Energierichtplan der Stadt Zürich massgeblich, welches Heizungssystem gebaut werden kann (z.B. Fernwärme, Grundwasserwärmepumpe etc.). Diese übergeordneten strategischen Planwerke und digitalen Datenbanken haben somit auch einen Einfluss auf die Gebäudetechnik.

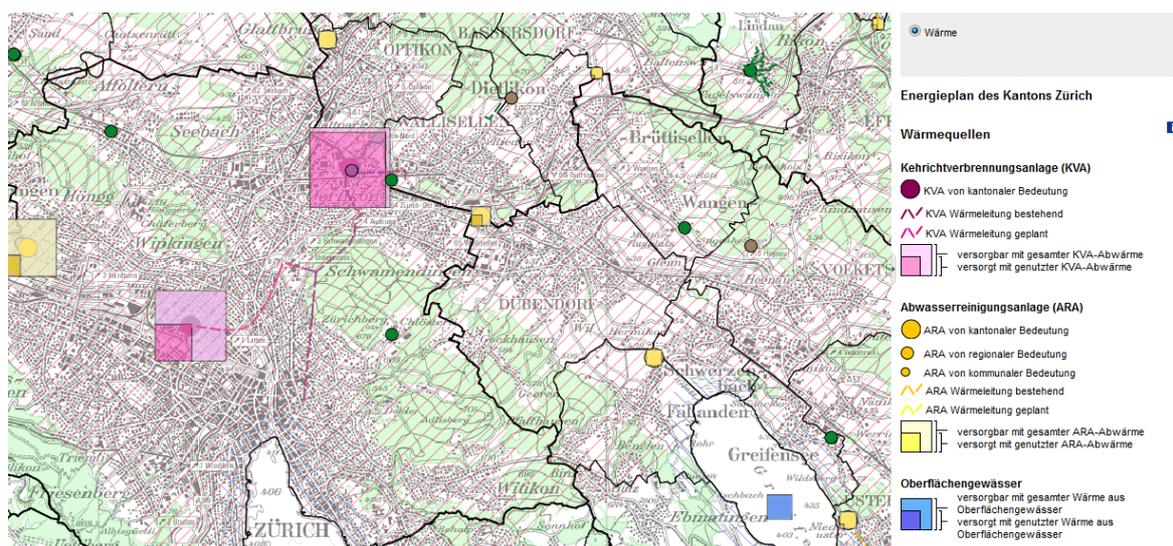


Abbildung 21: Ausschnitt Energieplan des Kantons Zürich, Quelle: <https://maps.zh.ch/>, public domain

Zur strategischen Planung gehört es auch mögliche künftige Entwicklungen abzusehen. Dazu gehört etwa die Nutzung des Gebäudes über die gesamte Lebensdauer in einer sich verändernden Umgebung mitzudenken. So können neue Mobilitätskonzepte schon in der strategischen Planung eine Rolle spielen. Beispielsweise kann das Laden von Elektroautos auf die solare Stromproduktion abgestimmt werden, was durch eine intelligente Haussteuerung optimiert werden kann.

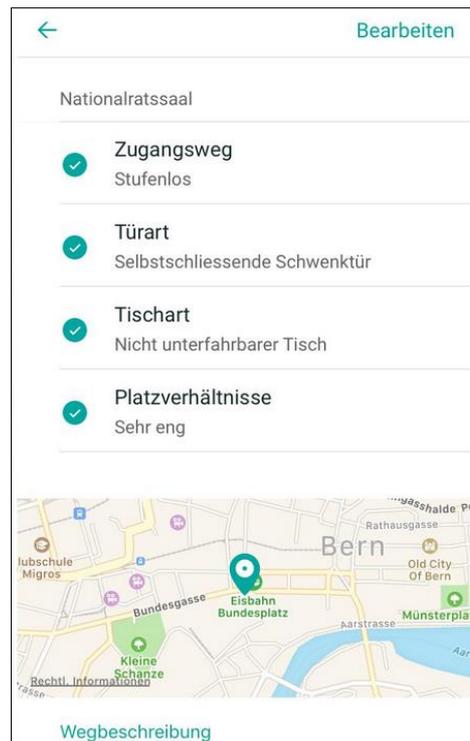


Abbildung 22: Screenshot aus der App Ginto (<https://www.ginto.guide/>): Barrierefreiheit im Nationalratssaal in Bern

Die zunehmende Digitalisierung kann die Barrierefreiheit von Gebäuden und Gebäudetechnik verbessern und vereinfachen. Einfache Steuerungen der Haustechnik erlauben es, flexibel auf die Bedürfnisse von Menschen reagieren zu können. Blinde Personen können zum Beispiel per Sprachsteuerung die Temperatur in Wohnräumen regulieren. Rollstuhlfahrer können auf detaillierte Angaben zur Zugänglichkeit zugreifen (z.B. Abbildung 22). Auch solche Anforderungen an die Gebäudetechnik und die Gebäude sollten bereits während der strategischen Planung und der Vorstudien nicht vergessen werden, um spätere (teure) Nachrüstungen zu vermeiden.

4.3 Chancen und Risiken

Die Vermessung von immer mehr Parametern führt zu genaueren Kenntnissen der Umgebung und der Rahmenbedingungen eines Projektes. Diese Kenntnisse fließen in die strategische Planung, aber auch in die Vorstudien ein. Machbarkeitsstudien können durch genauere Kenntnisse der Rahmenbedingungen exakter werden, wodurch das finanzielle Risiko eines Bauprojektes minimiert werden kann. Detaillierte Kenntnisse über die Rahmenbedingungen und die Umgebung eines Projektes kann auch dazu dienen das Bauprojekt optimal an die Anforderungen der künftigen Nutzer anzupassen. So sind die Anforderungen an den Bau eines Rechenzentrums anders als diejenigen an eine Schule.

Wichtig ist der durchdachte Umgang mit grossen Datenmengen. Statistische Auswertungen sind nicht immer einleuchtend und bedürfen fundierter Kenntnisse um zuverlässige Schlüsse zu ziehen (siehe zum Beispiel die Diskussionen um die Interpretation des Signifikanzwertes [20]). Zudem spielt die Gewichtung von Erkenntnissen aus den Datenmengen eine wichtige Rolle: Ist die Be-

drohung einer seltenen Insektenart durch ein Bauprojekt höher zu gewichten als ein allfälliger energetischer Gewinn?

Datensammlungen an konzentrierten Stellen bergen immer ein höheres Risiko für missbräuchliche Verwendungen. Daher sind der Zugang und die Berechtigungen von Nutzern zu Daten klar zu definieren.

4.4 Akteure in der Schweiz

Digitalisierung im Rahmen der strategischen Planung findet in der Schweiz stark durch Ämter statt (Vermessungswesen, Geoinformationssysteme etc.). So werden beispielsweise digitale Stadtmodelle (siehe z.B. Stadt Zürich, [21]) erstellt. Aber auch städtische Energieversorgungen nutzen digitale Werkzeuge beispielsweise zur Visualisierung ihrer Infrastruktur (z.B. bietet EWB virtuelle Flüge per Vogelflugsimulator über ihre Energieinfrastruktur [22]).

Digitale Stadtmodelle und Geoinformationssysteme sind Grundlage für eine effiziente Infrastrukturplanung, die verschiedene Medien und Bedürfnisse berücksichtigt (z.B. zeitliche Koordination von Strassenbau und Stromnetz). Diese ist Grundlage für die Planung der Gebäudetechnik, denn die zur Verfügung stehende Infrastruktur (z.B. Fernwärmenetz oder auch Glasfaseranschluss) bestimmt zum Teil die Ausgestaltung der Gebäudetechnik.

Es existieren verschiedene (digitale) Werkzeuge, die es ermöglichen einen schnellen Überblick über mögliche Anwendungen zu bieten, siehe z.B. Sonnendach.ch Kapitel 4.5.1. Solche ersten Grobauslegungen können beispielsweise für Machbarkeitsstudien genutzt werden. Diese digitalen Werkzeuge werden vom Bund, von Verbänden, aber auch von Lieferanten zur Verfügung gestellt.

4.5 Best Practice

Im Folgenden sind zwei Beispiele aus der Solarbranche vorgestellt, bei denen Digitalisierung in der strategischen Planung und im Rahmen von Vorstudien zum Tragen kommen.

4.5.1 Sonnendach.ch

Auf der Webseite sonnendach.ch lässt sich mit wenigen Klicks eine erste Übersicht über eine mögliche Solaranlage zusammenstellen.

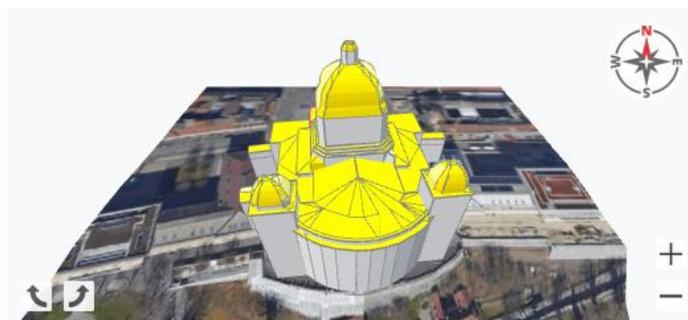


Abbildung 23: Sonnendach.ch, <https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/sonnendach/>

Anhand der Adresse und der ortsabhängigen Sonneneinstrahlung der Datenmodelle von Swisstopo (Bundesamt für Landestopographie) und MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie) wird eine grobe Auslegung einer Solaranlage erstellt.

4.5.2 Solarrechner Installationsfirmen

Viele Firmen aus der Solarbranche stellen ihren Kunden Rechner zur Verfügung, die einfach und schnell eine erste grobe Auslegung und Kostenschätzung für Solaranlagen erstellen.



Eianunasarad der Dachfläche

Abbildung 24: Beispiel Screenshot Solarrechner Helion

Im Gegensatz zum Portal sonnendach.ch des Bundes (siehe Kapitel 4.5.1) werden detailliertere Daten ausgewertet und auch die Auslegung einer Wärmepumpe, einer Ladestation für Elektroautos etc. ist zum Teil möglich. Zudem bilden konkrete Produktdaten die Grundlage für die Grobauslegung.

5. Digitalisierung in der Projektierung (SIA-Phase 3)

Die SIA-Phase 3 Projektierung umfasst

- das Vorprojekt, indem die Konzeption und Wirtschaftlichkeit optimiert werden.
- das Bauprojekt, das die weitere Projekt- und Kostenoptimierung umfasst, und ebenso die Festlegung der Termine.
- das Bewilligungsverfahren/Auflageverfahren, indem die Kosten und Termine verifiziert werden, der Baukredit genehmigt und die Bewilligung erteilt wird.

In diesem Kapitel wird vor allem die BIM-Methode beschrieben, da sie erstmals während der Projektierung eine grosse Rolle spielt. Die BIM-Methode kommt jedoch zum Teil schon in den vorangehenden Phasen und auch in den nachfolgenden Phasen zum Einsatz.

Nicht jedes Bauprojekt eignet sich zur Anwendung der BIM-Methode, vor allem bei kleineren Bauprojekten ist oft der Aufwand zu gross um genügend davon zu profitieren. Im Einzelfall wird idealerweise an Hand einer Kosten/Nutzenbetrachtung entschieden.

5.1 BIM-Methode

Gewisse Länder (z.B. USA, NL, SE, NO, DK, FI) schreiben BIM bei öffentlichen Bauten schon seit mehreren Jahren vor. So wird im Vereinigten Königreich bei öffentlichen Bauten seit 2016 der BIM-Level 2 vom Staat vorgegeben (siehe [23]), diese Vorgaben müssen zwingend umgesetzt werden. Somit entsteht ein gewisser Druck die neuen Technologien durchgängig anzuwenden. Dafür mussten diese Länder gleichzeitig als Übergangslösung auch Leitfäden/Vorschriften publizieren, wie mit Problemen und Lücken umgegangen werden soll, bis die Standards entsprechend weiterentwickelt sind.

Wie weitgehend die BIM-Methode eingesetzt wird, ist in Abbildung 25 ersichtlich.

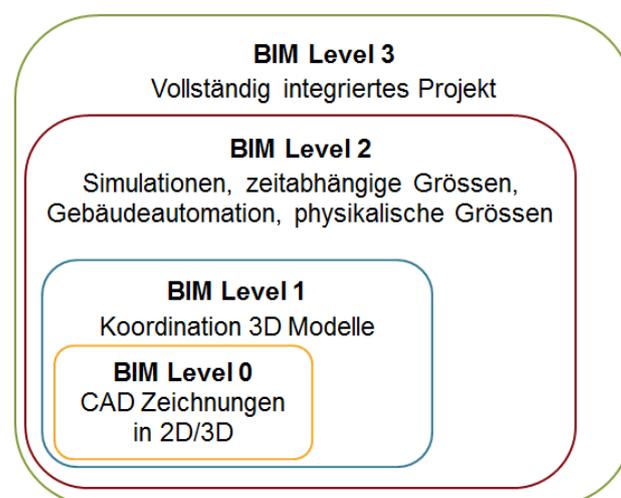


Abbildung 25: Unterscheidung der verschiedenen Level der BIM-Integration

Der BIM-Level 2 erlaubt die Integration des gesamten Projektes in ein BIM-Modell. Derzeit wird jedoch noch häufig im BIM-Level 1 gearbeitet. In Zukunft ist vorstellbar, dass Projekte weitgehend digital abgewickelt werden können und auch der Betrieb mit Hilfe des digitalen Modells organisiert wird (BIM-Level 3).

In den USA hat sich vor allem eine proprietäre Lösung (Revit) durchgesetzt, dadurch gibt es keine Probleme mit Schnittstellen. Die Verbreitung von BIM in Grossbritannien ist weit fortgeschritten, dies zum einen, weil die Planer schon früh damit begonnen haben und zum anderen weil BIM für viele Bauprojekte wie erwähnt staatlich vorgeschrieben wurde.

In Skandinavien gibt es eine sehr weit gehende Integration von openBIM, in den meisten skandinavischen Ländern wurde bereits in den 2000er Jahren die Verbreitung von BIM gefördert. Ein Überblick über die Entwicklung von BIM in den verschiedenen Ländern findet sich bei Singh [24].

5.1.1 Was ist BIM

P. Scherrer und D. Dummermuth [25] definieren BIM wie folgt:

„Der Begriff ‘Building Information Modeling (BIM)’ beschreibt eine Methode der optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mithilfe eines objektorientierten, integralen und damit digitalen Gebäudemodells. In einer Datenbank werden alle Informationen zur geometrischen Struktur, den Objekten und deren Eigenschaften digital (digitales Datenblatt) erfasst und vernetzt. Diese Informationen liefern allen Projektbeteiligten die Grundlagen für einen optimierten Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprozess.“

Es lässt sich also sagen:

- Building Information Modeling ist eine Methode. Die Einführung, Umsetzung und Förderung vom BIM ist in erster Linie keine IT-Aufgabe, sondern eine Managementaufgabe und verändert den Planungsprozess massiv.
- Die Anwendung der BIM-Methode bei der Umsetzung der Planungsleistung der Architekten und Ingenieure ist keine Zusatzleistung, sondern ein Grundsatzentscheid für eine bestimmte Planungsmethode, mit weitreichenden Folgen.

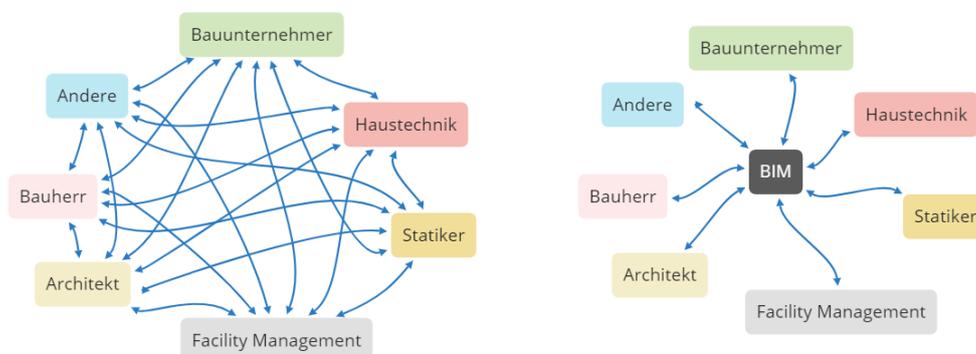


Abbildung 26: Daten- und Informationsfluss bei einem Bauprojekt, nach Ammann [26]

Wie von Ammann [26] dargestellt, wird mit der BIM-Methode der Informationsfluss zentral im BIM-Modell gebündelt. Bisher erfolgt der Datenfluss meist direkt zwischen den einzelnen Akteuren. Die

BIM-Methode soll daher helfen den Informationsstand für alle Parteien gleich zu halten. Das Risiko von Fehlinformation und Missverständnissen wird reduziert.

Die BIM-Methode baut auf den schon seit vielen Jahren existierenden 3D Planungssoftwares (Computer Aided Design Programme - CAD) auf. Digitale BIM-Werkzeuge basieren daher oft auf bereits bestehender CAD-Software.

BIM ermöglicht es die verschiedenen Teile eines Modells zusammenzuführen und gemeinsam zu testen und zu validieren. In der Praxis ist dies heute dank des international gebräuchlichen, standardisierten und offenen Datenmodells IFC (Industry Foundation Classes) möglich.

Im IFC Format abgespeicherte Dateien lassen sich zusammenführen und gemeinsam verwalten. So können beispielsweise Kollisionen zwischen den Lüftungskanälen und der Heizung frühzeitig im digitalen Modell erkennen und somit vermeiden, siehe z. B. Herzog [27].

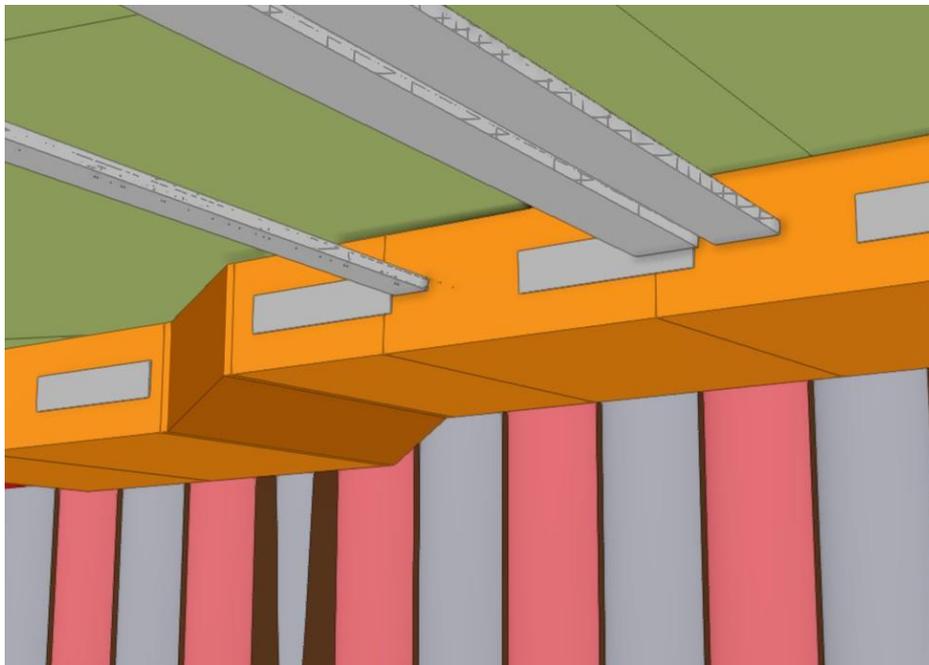


Abbildung 27: Kollision zwischen Kabelrinne und Lüftungskanal, Screenshot Methabau AG

Eine weitergehende Integration der BIM-Methode könnte unter anderem ermöglichen:

- eine bessere und detaillierte Prozessplanung und Überwachung der Arbeiten.
- die automatisierte Kostenkalkulation durch Vernetzung mit externen Datenbanken (z.B. Produktdatenbanken)
- die Einbindung von einfachen Simulationen (z.B. thermohydraulisch), zur Verbesserung der Energieeffizienz.
- die Ermittlung des ökologischen Fussabdruckes (Life Cycle Assessment LCA) durch die Verknüpfung mit LCA Datenbanken.

- BIM to field bezeichnet die Nutzung der Informationen des digitalen Modells direkt auf der Baustelle oder im Betrieb. Dazu werden in der Regel Apps eingesetzt, die es ermöglichen jederzeit und ortsunabhängig auf das digitale Modell zu zugreifen.
- Field to BIM bezeichnet die Vermessung und Aufnahme von digitalen Daten auf der Baustelle, im Gebäude oder bereits vor Beginn der Planung und die Übertragung dieser Daten in das digitale BIM-Modell. Zum Beispiel können räumliche Daten als Punktwolken in das CAD übertragen werden, siehe unter anderem Leica Geosystems [28]. Mit diesen Daten lässt sich ein Modell des Gebäudes erstellen, wie es gebaut wurde (as-built model) und mit dem geplanten Modell abgleichen.
- das Computer Aided Facility Management (CAFM) erlaubt es den Betrieb (Überwachung, Steuerung, Regelung, Optimierung und Instandhaltung) eines Gebäudes mit Software zu erleichtern. So können beispielsweise Raumpläne zur Organisation der Reinigung oder des Schlüsselmanagements herangezogen werden, siehe z.B. Architektur Fachmagazin [29]. Die Nutzung des BIM-Modells als Basis für das CAFM ermöglicht es die detaillierten Daten zu nutzen ohne diese noch einmal ermitteln zu müssen, siehe auch Kapitel 7.
- 3D Visualisierungen eines gesamten Bauprojektes mit Hilfe von Virtual Reality / Augmented Reality Anwendungen (z.B. HoloLens). Solche Visualisierungen können helfen die Akzeptanz eines Projektes zu stärken, aber auch die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren zu vereinfachen, siehe Abbildung 28.



Abbildung 28: Schulung anhand von Mixed Reality, Bild: Carlos Fy [CC BY-SA 4.0], <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Die Abwicklung von Gebäudetechnikprojekten mit der BIM-Methode steckt noch in der Anfangsphase. Im Vordergrund steht bisher die Verwendung von Daten für die 3D Planung, weniger jedoch der Einsatz von Daten zum Energieverbrauch.

Im heutigen Arbeitsablauf beauftragen Architekten oft einen Gebäudetechnikplaner, wenn der Entwurf des Gebäudes bereits festgelegt ist. Oft sind sich dabei Architekten nur ungenügend be-

wusst, welche ihrer Entscheidungen Einfluss auf die Gebäudetechnik haben. So hat beispielsweise die Ausrichtung des Gebäudes Einfluss auf die solare Energieproduktion. Temperatur- und Druckschwankungen im hausinternen hydraulischen System können durch die Architektur hervorgerufen werden. Gemäss Jakobi et al. [30] erlaubt der Einsatz von BIM solche Probleme vorweg zu nehmen und bereits in der Entwurfsphase die Betriebsbedingungen zu berücksichtigen. Im Hinblick auf die Klimapolitik ist eine interdisziplinäre Betrachtung eines Bauprojektes als Ganzes, wie es mit der BIM-Methode geschieht, von grosser Bedeutung.

5.1.2 Methoden und Standards zum Datenaustausch

„buildingSMART International“ ist eine internationale nichtstaatliche Non-profit-Organisation. Sie definiert Methoden und Standards zum BIM-Datenaustausch im Bauwesen. Eine Übersicht über die verschiedenen von buildingSMART bearbeiteten Methoden und Normen ist in Abbildung 29 ersichtlich.

| Beschreibung | Namen | Normen |
|---|---|--|
| Transfer von Informationen / Daten | IFC Industry Foundation Class | SN EN ISO 16739 * SIA 440.100 |
| Beschreibung von Prozessen | IDM Information Delivery Manual | SN EN ISO 29481-1 * SIA 440.001 SN EN ISO 29481-2 * SIA 440.002 |
| Koordination von Änderungen | BCF BIM Collaboration Format | buildingSMART BCF |
| Zuordnung von Begriffen | IFD International Framework for Dictionaries | SN EN ISO 12006-3 * SIA 440.110 |
| Überführung von Prozessen in technische Anforderungen | MVD Model View Definitions | buildingSMART MVD |

Abbildung 29: Methoden und Normierung durch buildingSMART gemäss [60]

IFC ist ein offenes Datenmodell, das standardisierte Eigenschaften definiert, die je nach Anwendungsfall die Geometrie und weitere technische Angaben eines Bauteils beinhalten.

Zur Zuordnung anderer Datenbanken (z.B. Produkteinformationen) mit dem IFC-basierten BIM-Modell wurde das IFD (International Framework for Dictionaries) entwickelt. Eine solche Library wird in der Schweiz beispielsweise von IGH (Interessengemeinschaft Datenverbund, siehe 5.5.1) gepflegt.

Die Definition der technischen Untermodelle, oder der Untermenge an Informationen, wird durch die MVD (Model View Definition) geregelt. Für die Definition der Anforderungen an die verschiedenen Datenaustauschvorgänge werden die IDM (Information Delivery Manual) entwickelt.

Schliesslich geben die BCF (BIM Collaboration Format) die BIM-Arbeits- und Kollaborationsweise vor.

Die IFC sind für projektbezogene Daten international schon weit verbreitet. Viele Länder setzen sich ein, um die Standardisierung voranzutreiben. Trotzdem ist noch ein weiter Weg zu gehen, bis diese Standards umfänglich brauchbar sind. In praktischer Anwendung sind die IFC-Versionen 2

und 3, die aktuelle Version (seit 2014) ist IFC 4. Mit dieser Version wurde auch Solarenergie integriert. Die IFC werden laufend weiterentwickelt.

Ein europäisches Normierungskomitee (CEN TC 442 BIM) erforscht die verschiedenen Themen und bereitet die Standards für die Weiterentwicklung vor. Zurzeit werden die Grundlagen zur Erstellung und Bewirtschaftung von Product Data Templates (PDT) erarbeitet. In 2-3 Jahren wird es möglich sein solche PDT zu erstellen. Dann können Strukturen definiert werden. Dafür werden z.B. Industrien einer bestimmten Branche PDT erstellen, die auf IFC basieren.

Welche Informationen zu welchem Zeitpunkt und für welche Anwendungen benötigt werden, kann über unterschiedliche Detaillierungsstufen (Level of Information LOI) definiert werden, die je nach Planungsphase angewandt werden können.

Ein heikles Thema ist dabei der Besitz und die Nutzungsrechte der Daten. Besonders wenn sehr detaillierte technische Daten genutzt werden, kann dies Geschäftsgeheimnisse der Unternehmen betreffen.

5.2 Stand heute

Bisher verwenden die unterschiedlichen Planer eines Bauprojektes ihre spezifischen digitalen Planungswerkzeuge. Moderne Bauprojekte werden immer komplexer, und oft sind viele verschiedenen Firmen daran beteiligt. Dabei entstehen unzählige Schnittstellen, die den Informationsfluss unübersichtlich machen – dies bei meist hohem Termindruck.

Mit Hilfe der BIM-Methode sind Datenformate definiert, die einen Datenaustausch unabhängig vom Planungswerkzeug ermöglichen. Das Zusammenführen der Daten durch einen BIM-Koordinator dient dazu Schnittstellen zu klären und allfällige Probleme (z.B. Kollisionen zwischen verschiedenen Rohrleitungen) frühzeitig mit allen Beteiligten zu lösen.

Das Zusammenführen von digitalen Modellen kann zum Beispiel auch Basis für die Simulation der Strömung in Rohrleitungen oder zum Heizwärmebedarf sein und somit wichtig für die Auslegung der Gebäudetechnik sein.

Heute werden bereits einzelne Projekte mit Hilfe der BIM-Methode gebaut, die BIM-Methode kommt jedoch noch nicht flächendeckend zum Einsatz. Der Aktionsplan Digitale Schweiz [2] gibt vor, dass die BIM-Methode ab 2021 für alle Bauprojekte des Bundes und der bundesnahen Betriebe angewandt werden soll. Vor allem bei kleinen Bauprojekten kommt diese Methode jedoch noch kaum zur Anwendung.

Die Standardisierung erfolgt derzeit wie in Kapitel 5.1.2 beschrieben vor allem auf internationaler Ebene, wobei auch Schweizer Organisationen beteiligt sind (Bauen Digital Schweiz führt das Schweizer Chapter von buildingSMART).

Gemäss Prof. Manfred Huber lohnt es sich für ein kleines Land wie die Schweiz nicht, eigene Lösungen voranzutreiben. Sinnvoller ist es die europäische Normierung abzuwarten und vorläufig IFC-kompatible Zwischenlösungen zu nutzen, (siehe Anhang 1, Experte 8). Eine aktive Mitarbeit an der europäischen Normierung kann auch angestrebt werden.

5.3 Mögliche künftige Entwicklungen

Die grundlegenden BIM-Technologien sind schon seit einigen Jahren auf dem Markt verfügbar. Um diese aber generell in den Prozessen zu etablieren, müssen klare Anforderungen formuliert und Schnittstellen zwischen allen Teilnehmenden festgelegt sein. Bauen Digital Schweiz hat dazu verschiedene Stufen der BIM-Integration identifiziert, siehe [31] und Abbildung 30, die zu kommunizierenden Systemen und der Vernetzung zwischen physischer und digitaler Welt führt. In dieser Stufe der höchsten BIM-Integration funktioniert die Kommunikation durchgängig digital vom Besteller, Planer, Ersteller, Zulieferer, Betreiber über die Bildung und die Technologie. Bauen Digital Schweiz möchte auf dieses Ziel hin arbeiten.

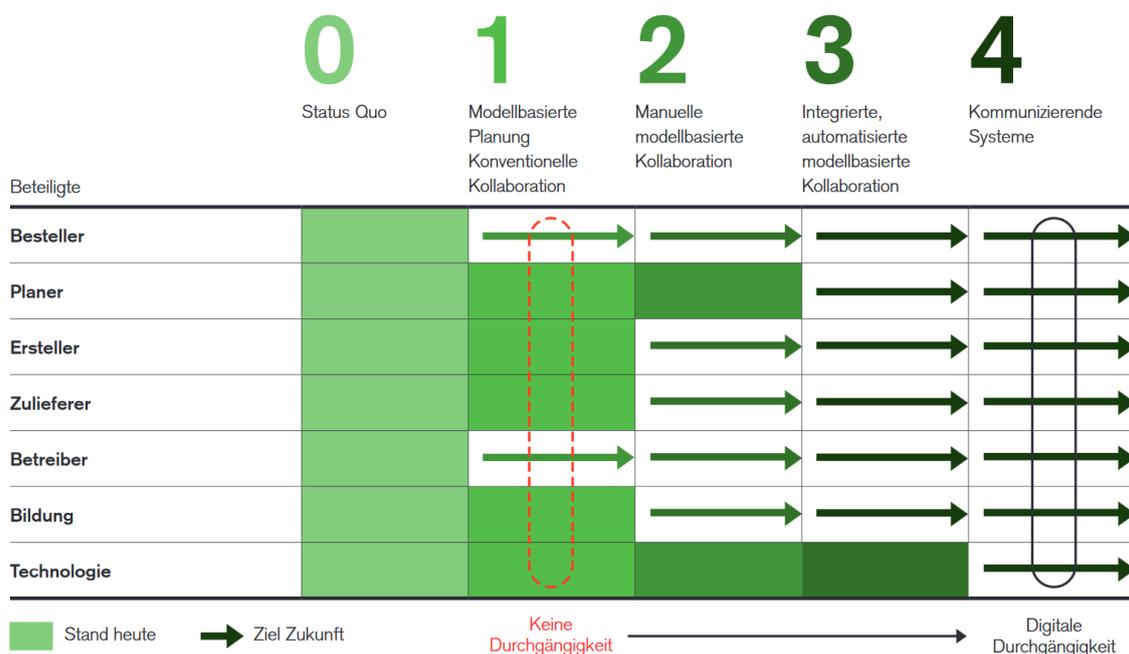


Abbildung 30: Digitale Durchgängigkeit der Wertschöpfungskette, Quelle: Bauen Digital Schweiz, [31] CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

5.4 Chancen und Risiken

Die BIM-Methode kann eine Chance sein, die Übersicht bei komplexen Prozessen zu behalten:

- Höhere Planungs-, Termin und Kostensicherheit
- Effiziente Kosten- und Zeitplanung
- Kollisionsprüfung vor Baubeginn
- Unmittelbare und kontinuierliche Verfügbarkeit der relevanten Gebäudedaten für alle Projektbeteiligten während Planung, Bau und Bewirtschaftung
- Kontinuierliche Informationsentwicklung ohne Wissensverlust während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes
- Reduktion von Kosten, Aufwand und Risiken

- Digitales Gebäudemodell für Betrieb und Instandhaltung
- Zusätzliche Leistungsangebote und neue Geschäftsmodelle
- Reduktion der Fehlerquoten

Die BIM-Methode verursacht zu Beginn zwar höhere Kosten als die traditionelle Planung, da vor dem Bau alle Gewerke in das digitale Modell überführt werden müssen. Die BIM-Methode führt aber auch zu Kosteneinsparungen, da eine frühzeitige Koordination im digitalen Modell zu Einsparungen im späteren Verlauf des Bauprojektes führt. Fehler (z.B. Kollisionen zwischen zwei verschiedenen Leitungssystemen) können mit der BIM-Methode frühzeitig erkannt und somit verhindert werden. Die Kostenentwicklung im Verlauf eines Bauprojektes mit und ohne BIM-Methode wurde von Liebich et al. [32] verglichen.

Herausforderungen und Risiken bei der Anwendung der BIM-Methode sind unter anderem:

- Hohe Investition (Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter und Lizenzkosten) und anfänglicher Mehraufwand, dies kann insbesondere für kleine Unternehmen auf Grund der vergleichsweise hohen Kosten ein Hindernis sein. In der heutigen Aus- und Weiterbildungen von Architekten und Bauingenieuren ist der Umgang mit der BIM-Methode Bestandteil des normalen Curriculums.
- Neuer Workflow und Rollenverteilung durch BIM. Es hilft flexibel zu bleiben und neue Arbeitsmethoden mit Neugier zu begegnen.
- Datensicherheit, nicht nur 3D-Modelle, sondern auch der Zustand und die technischen Daten von jedem Gerät können erfasst werden. Dies können je nach Gebäude sehr heikle Informationen sein (z.B. Gerichtsgebäude). Wie bei jedem Umgang mit Daten ist es sinnvoll die Berechtigungen (lesen, schreiben, ändern) in Abhängigkeit der Funktion eines Nutzers zu definieren und Sicherheitsstandards einzuhalten, siehe auch Kapitel 8.
- Datenaustausch: es ist schwierig die Konsistenz von Daten sicherstellen und gleichzeitig den Austausch von proprietären und geschützten Daten zu ermöglichen. Abhilfe schaffen offene Datenformate und Standardisierung.
- Es braucht standardisierte Schnittstellen für ein heterogenes Umfeld.
- Datenbesitz: wem gehört das digitale Gebäudemodell, dem Bauherr, dem Architekten, der Gebäudeverwaltung, dem Facility Management? Hilfreich ist es, im Vorherein diese Frage vertraglich zu regeln.
- Wenn der Bauherr und der Betreiber des Gebäudes zu unterschiedlichen Organisationen gehören, kann es sein, dass unterschiedliche Interessen sich widersprechen (ein Bauherr, der das Gebäude nach Fertigstellung verkauft, interessiert sich wenig für Einsparung bei den Betriebskosten). Auch hier helfen vertragliche Regelungen und Standards, die eingehalten werden müssen (z.B. SIA-Normen).

5.5 Akteure in der Schweiz und international

In Abbildung 31 sind die Beziehungen und Verantwortlichkeiten der verschiedenen Organisationen ohne Anspruch auf Vollständigkeit dargestellt, die national und international in der Normierung und Standardisierung tätig sind.

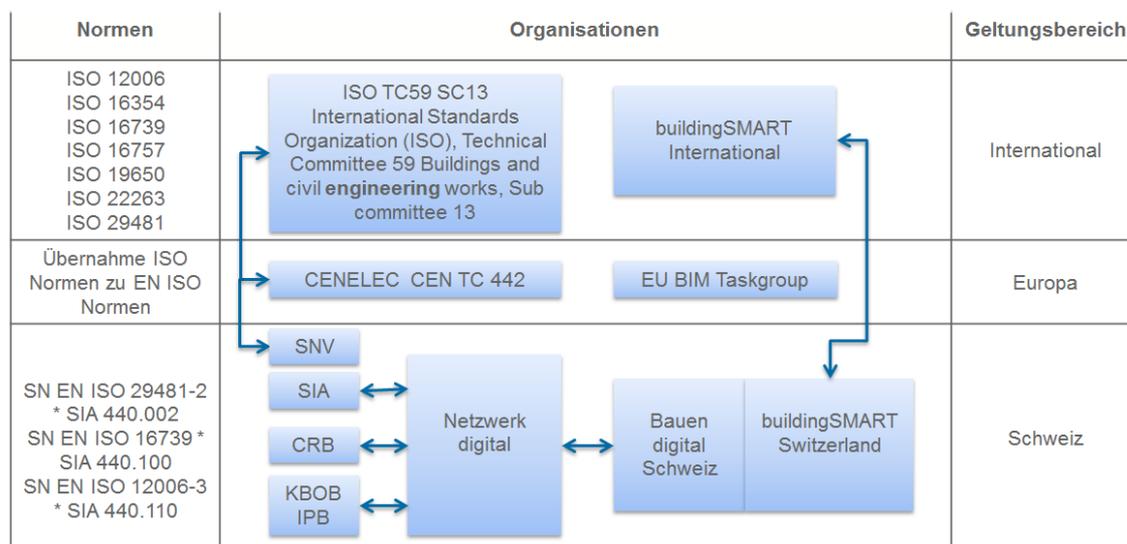


Abbildung 31: Normen und Organisationen Schweiz, Europa und International, angelehnt an [62]

Auf internationaler Ebene erarbeitet das Sub Committee 13 des Technical Committee 59 der International Standards Organization (ISO) Normen für den Bereich Organisation und Digitalisierung von Informationen über Gebäude und Bauarbeiten, inklusive Building Information Modeling (BIM). In diese Arbeit fließen die Standardisierungsbemühungen von buildingSMART International ein, z.B. IFC-Standard.

Auf europäischer Ebene ist vor allem CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) tätig, diese Organisation erarbeitet auch für die Schweiz verbindliche Normen (Europäische Normen EN). Für den Bereich Digitalisierung und BIM ist das Technical Committee TC 442 zuständig. Dieses TC übernimmt ISO Normen und gibt sie als EN-ISO-Normen heraus. Zudem werden weitere Normen erarbeitet.

Die BIM-Taskgroup der Europäischen Union steht erarbeitet ein Handbuch mit Hilfe dessen Regierungen und öffentliche Auftraggeber die Verbreitung der BIM-Methode unterstützen können.

Auf schweizerischer Ebene gibt der SNV die Normen heraus, diese werden von verschiedenen Organisationen erarbeitet (z.B. SIA), die jeweils in verschiedenen Gremien zusammengeschlossen sind. Einen Einblick in die verschiedenen Organisationen ist im folgenden Kapitel 5.5.1 ersichtlich.

5.5.1 Standardisierung

Die Standardisierung in Planung und Bau hat in der Schweiz eine lange Tradition. Zur Förderung der Digitalisierung haben sich zwei Organisationen herausgebildet, siehe Abbildung 32.

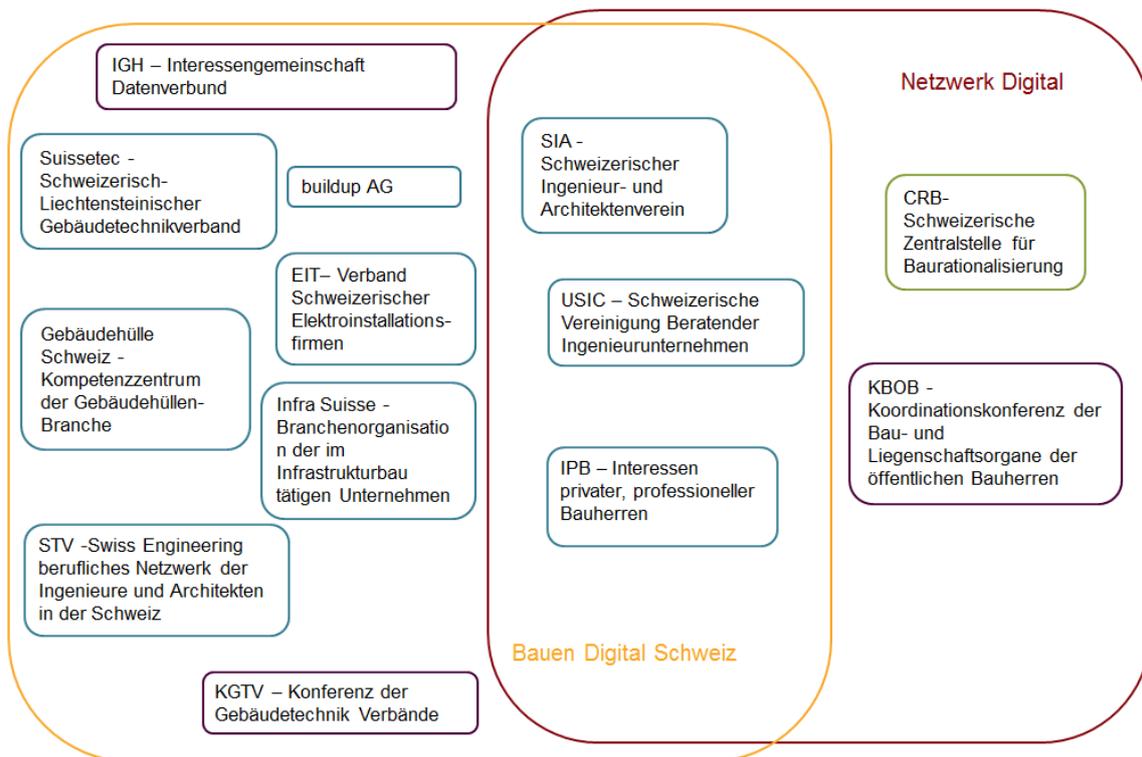


Abbildung 32: Aktive Organisationen bei Bauen Digital Schweiz und bei Netzwerk digital. Farblegende: blau=Verbände, rot=staatliche Institution und Dachverbände, grün=andere Organisationen

«netzwerk_digital»

Mehrere Akteure haben sich 2016 zum «netzwerk_digital» zusammengeschlossen. Diese „Koordinationsstelle zur digitalen Transformation des Planungs-, Bau- und Immobilienwesens“ nannte im November 2018 drei Schwerpunkte der zukünftigen Arbeit: Normen und Standards, nutzungsorientierte Anwendung, Befähigung (Aus- und Weiterbildung). Zudem sollen weitere Organisationen einbezogen werden.

Bauen digital Schweiz

Seit 2016 führt die Interessengemeinschaft «Bauen digital Schweiz» das Schweizer Chapter von buildingSMART (siehe Kapitel 5.1.2).

SIA

Der SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) hat den Auftrag für die Normenarbeit im Bauwesen und bietet Werkzeuge zur Anwendung der Normen (z.B. Berechnungstools, Richtlinien etc.) an. Diese Normierung basiert auf Freiwilligenarbeit im Milizprinzip und findet national, aber auch international (CEN, ISO) statt. Dadurch sind die SIA-Normen in der Baubranche stark verbreitet.

CRB

Die Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB entwickelt zusammen mit den Fachverbänden und im Auftrag der schweizerischen Bauwirtschaft Standards für die Planung, Ausfüh-

ung und Bewirtschaftung von Bauwerken. Der 1959 gegründete Verein wird von den massgebenden Verbänden und Organisationen der Schweizer Bauwirtschaft getragen.

Zu den angebotenen Produkten und Standards zählen:

- NPK: Normpositionen-Katalog
- BKP: Baukostenpläne
- PRD: Suchmaschine im Bereich der Bauzulieferindustrie.

Der Einsatz der CRB-Standards in den verschiedenen SIA-Phasen ist in Abbildung 33 dargestellt.

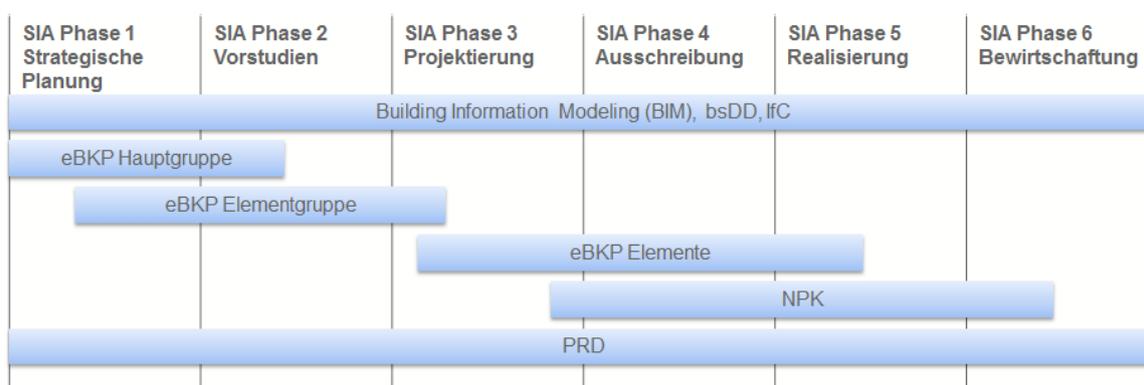


Abbildung 33: Übersicht über die vorhandenen Kataloge und die entsprechenden SIA-Phasen, angelehnt an CRB

KBOB

Die KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren) wurde 1968 als Koordinationsgremium der Bauorgane des Bundes ins Leben gerufen, namentlich für Fragen des Submissionswesens, der Teuerungsabgeltung auf Bauleistungen und der Architekten- und Ingenieurhonorare.

IPB

Die Interessengemeinschaft privater, professioneller Bauherren (IPB) setzt sich aus namhaften, schweizweit sowie international tätigen Firmen zusammen, welche im Bau- und Immobilienbereich verantwortungsbewusst und nachhaltig investieren und realisieren.

IGH

Die Interessengemeinschaft Datenverbund (IGH) stellt das Format, die Technik und das Know-how für den standardisierten Datenaustausch zwischen den Partnern sicher. Die IGH zählt zurzeit 115 Mitglieder, die sich aus 113 führenden Lieferanten der Bereiche Heizung, Lüftung, Sanitär und Elektro sowie dem Schweizerisch-Liechtensteinischen Gebäudetechnikverband (suissetec) und EIT.swiss zusammensetzen.

Ihr Produkt DataExpert® ist die Norm und die Technik für den standardisierten Datenaustausch in der Gebäudetechnik. Mit ihr werden die Produktdaten standardisiert gesammelt und für Ausschreibungen, Bestellungen, etc. bereitgestellt.

- DataExpert®BIM: Neues Datenformat für den standardisierten Datenaustausch von Ausschreibungs- wie auch BIM-Daten.
- Dataselct.ch erlaubt:
 - Katalogdaten im Format DataExpert zu importieren
 - (lokal oder direkt per Download / Katalog als xml oder auch als zip),
 - alle Informationen zu visualisieren (auch Bilder),
 - gewünschte Daten zu selektionieren und in ein
 - beliebiges Verarbeitungsprogramm zu exportieren, so dass die Weiterverarbeitung dieser Daten erfolgen kann.

BuildUp

buildup hat sich zum Ziel gesetzt die weltweit führende Informationsquelle für Bauprodukte zu werden. Jedes auf dem Markt verfügbare und verbaute Produkt soll bei buildup gelistet und auffindbar sein.

Buildup ist auch verantwortlich für das Projekt der eidgenössischen Kommission für Technologie und Innovation zum Aufbau der Swiss BIM Library.

suissetec

Die Kalkulationsgrundlagen des Gebäudetechnikfachverbandes werden in Zukunft einen wesentlichen Teil zur Umsetzung der Digitalisierung und Rationalisierung in der Gebäudetechnik beitragen.

5.5.2 Aus- und Weiterbildung

Im Folgenden sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige Anbieter von Aus- und Weiterbildungen zum Thema BIM aufgelistet.

- Bauen Digital Schweiz veröffentlicht regelmässig Aus- und Weiterbildungsveranstaltungen auf deren Website (<https://bauen-digital.ch/de/events/>)
- Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW: u.a. MAS FHNW Digitales Bauen: <https://www.fhnw.ch/de/weiterbildung/architektur-bau-geomatik/digitales-bauen/mas-fhnw-digitales-bauen>
- Zürcher Schule für angewandte Wissenschaften ZHAW: CAS Life Cycle Management Immobilien (BIM als Teilaspekt).
- Fachhochschule Bern: CAS Digital Planen, Bauen, Nutzen: <https://www.ahb.bfh.ch/index.php?id=934>
- Schweizerische Technische Fachschule Winterthur: Dipl. Techniker NDS HF Building Information Modeling (BIM):
- CRB veranstaltet regelmässig Seminare und Workshops zum Thema BIM. Eine aktuelle Auflistung findet sich hier: <http://www.crb.ch/crbOnline/Schulung.html>

- Das Open BIM Forum findet jährlich statt: <http://openbim.ch/forum/info/>
- Der Schweizer Ingenieur- und Architektenverband SIA bietet regelmässig in der ganzen Schweiz Veranstaltungen zum Thema BIM an. <http://www.sia.ch/de/agenda/>
- Mensch und Maschine Schweiz AG: <https://www.wirmachenbim.com/ch/ausbildung/>
- Computer Works: <https://www.computerworks.ch/unternehmen/grundkurs-bim-manager.html>

Die Auflistung zeigt, dass es im Bereich BIM nicht an Weiterbildungsangeboten mangelt. Dies spiegelt sich auch in der Umfrage (siehe Kapitel 3.2.1, Abbildung 16): im Bereich Planungstools wurden am meisten Aus- und Weiterbildungen besucht.

5.6 Best Practice

Ein gelungenes Beispiel für ein Bauprojekt, bei dem die BIM-Methode umfassend angewendet wird, ist der Neubau BB12 des Inselspitals in Bern.

Spitäler gehören zu den komplexesten Bauprojekten, da sie sehr viele verschiedene Funktionen erfüllen müssen. Daher wurden als erstes die bestehenden Prozesse analysiert: Wann bewegen sich die Patienten und Ärzte von und zu welchen Orten? Welche Medien (Gas, Wasser etc.) werden wo benötigt? Anhand dieser Analyse wurden die Prozesse optimiert und ein Konzept erarbeitet. Dieses Konzept wurde mit dem baulichen Masterplan abgeglichen und darauf basierend wurde das Gebäude entworfen.

Um allen verschiedenen Interessen und Infrastrukturen gerecht zu werden, wird dieses Bauprojekt mit der BIM-Methode geplant und gebaut. Dadurch sind die Zusammenarbeit, die Datenflüsse, die Prozesse, die Termine, die Zuständigkeiten und die Kosten einheitlich strukturiert, was die Steuerung und das Controlling des Projektes vereinfacht.

Weitere Informationen zu diesem Projekt finden sich unter anderem in der Präsentation von Bruno Jung, dem Gesamtprojektleiter für den Neubau BB12, vom Juni 2017 im Rahmen des BIM-Kongresses 2017 [33]

6. Digitalisierung in der Ausschreibung (SIA-Phase 4) und Realisierung (SIA-Phase 5)

Die Ausschreibungsphase (SIA-Phase 4) wird mit dem Schliessen der Werkverträge abgeschlossen. Die Phase der Realisierung (SIA-Phase 5) umfasst:

- das Ausführungsprojekt,
- die Ausführung, bei der das Bauwerk gemäss Pflichtenheft und Vertrag erstellt wird,
- und schliesslich die Inbetriebnahme und den Abschluss des Bauprojekt durch eine Abnahme des Bauwerk, dabei wird das Bauwerk in Betrieb genommen und die letzten Mängel behoben.

Heute findet vor allem in Skandinavien bereits eine weitgehende Integration der Bauprozesse in openBIM statt. So gibt es Cloudlösungen wie z.B. Infrakit [34], die die Integration der CAD-Daten, der Messdaten und unter anderem auch der Bauabläufe zu einem digitalen Abbild ermöglichen.

6.1 Stand heute

Auch während der Ausschreibungs- und Bauphase werden Prozesse immer mehr digitalisiert abgebildet. Eine Koordination zwischen den verschiedenen Unternehmen kann mit Hilfe der BIM-Methode vereinfacht werden. Siehe dazu beispielsweise die Beschreibungen von Herzog [27] und von Neuhaus [35] in der Zeitschrift Hochparterre vom November 2018.

Die Ausschreibungsunterlagen werden heute schon meist digital zur Verfügung gestellt (beispielsweise für öffentliche Ausschreibungen: www.simap.ch).

Nebst der Koordination der Ausschreibung und Bauphase mit der BIM-Methode hat die Digitalisierung auch auf die Bauprozesse an sich einen immer grösseren Einfluss. Einige zum Einsatz kommende Methoden und Technologien sind:

- RFID (Radiofrequency identification) Chips werden zur Zugangskontrolle und der Zeiterfassung der Arbeiter verwendet. Solche Chips werden auch zur Nachverfolgung von Bauteilen und Baumaterialien verwendet (Tracking in der Logistik).
- Laserscanner werden zur Vermessung der Baustelle verwendet. Die Punktwolken können anschliessend mit entsprechender Software in 3D Modelle überführt werden. Siehe Beha-neck [36].
- Photogrammetrie (Methode zur Vermessung anhand von Photographien, vermehrt auch mit Drohnenaufnahmen) wird ebenfalls zur Vermessung von Baustellen und bestehenden Bauobjekten angewandt, wie in der Allgemeinen Bauzeitung ABZ [37] beschrieben.
- Videoauswertung von Baustellenaufnahmen erlauben es beispielsweise die Baustellenlogistik zu optimieren, indem die Reihenfolge der Anlieferungen bestimmt wird. Bei solchen Auswertungen ist auf den Datenschutz zu achten.

- Satellitenpositionierung (GPS-Tracking) wird zur Ortung von Fahrzeugen und Maschinen verwendet. Mit solchen Daten lassen sich Bewegungsprofile erstellen und optimieren, siehe z.B. <https://www.trendfire.com/de/ortung-baumaschinen/>
- Elektronisches Bautagebuch: Programme zur Dokumentation des Baufortschrittes. Diese Programme helfen unter anderem Termine zu koordinieren, Mängel zu dokumentieren und Begehungen zu protokollieren, siehe z.B. https://www.vordruckverlag.de/htm/software_bautagebuch_mobile.htm.
- Neue Baumethoden wie 3D Druck und der Einsatz von Robotern werden vereinzelt getestet, siehe z.B. <https://www.detail.de/artikel/beton-3d-druck-auf-der-baustelle-29487/>.

6.2 Mögliche künftige Entwicklungen

Generell lässt sich sagen, dass die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit fortschreitender Digitalisierung an Bedeutung gewinnt. Zudem finden immer mehr neue Disziplinen ihren Weg in die Bauwirtschaft, wie z.B. Computerwissenschaften, Steuerungs- und Regelungstechnik, Materialwissenschaften, Struktursimulationen und Berechnungen, Robotik, etc. Dies verlangt von den etablierten Akteuren eine gewisse Offenheit und Neugierde.

6.2.1 Ausschreibungen

Künftig könnte nebst der Ausschreibung auch die Angebotseingabe, Projektbewertung und Projektvergabe elektronisch erfolgen. Dazu bieten Fachverbände Kalkulationsgrundlagen, die in Zukunft einen wesentlichen Teil zur Umsetzung der Digitalisierung und Rationalisierung in der Gebäudetechnik beitragen werden (z.B. Kalkulationsgrundlagen von *suissetec*).

6.2.2 Baumethoden

Eine weitergehende Nutzung der BIM-Methode, z.B. Building Assembly Modeling (BAM) über die Planung hinaus während der Bauphase, ist auch künftig in der Schweiz denkbar, siehe z.B. Jung [33]. Insbesondere ist die Erweiterung der Daten im digitalen Abbild mit den technischen Daten (Datenblatt im IFC) der Anlagen ein weitergehender Schritt in Richtung digitalisierter Bauwirtschaft. So lassen sich beispielsweise im digitalen Modell die Anforderungen an den Brandschutz der einzelnen Bestandteile festhalten, sodass auf der Baustelle direkt klar ist, welches Bauteil mit welchen Hilfsmitteln wo einzubauen ist.

Nebst dem Einsatz der BIM-Methode ermöglicht die Digitalisierung auch neue Baumethoden.

Die digitale Vor-Ort-Fabrikation mit 3D-Druckern und Baustellen-Robotern wird getestet und könnte Auswirkungen auf die Gestaltung künftiger Baustellen haben, siehe z.B. [38] und <http://www.dfab.ch>. So spielt die Interaktion zwischen Menschen und Maschinen eine immer wichtigere Rolle. In einigen Jahren könnte es beispielsweise alltäglich sein, dass nebst Bauarbeiten sich Roboter auf einer Baustelle bewegen. Wie die Sicherheit für alle Beteiligten sichergestellt werden kann, ist eine Frage, die sich dann stellen wird.

Die massgeschneiderte und digitale Vorfabrikation wird vermehrt eingesetzt. Durch neue Methoden zur Optimierung der Tragstrukturen (Simulationen) sind neue Geometrien (Freiformen) mög-

lich. Denkbar ist auch, dass Teile der Gebäudetechnik in vorgefertigte Bauteile integriert wird (z.B. das Einfügen von Leitungen und Leerrohren in die 3D gedruckten Bauteile).



Abbildung 34: 3D Drucker für Hausbau, Bild von 3DPrinthuset (Dänemark) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)]

Die Digitalisierung ermöglicht auch die Verwendung von neuen Materialien (Holzverbunde, Aerogele), die auf ihre spezifische Aufgabe im Gebäude optimiert sind.

Auch Visualisierungen spielen in der Ausschreibungs- und Bauphase eine wichtige Rolle, so kann beispielsweise der Einsatz von Maschinen genau kontrolliert werden.

6.3 Chancen und Risiken

Mögliche Chancen der Digitalisierung in der Ausschreibungs- und Bauphase:

- Eine Kostenreduktion durch neue Baumethoden und bessere Organisation ist möglich
- Freiformen möglich: neue Geometrien und neue Gestaltungsmöglichkeiten werden durch neue Fertigungsmethoden möglich
- Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden durch optimierte Bauabläufe und Einbau/Inbetriebnahme der entsprechenden Installationen

Hindernisse und Risiken können sein:

- Der Einsatz von neuen Baumethoden und –Materialien birgt Risiken, da noch wenig Erfahrung vorhanden ist. So kann sich herausstellen, dass eine neue Baumethode den qualitativen Anforderungen nicht genügt, oder dass ein neues Material vorzeitig altert. Nicht alle physikalischen Eigenschaften lassen sich im Labor vorgängig testen.

- Die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschinen ist nicht immer einfach zu klären. So muss die Bedienung von und der Umgang mit neuen Maschinen gelernt werden. Auch die zunehmende Autonomie von Maschinen kann Schwierigkeiten bereiten, da eine räumliche Abgrenzung zwischen dem Arbeitsbereich der Menschen und demjenigen der Maschine schwieriger wird.
- Bei allen neuen Technologien ist meist die Frage der Interoperabilität und der Standardisierung ungelöst.
- Der wirtschaftliche Nutzen von neuen Technologien ist oft nicht sofort absehbar.
- Der Mangel an qualifizierten Arbeitskräften kann sich als grosses Hindernis erweisen.

6.4 Best Practice

Beim Umbau von ehemaligen Fabrikhallen in der Stadt Zürich wird der gesamte Umbau digital vorangetrieben. Bevor mit dem Umbau begonnen wurde, wurden alle Gebäude mit Lasern vermessen und ein digitales Modell erstellt. Dieses Modell bildete die Basis für die Planung des Umbaus.

Auch während des Umbaus wird vor allem über eine digitale Plattform kommuniziert. So können unterschiedliche Arbeiten räumlich und terminlich koordiniert werden. Bauteile und Aufträge können direkt auf der Baustelle vergeben werden, da alle notwendigen Informationen im Modell abgespeichert sind, was Zeit und Kosten spart. Zudem lässt sich jederzeit die Historie des Bauprojektes und jeder einzelnen Etappe nachvollziehen.

Voraussetzung für eine solche Baustelle ist, dass alle beteiligten Unternehmen mitziehen. So wurde im Falle der Baustelle an der Lessingstrasse bereits bei der Ausschreibung darauf hingewiesen, dass diese Baustelle über eine digitale Plattform organisiert wird.

Die Baustelle wurde in einem Artikel der Zeitschrift Hochparterre im Detail beschrieben, siehe [39].

7. Digitalisierung in der Bewirtschaftung (SIA-Phase 6)

Die SIA-Phase 6 Bewirtschaftung umfasst:

- den Betrieb, in dem der Betrieb sichergestellt und optimiert wird.
- die Erhaltung (Unterhalt und Instandhaltung), bei der der Bauwerkzustand geklärt und der Unterhalt sichergestellt wird, und die Dauerhaftigkeit und der Wert für die Restnutzungsdauer aufrechterhalten werden.

Auch in dieser Phase kommt die BIM-Methode zum Einsatz, siehe auch Kapitel 5.1. Verbreitet für diese Phase ist auch der Begriff BOOM (Building Operational and Organisational Modeling) was die Nutzung des digitalen Modells in der Bewirtschaftung des Bauwerks bedeutet.

Digitalisierung bietet die Möglichkeit bisher getrennte Tätigkeiten miteinander zu verknüpfen und bildet die Basis für neue Geschäftsmodelle und Anwendungen, z.B. kann ein Gebäudetechnikunternehmen auch zunehmend Überwachungs- und Steuerungsfunktionen übernehmen (über vernetzte Geräte).

7.1 Stand heute

Die Bewirtschaftung eines Gebäudes ist die längste und wichtigste Phase in dessen Lebenszyklus. Schon heute werden Prozesse digital abgebildet:

- Software zur Instandhaltungsplanung
- Fernwartung von Heizsystemen
- Zusammenspiel von PV-Anlage, Batteriespeicher und Wärmepumpe zur Maximierung des Eigenverbrauchs, siehe <https://www.smartgridready.ch/>

7.2 Technologien

7.2.1 Vernetzte Geräte (Internet of Things IoT)

Eine zentrale Technologie der Digitalisierung sind vernetzte Geräte, die grob gesagt aus Computern/Mikrocontrollern, Sensoren und Aktoren bestehen und zudem an das Internet angeschlossen sind. Somit können Daten übermittelt und/oder Befehle können aus der Distanz an das Gerät gesendet werden. Die Sensoren sind technische Bauteile, die physikalische Messgrößen in elektrische Signale übersetzen (z.B. Temperatursensor, Drucksensor, Helligkeit etc.). Aktoren sind technische Bauteile, die ein elektrisches Signal in eine physikalische Veränderung umwandeln (z.B. Schrittmotor, Pneumatik-Zylinder, Heizwiderstand, etc.). Die Verbindung zum Internet erfolgt vorzugsweise verschlüsselt um unerlaubten Parteien den Zugriff auf die Geräte zu verbieten.

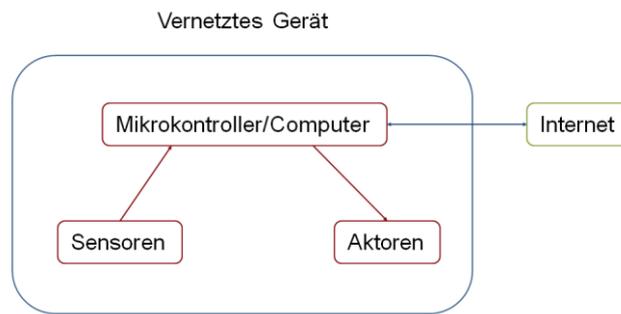


Abbildung 35: Schematische Darstellung eines vernetzten Geräts

In Abbildung 35 ist ein vernetztes Gerät schematisch dargestellt. Die Sensoren liefern Messwerte (Input) an einen Mikrocontroller oder Computer, dieser bewertet die Messwerte und schickt entsprechende Signale (Output) an die Aktoren. Der Mikrocontroller oder Computer kann mit dem Internet verbunden werden und somit Messwerte an eine entfernte Stelle übertragen oder Befehle empfangen. Man spricht in diesem Fall vom Internet der Dinge (englisch Internet of things IoT).

Viele Geräte können auf diese Weise durch manuelle Einstellung oder automatisch überwacht und gesteuert werden. Einige mögliche Anwendungen:

- Durch vernetzte Thermostate kann die Temperatur in jedem Raum einzeln angepasst werden.
- Licht: Lichtstimmung kann für jeden Raum und Tageszeit bestimmt werden.
- Geräte wie z.B. Kühlschrank oder Kochherd können aus der Ferne angesteuert werden.
- Fernsteuerung der Unterhaltungselektronik (Musik, TV-Gerät, etc.)
- Schlüsselfreie Eingangskontrolle.
- Sicherheits- Überwachungssystem (z.B. Kameraüberwachung).
- Netzdienlicher Betrieb von Geräten (z.B. Waschmaschine).

Viele Unternehmen bieten oft Gesamtlösungen an. Wenn viele solcher Geräte in einem Haus miteinander verbunden sind, dann spricht man auch von Smart home.

7.2.3 Kommunikation und Schnittstellen

Smart Meter und andere vernetzte Geräte (IoT), wie zum Beispiel die Überwachung einer Solaranlage können mit einer Vielzahl an Technologien ans Internet angebunden werden. Dies kann durch Verkabelung (Daten- oder z.T. auch Stromleitung) erfolgen, was aber - je nach Lage - zu einer teuren und aufwändigen Installation führt, oder kabellos über Funk (z.B. WLAN, Mobilfunk, LoRa, Bluetooth etc.), sofern die Signalstärke reicht.

Die Weiterentwicklung des Mobilfunks (5G-Netz) ermöglicht viele Neuerungen, da die Latenz der Datenübertragung stark verringert und die Bandbreite vergrößert wird. So können im 5G-Netz eher zeitkritische Daten übertragen werden. In der Schweiz wird das 5G-Netz von mehreren Netzbetreibern schon an mehreren Orten eingeführt und getestet und soll in den kommenden Jahren flächendeckend ausgebaut werden. Verzögerungen aufgrund von Widerständen gegen Antennen sind jedoch zu erwarten.

Neuere Entwicklungen in der Luft- und Raumfahrt haben zu einer enormen Kostensenkung im Betrieb von Satelliten geführt. So ist es denkbar, dass künftig Geräte direkt über Satelliten kommunizieren. Weltumspannende Satellitennetzwerke werden unter anderem von Starlink (Teil von SpaceX mit 12'000 Satelliten) und OneWeb (mit 900 Satelliten) geplant.

Auch die Kommunikation unter verschiedenen Geräten spielt zunehmend eine Rolle, dafür stellen die Hersteller von vernetzten Geräten im Idealfall eine API (Application Programming Interface, also Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung) zur Verfügung. Eine API definiert auf technischer Ebene, wie das entsprechende Gerät angebunden werden kann. Meist wird dazu eine umfangreiche Dokumentation bereitgestellt, in welcher die einzelnen Befehle genau erklärt werden.

Solche Schnittstellen erlauben einerseits externen Organisationen auf interne Daten und Funktionen zu zugreifen und neue Anwendungen zu entwickeln. Andererseits kann die Bereitstellung einer API auch Vorteile für das Unternehmen selbst bringen, da Anwendungen von Dritten die Entwicklung neuer Produkte inspirieren können.

Das Unternehmen Sonnen in Deutschland, das ein grosser Player im Bereich der Heimbatterien ist, stellt beispielsweise eine API zur Verfügung (siehe [40]). Mit dieser lässt sich unter anderem der Ladezustand der Batterie (State of Charge SoC) auslesen und als Regelgrösse für zum Beispiel die Ansteuerung einer Wärmepumpe verwenden (z.B. wenn SoC > 90% Start Wärmepumpe).

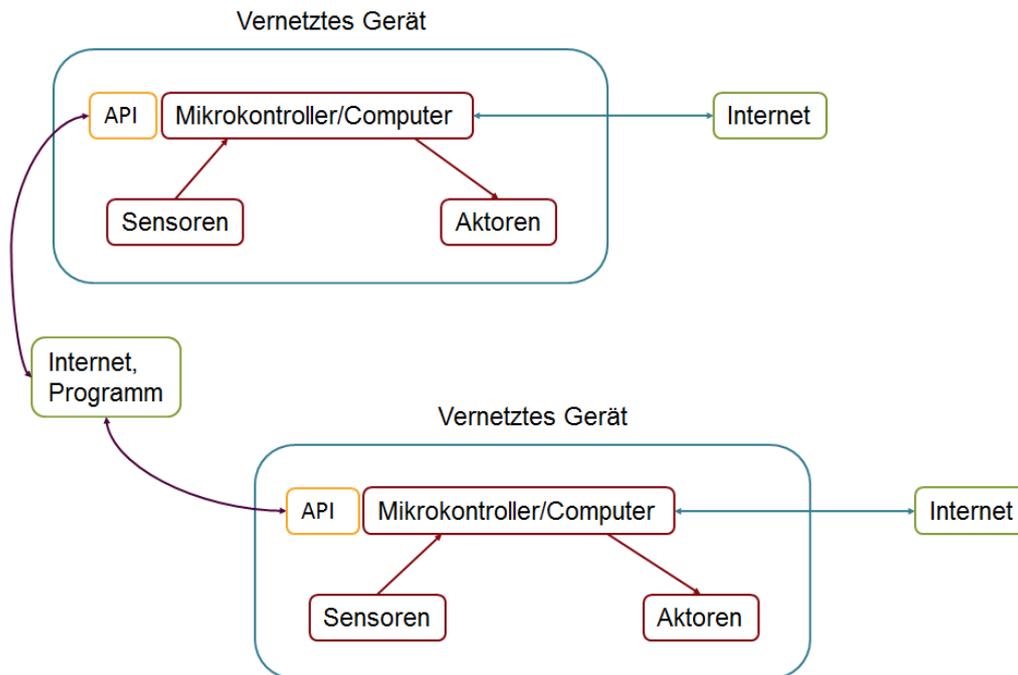


Abbildung 37: Schematische Darstellung API

Um die Kommunikation zwischen den Geräten zu vereinfachen, wird die Standardisierung vorangetrieben. Für die Kommunikation zwischen Heizungssystemen und Stromlieferanten (oder PV Wechselrichter) werden beispielsweise die Labels „PV-Ready“ und „SG-Ready“ (SG = Smart Grid) verwendet. Ein ungelöstes Problem ist dabei, dass sich die Interessen der Hersteller verschiedener Geräte nicht immer decken. So kann der Hersteller einer Wärmepumpe das Leistungsanforderungssignal des Wechselrichters ignorieren, wenn die Gefahr besteht, dass ein schneller Lastwechsel zu technischen Problemen der Wärmepumpe führen kann und somit zu einer Minderung der Lebensdauer oder des Wirkungsgrades. Auch hier ist eine Entwicklung hin zu einer interdisziplinären Systembetrachtung wünschenswert. Hilfreich ist sicher auch der Einbezug aller Interessengruppen bei der Erarbeitung von Standards um breit akzeptierte Kompromisse zu finden. Ein Ansatz für eine solche Standardisierung verfolgt der Verein smart grid ready mit dem Bereitstellen eines Labels, das die Kommunikation zwischen den Geräten vereinfachen soll, siehe <https://www.smartgridready.ch>.

7.2.4 Methoden

Durch die wachsende Verbreitung von Sensoren und Aktoren entstehen immer grössere Datenmengen. Sind diese Datenmengen nicht mit traditionellen Methoden auswertbar (zu grosse Mengen, unstrukturiert, zu komplex, etc.) spricht man von Big Data.

Die Nutzung dieser Daten erfordert klar definierte Strategien bezüglich Sicherheit und Datenschutz ebenso wie ein fundiertes Wissen in der Aufbereitung solch grosser Datenmengen. Denn es erscheint wenig sinnvoll grosse Mengen an Daten zu sammeln und diese anschliessend nicht zu nutzen.

Immer häufiger werden solche Datenmengen mit maschinellem Lernen analysiert, oft wird auch der Begriff künstliche Intelligenz (oder auch Artificial Intelligence – AI) verwendet. Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz sind ein Teilgebiet der Informatik, und im Allgemeinen werden darunter Methoden verstanden, an Hand derer Systeme autonom Entscheidungen treffen können und sich an die Randbedingungen anpassen können (autonome und adaptive Systeme), siehe Reaktor [41]. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz lassen sich Probleme lösen, die bis anhin nicht durch herkömmliche Algorithmen gelöst werden konnten.

Anwendung findet maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz bereits heute:

- Amazon schlägt seinen Kunden Produkte vor, die von Personen mit ähnlichen Vorlieben bereits gekauft wurden, Terdimann [42]
- Waymo trainiert seine autonomen Autos mit Hilfe von künstlicher Intelligenz, Quach [43]
- In der Medizin wird maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz zur Diagnose verwendet (computer aided diagnosis), dabei werden unter anderem Mammographien als Datenbasis genutzt, um die entsprechenden Algorithmen zu trainieren, Borus [44].
- Und in vielen weiteren Gebieten: Spracherkennung, Bildverarbeitung, Wetterprognosen, Landwirtschaft und Finanzanalysen, etc.

Einen interessanten Ansatz zum Thema „Künstliche Intelligenz“ hat Finnland gewählt: Um mögliche Anwendungen zu finden und die Bevölkerung über Risiken und Chancen zu informieren, wurde ein Kurs entwickelt, den 1 % der Bevölkerung – von der Bankerin, über den Zahnarzt bis zum Techniker - besucht haben, siehe Delcker [45].

In der Gebäudetechnik wird maschinelles Lernen derzeit unter anderem zur automatischen Einstellung von Klimaanlage und Thermostaten und zur Optimierung von Instandhaltungsplänen eingesetzt, wie Verma [46] beschreibt. Überall dort, wo grosse Datenmengen anfallen oder anfallen können, wird vermehrt auf Automatisierung mit Techniken des maschinellen Lernens gesetzt.

7.3 Anwendungen und neue Geschäftsmodelle

Digitalisierung in der Gebäudetechnik führt zu neuen Anwendungen und wird auch zu neuen Geschäftsmodellen führen. Im Folgenden sind ein paar Anwendungen aufgeführt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

7.3.1 Energiemanagement: Sicht des Energieversorgers und des Netzdienstleisters (Smart Grid)

In einem Stromnetz muss konstant die Balance zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch gewahrt werden, um Stromausfälle zu vermeiden. Die Netzfrequenz dient dabei als Mass der Stabilität, sinkt sie, so fehlt Strom im Netz, nimmt sie zu stark zu, so ist zu viel Strom im Netz. Mit der Zunahme von neuen erneuerbaren Stromerzeugern wie Photovoltaik und Windturbinen wird die aktuelle Stromproduktion schwerer voraussagbar, daher werden Möglichkeiten gesucht, das Stromnetz dennoch stabil zu halten.

Es ist im Interesse des Netzbetreibers die Produktion und den Verbrauch von Elektrizität zu beeinflussen. Durch die Digitalisierung eröffnen sich dabei neue Möglichkeiten:

- Lastensteuerung (Demand Side Management): Abstimmen von Stromverbrauchern mit der Stromproduktion.
- PV und Batterien: Eine intelligente Abstimmung zwischen PV und Speicher kann den Eigenverbrauch deutlich steigern, was die Kosten senkt und auch, durch eine weniger variable Stromproduktion, eine tiefere Netzbelastung bewirkt, die eine höhere Durchdringung von erneuerbaren Energien ermöglicht.
- Virtuelle Kraftwerke: Ein ähnliches Konzept, das, durch die Zusammenschaltung von dezentralen Stromerzeugungseinheiten die Regelung der Energieproduktion zentralisiert.
- Verstellung des Leistungsfaktors (Verhältnis Wirk- zu Scheinleistung $\cos\varphi$) von PV-Anlagen aus der Ferne zur Stabilisierung des Netzes

Die Verbindung dieser intelligenten Steuerungen zu einem sogenannten Smart Grid soll es ermöglichen, die Netzregulierung zu automatisieren und zu vereinfachen, sodass der Anteil an neuen erneuerbaren Energien gesteigert werden kann. Erste Gedanken finden sich hierzu in der Smart Grid Roadmap des BFE [47], welche wiederum seitens BFE noch ausgebaut und vertieft wurde in „Digitalisierung im Energiesektor. Dialogpapier zum Transformationsprozess.“, [4].

7.3.2 Vorausschauende Instandhaltung

Im Unterschied zur vorbeugenden Instandhaltung, bei der regelmäßige Instandhaltungsarbeiten nach vorgegebenem Zeitplan erfolgen, wird bei der vorausschauenden Instandhaltung (predictive maintenance) nur dann gehandelt, wenn es nötig ist. Um mit dieser Strategie dennoch erfolgreich sein zu können ist ein umfangreiches Netz an Überwachung der Installationen nötig.

Mit fortschreitender Digitalisierung wird die Überwachung von Betriebszuständen zunehmend einfacher (z.B. durch vernetzte Sensoren). Anhand dieser Daten lassen sich zum Beispiel mit Hilfe von maschinellem Lernen detaillierte Analysen durchführen und die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Systembestandteiles und die Auswirkungen eines Ausfalls abschätzen. Die Ursprünge der vorausschauenden Instandhaltung sind daher auch in der Überwachung von Datacentern zu finden. Die Ausfallwahrscheinlichkeit und die möglichen Auswirkungen eines Ausfalls geben vor, ob in einem bestimmten Fall Instandhaltungsmassnahmen ergriffen werden oder nicht.

In Abbildung 38 ist schematisch dargestellt anhand welcher Anzeichen (z.B. Temperatur, Geräusche etc.) der Zustand eines Gerätes abgeschätzt werden kann. Ziel der vorausschauenden Instandhaltung ist es ein Gerät in dem Zustand zu ersetzen oder zu reparieren, bei dem die Kosten für die Reparatur und den Ausfall des Bauteils überschaubar sind.

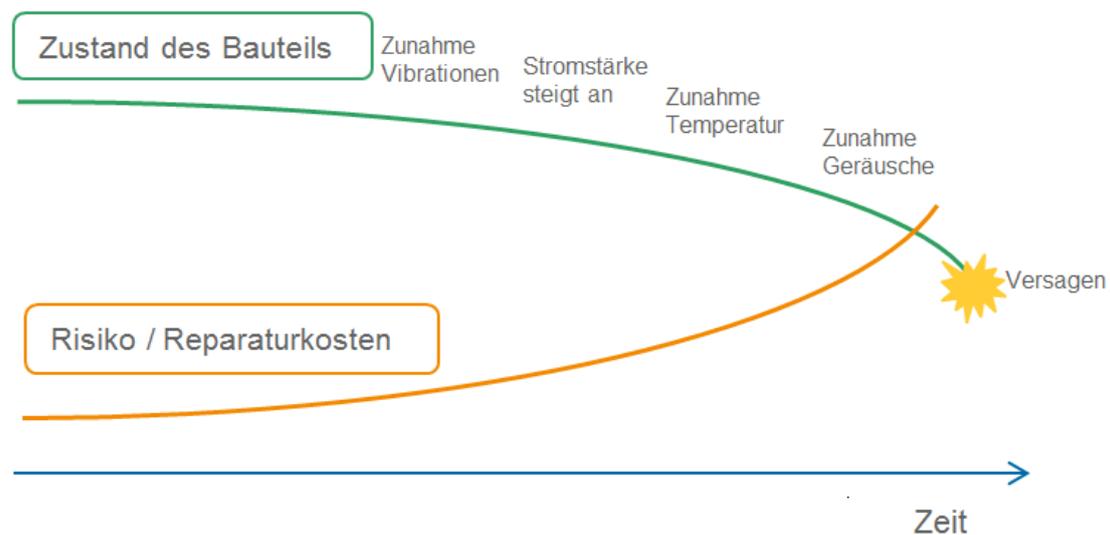


Abbildung 38: Vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance PdM) und zustandsbasierte Instandhaltung (Condition based maintenance CBM), graphische Darstellung angelehnt an Essa [48]

Derzeit werden solche Systeme vor allem bei grossen Anlagen genutzt.

Die Überwachung von Installationen bietet nebst der vorausschauenden Instandhaltung auch weitere Vorteile:

Eine Anbindung ans Internet kann auch dafür genutzt werden, Fernwartung zu betreiben und den Kunden zu entlasten.

Zudem bietet eine solche Anbindung immer die Möglichkeit Software-Updates durchzuführen (vor allem zur Schliessung von Sicherheitslücken), was die Resilienz des Gesamtsystems erhöht. Zudem können auf diese Weise zusätzliche neue Funktionen auf Geräte installiert werden.

7.3.3 Eigenverbrauchsoptimierung und P2P (peer to peer) -Transaktionen

Die Auswertung von Daten wie Wetterprognosen und Nutzergewohnheiten kann mit Hilfe von maschinellem Lernen zu einer Steigerung der Energieeffizienz der Gebäudetechnik und – falls vorhanden – zu einem höheren Eigenverbrauch der Photovoltaikanlagen führen. Dies ist sowohl ökologisch als auch ökonomisch von grossem Vorteil.

Mit der Revision des Schweizer Energiegesetzes, gültig seit 1. Januar 2018, können Endverbraucher Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch (ZEV) bilden und vor Ort produzierten Strom selber verbrauchen. Die Digitalisierung kann dabei die interne Abrechnung vereinfachen.

Die Digitalisierung kann auch den direkten Stromhandel zwischen Nachbarn vereinfachen, ohne dass ein Energieversorger dazwischen geschaltet ist. Man spricht in diesem Fall von Peer-to-Peer Transaktionen. Derzeit wird ein solches Projekt in Walenstadt erprobt. Die angeschlossenen Haushalte handeln mit dem Strom untereinander, zudem sind Speicher eingebunden. Die Transaktionen werden automatisch über die Smart Meter abgewickelt. Die Nachverfolgbarkeit der Transaktionen ist durch das Abspeichern in einer Blockchain gesichert. Dieses Projekt wurde vom

Bundesamt für Energie mitfinanziert und wird von akademischer Seite (Bits to Energy Lab, ETH) eng begleitet, für weitere Informationen siehe <https://quartier-strom.ch>.

Es sind viele weitere Anwendungen und Geschäftsmodelle denkbar, die durch digitale Technologien ermöglicht werden, auch hier sei auf den Bericht des BFE „Digitalisierung im Energiesektor. Dialogpapier zum Transformationsprozess.“ [4] verwiesen.

Welche Konzepte und Anwendungen erfolgreich sein werden, lässt sich nicht sagen. Sicher ist, dass auch die Gebäudetechnikbranche von Änderungen betroffen sein wird. Es ist daher sinnvoll sich über laufende Entwicklungen zu informieren und neugierig zu bleiben und es ist oft auch hilfreich neue Anwendungen oder Konzepte auszuprobieren.

7.4 Chancen und Risiken

Digitalisierung der Gebäudetechnik in der Betriebsphase ist vor allem auf vernetzte Geräte angewiesen. Diese Geräte können jedoch nur nach aussen kommunizieren, wenn die Kommunikationsinfrastruktur es erlaubt. Mangelnde Kommunikationssignale im Bereich der Gebäudetechnikanlagen sind häufig ein Hindernis. Geräte befinden sich häufig in Kellern, wo einerseits Mobilfunksignale meist schwach sind und andererseits die Signalstärke von drahtlosen Netzwerken ebenfalls unzureichend ist.

Mangelnde oder zu weit gefasste Standards in der Kommunikation zwischen den Geräten sind häufig ebenfalls ein Hinderungsgrund für die digitale Integration von Gebäudetechnik. So ist heutzutage die einfachste Lösung die komplette Haustechnik aus einer Hand zu bestellen. Dies führt jedoch zur starken Abhängigkeit von einem Anbieter, was unter Umständen nachteilig sein kann. So kann es sein, dass die einzelnen Geräte des Anbieters für bestimmte Aufgaben nicht optimal sind.

Der Unterschied in der Lebensdauer zwischen digitalen Systemen (ca. 2 bis 10 Jahre) und der Gebäudetechnik (ca. 10 bis 20 Jahre) ist häufig ein unterschätztes Problem. Lässt sich nach 10 Jahren die Heizungssteuerung einfach ersetzen? Hat der ursprüngliche Lieferant noch das notwendige Wissen und Personal um ein defektes Gerät zu reparieren?

Oft fehlt es auch an Informationen und entsprechendem Fachpersonal. Weiterbildung und Informationsanlässe können helfen das Wissen in der Branche zu vergrössern und zu verankern.

Die Steuerung von einzelnen Geräten kann im Zusammenhang mit Photovoltaik-Anlagen zur Optimierung des Eigenverbrauchs beitragen, was energetisch und finanziell vorteilhaft sein kann. Zudem lassen sich viele Geräte optimal den Bedürfnissen der Nutzer entsprechend steuern.

7.5 Best Practice

Verschiedene Firmen bieten inzwischen Gebäudesteuerungen an, die möglichst alle Bedürfnisse und Geräte einbeziehen. So bietet die Firma Ecocoach Lösungen für die Steuerung von Einfamilienhäusern bis zu ganzen Überbauungen. Dabei können nebst der Photovoltaik-Anlage die Wärmepumpe, Heimspeicher und Ladestationen für Elektroautos sowie weitere steuerbare Verbraucher (z.B. Licht, Storen) angeschlossen und auf einander abgestimmt gesteuert werden. Mit ihrer Software ermöglicht Ecocoach die Optimierung des Eigenverbrauchs und die Erhöhung des Autarkiegrades von Gebäuden.

Die Überbauung „Am Aawasser“ in Buochs im Kanton Nidwalden wird mit einer energieautarken Versorgung gebaut. Möglich wird dies durch die Kombination der PV-Anlage mit dem neugebauten Wasserkraftwerk, das an die Überbauung angeschlossen wird, [49].

Bei grösseren Immobilienverwaltungen und auch bei Kantonen und Gemeinden werden spezielle Softwarelösungen für das Facility Management genutzt. Die Firma ICFM entwickelt solche Lösungen, die auf Grundlage des CAD Modells der Gebäude aufbaut. Mit der Software Campos lassen sich der Betrieb und der Unterhalt der Gebäude genau planen, z.B. durch die genaue Vergabe von Reinigungsarbeiten. Der Zutritt zu einzelnen Gebäudeteile kann nach Bedarf gesteuert werden.

Beim Industrieareal Joweid in Rüti werden 100'000 m² Mietfläche von der Firma ImmoLIGA betreut. Die Verwaltung der Gebäude erfolgt mit Hilfe von Campos der Firma ICFM. Die Software unterstützt unter anderem beim Erfassen von Störungen, bei der Arealbewirtschaftung, beim Erstellen von Fluchtwegplänen und beim Liegenschaftsverzeichnis. Auch Unterhaltsarbeiten und Instandsetzungen können mit der Software einfacher geplant werden, siehe [50].

8. Datensicherheit und Datenschutz

Bei jedem Gerät, das mit Software gesteuert wird, besteht die Gefahr von Sicherheitslücken. Eine Sicherheitslücke ist ein Fehler in der Programmierung, durch den eine Schadsoftware oder ein Angreifer das Programm manipulieren kann. Fehler in der Programmierung passieren unweigerlich, verlässliche Softwareentwickler zeichnen sich unter anderem durch einen verantwortungsvollen Umgang mit Fehlern und der schnellen Bereitstellung eines Patches aus, mit dem die Sicherheitslücke geschlossen wird.

Die Gefahr, dass eine Sicherheitslücke ausgenutzt wird, ist bei mit dem Internet verbundenen Geräten höher einzuschätzen. Aber auch vom Internet getrennte Geräte können attackiert werden, wie dies beispielsweise bei Stuxnet über USB-Sticks geschah, siehe z.B. Anderson [51]. Eine hundertprozentige Sicherheit, dass ein Gerät nicht angegriffen werden kann, gibt es nicht. Dies gilt auch für alle Geräte der Gebäudetechnik, die mit Software gesteuert werden. Neben der Gefahr der Manipulation von Geräten, darf der Schutz von Daten nicht vernachlässigt werden. So können aus grossen Datenmengen eine Vielzahl an Informationen herausgelesen werden, die auf den ersten Blick nicht offensichtlich sind. Zum Beispiel konnte der Informatiker David Kriesel aus der Analyse von Spiegel Online-Artikeln über zwei Jahre Rückschlüsse auf die persönlichen Beziehungen einzelner Redakteure ziehen, siehe Kriesel [52].

Als Anlaufstelle beim Bund für die Melde- und Analysestelle Informationssicherung MELANI. Sie gibt Auskunft über aktuelle Schadsoftware und Verhaltensempfehlungen, sowohl für Privatpersonen als auch für Unternehmen (siehe <https://www.melani.admin.ch/melani/de/home.html>).

Tipps im Umgang mit firmeninternen Netzwerken werden von verschiedenen Fachverbänden herausgegeben, z.B. *suissetec* [53].

Der Umgang mit Daten und die Sicherheit von Software sollte ein integraler Bestandteil jeder Geschäftsstrategie sein und über alle Prozesse und Organisationsstrukturen mitgedacht werden.

8.1 Sicherheit

Sicherheitslücken in Software entstehen durch Programmierfehler (Bugs). Kommerzielle Software hat eine Fehlerdichte (also Anzahl Fehler pro 1000 Zeilen Code) zwischen 15 und 50, wie in McConnel [54] erklärt wird. Softwarefehler können von Angreifern genutzt werden um mit einem Exploit Schadprogramme in einem Computersystem auszuführen.

Softwarefehler können schwerwiegende Folgen haben, ohne dass ein Angreifer den Fehler ausnutzt. So fiel beispielsweise Anfang 2019 in mehreren Spitälern und Pflegeheimen in der Schweiz der Notrufknopf für die Patienten aus. Grund dafür war ein Softwarefehler im System, dieser Fehler führte zu lebensbedrohlichen Situationen für die betroffenen Patienten, siehe *Aargauer Zeitung* [55].

Sobald Softwarefehler bekannt werden, sollten sie korrigiert werden. Viele Fehler werden jedoch erst Jahre nach Erstellung der Software entdeckt. Eine Korrektur von fehlerbehaftetem Code erfolgt über einen Patch oder eine neue korrigierte Softwareversion. Das bedeutet, dass es bei je-

dem Produkt, das über Software verfügt, eine Möglichkeit geben sollte die Software nachträglich über Updates anzupassen. Es empfiehlt sich auch beim Hersteller nachzufragen, wie lange Updates für ein bestimmtes Produkt bereitgestellt werden.

Eine weitere mögliche Schwachstelle von Informationssystemen befindet sich im Datenverkehr. Durch gezielte Manipulation kann beispielsweise ein Angreifer die Kommunikation zwischen zwei Instanzen manipulieren (z.B. Man in the middle). Um diese Gefahr möglichst zu verhindern, sollte jegliche Kommunikation verschlüsselt erfolgen, z.B. mit SSL oder TLS. Am Beispiel einer smarten Glühbirne, die sich über eine App steuern lässt hat Micheal Steigerwald der Firma Vtrust in einem Vortrag eindrücklich aufgezeigt, wie einfach das Eindringen ins lokale Netzwerk über die Glühbirne möglich war, [56].

8.2 Dateneigentum und Zugriff

Welche Daten gesammelt werden und was mit ihnen geschieht, sollte im Voraus abgeklärt werden und auf Übereinstimmung mit dem Datenschutz geprüft werden. Die Analyse von grossen Datenmengen erlaubt Rückschlüsse auf das Verhalten der Personen (z.B. Ferienabwesenheiten etc.). Dies ist bezüglich des Schutzes der Privatsphäre nicht unbedenklich. Ebenso können durch vernetzte Geräte (IoT) sensitive Daten gesammelt werden. So können beispielsweise anhand von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen die An- und Abwesenheiten von Personen in Räumen nachgewiesen werden.

Es empfiehlt sich, vor der Installation von vernetzten Geräten einige Gedanken zum Umgang mit den entstehenden Daten zu machen, zum Beispiel indem folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Daten sind öffentlich, welche Daten sollen beschränkt verfügbar sein und welche Daten können nicht genutzt werden?
- Wem gehören die Daten? Wer ist dafür verantwortlich?
- Wer darf die Daten einsehen, kopieren und ändern?

Werden personenbezogene Daten gesammelt, kann eine Anmeldung beim eidgenössischen Datenschutzbeauftragten nötig werden, mehr Informationen dazu finden sich auf der Webseite des eidgenössischen Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragten (EDÖB): <https://www.edoeb.admin.ch>

Über Datenlecks wird regelmässig in den Medien berichtet. Auch im Bereich der Gebäudetechnik ist dies regelmässig der Fall. So fanden sich die Daten von Millionen Smart Home Geräten offen im Internet, inklusive Zugangsdaten, [57].

Ein verantwortungsvoller Umgang mit Daten kann die Gefahr von Datenlecks minimieren

8.3 Lebensdauer und Aufbewahrung von Daten

Elektronische Systeme und Software sind meist auf eine viel kürzere Lebensdauer ausgelegt (z.B. 5- 10 Jahre), als die Gebäude (50 -100 Jahre) und die Gebäudetechnik (20-30 Jahre). Dieser Umstand wird bei Bau von Gebäudeautomation noch wenig Rechnung getragen, sollte jedoch bereits

bei der Planung berücksichtigt werden, sodass entsprechende Geräte ausgetauscht werden können ohne die Funktion des Gebäudes zu stark zu beeinträchtigen.

Ein noch ungelöstes Problem ist die Aufbewahrung der digitalen Gebäudemodelle über die Lebensdauer eines Gebäudes. Niemand kann garantieren, dass ein heute gebräuchliches Dateiformat noch in 20 oder 30 Jahren verwendet werden kann. Dieses Problem stellt sich auch bei Archiven. Lösungsansätze bestehen darin möglichst offene Dateiformate zu verwenden, siehe Betschon [58].

9. Schlussfolgerungen

Aus den oben ausgeführten Betrachtungen können für Firmen, die in der Gebäudetechnik tätig sind folgende Empfehlungen gezogen werden:

- Digitalisierung führt zum Zusammenwachsen verschiedener Bereiche. Eine interdisziplinäre Betrachtung ist dabei oft sehr hilfreich um Probleme anzugehen.
- Gebäude sollten als Gesamtsystem betrachtet werden, statt als Zusammenbau einzelner Gewerke. Dies gilt insbesondere für die Betriebsphase.
- Eine offene und neugierige Haltung gegenüber neuen Entwicklungen hilft. Es wird empfohlen, sich aktiv mit Digitalisierung auseinanderzusetzen und sich auf dem Gebiet weiterzubilden.
- Die Sicherheit von Daten und der Datenschutz sind bei jedem Schritt in einer digitalisierten Welt zu berücksichtigen. Die Verbraucher sollen in der Lage sein, über ihre Informationen zu bestimmen.

Im Bereich Gebäudetechnik können folgende Handlungsfelder identifiziert werden:

- Sensibilisierung der Endverbraucher ist vonnöten, damit auch digitale Lösungen nachgefragt werden. Dazu gilt es, sie möglichst einfach zu informieren, z. B. über One- Stop-Shop-Lösungen. Mittelfristig könnte so nennenswerter Effizienzgewinn erzielt werden.
- Aus- und Weiterbildung, sowie vermehrte Information in der jeweiligen Branche sind zentral für eine vermehrte Integration der Einzelsysteme. Entsprechende Angebote sollten auf die konkreten Bedürfnisse abgestimmt sein.
- Standardisierung und Harmonisierung der offenen Schnittstellen in Zusammenarbeit verschiedener Verbände fördern. Dies kann technologisch durch IoT Geräte und Konversionsplattformen entstehen, aber auch auf internationaler Ebene gefördert werden.
- Förderung der Verbesserung der Kommunikationsnetze.
- Weiterentwickeln von bestehenden Kalkulationshilfsmitteln (z.B. auf Basis des Normpositionenkatalogs NPK) in Richtung digitaler Anwendung und deren BIM-Integration, wie es z.B. suissetec mit seinen Kalkulationshilfen derzeit macht.
- Datensilos öffnen und konsequenter den Open Data Ansatz vorantreiben. Verbände könnten Datenbanken zu Betriebsmitteln und ihren wichtigen Daten etablieren und öffnen um die Vernetzung zu unterstützen.
- Sensibilisierung für die Themen Datenschutz und Informationssicherheit und Bereitstellung von Hilfsmitteln.

Konkrete Projektbeispiele, wo die Gebäudetechnik von Anfang an auch als digitaler Bestandteil in die Planung eingegangen ist, können helfen Verständnis zu schaffen und die Verbreitung verschiedene Technologien zu integrieren.

Empfehlungen zuhanden des BFE:

- Pilotprojekte im Bereich der Digitalisierung könnten zu wichtigen Einblicken, gerade auch im Hinblick auf bestehende Barrieren führen.
- Die Weiterbildungsangebote sollen geschärft und ausgebaut werden. Hier soll das BFE die Verbände und Bildungsinstitutionen möglichst unterstützen.

Literaturverzeichnis

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft, «Strategie Digitale Schweiz,» Bern, 2018.
- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft, «Aktionsplan Digitale Schweiz,» Bern, 2018.
- [3] S. Dunlop, «Digitalisation & Solar Task Force Report,» Solar Power Europe, Brüssel, 2017.
- [4] M. Galus, M. Grigorie, M. Hertach und C. Holzner, «Digitalisierung im Energiesektor. Dialogpapier zum Transformationprozess,» Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2018.
- [5] Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen, «Digitalisierung,» 2019. [Online]. Available: <https://www.strom.ch/de/energiewissen/digitalisierung>. [Zugriff am 06.08.2019].
- [6] SIA, «SIA 112 Modell Bauplanung,» Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2014.
- [7] R. Agarwal, M. Sridhar und S. Chandrasekaran, «Imagining construction's digital future,» McKinsey & Company, <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>, 2016.
- [8] C. Loizos, «Pulling back the curtain on how SoftBank's massive Vision Fund works — including just how big a check it can write,» TechCrunch, <https://techcrunch.com/2018/09/28/pulling-back-the-curtain-on-how-softbanks-massive-vision-fund-works-including-just-how-big-a-check-it-can-write/>, 2018.
- [9] FAZ, «Google kauft Rauchmelder-Firma Nest,» FAZ, Frankfurt, 2014.
- [10] Facebook, «<https://newsroom.fb.com/news/2017/07/investing-in-menlo-park-and-our-community/>,» 07.07.2017. [Online]. Available: <https://newsroom.fb.com/news/2017/07/investing-in-menlo-park-and-our-community/>. [Zugriff am 10.01.2019].

- [11] Acre, «<https://acre.co/>,» 2018. [Online]. [Zugriff am 2019].
- [12] H. Shaban, «Airbnb will test prototype homes next year,» Washington Post, https://www.washingtonpost.com/technology/2018/11/29/airbnb-will-start-selling-buildings-homes-next-year-report-says/?noredirect=on&utm_term=.3e5a9c103b83, 2018.
- [13] F. Gervais, «Augmentation de la résolution des images aériennes, besoins et possibilités,» Wabern, 2016.
- [14] R. Haefeli, «"Im Engadin erhält man eine Ahnung davon, wie der 3-D-Druck unseren Alltag verändern wird",» Neue Zürcher Zeitung, Zürich, 2018.
- [15] trotec, «Laserschneiden von 3D Modellen,» Lyss, 2019.
- [16] AutoCAD & Inventor Magazin, «3D-Architekturvisualisierung mit Virtual Reality,» WIN-Verlag GmbH & Ko. KG, 8 04 2016. [Online]. Available: <https://www.autocad-magazin.de/3d-architekturvisualisierung-mit-virtual-reality/>. [Zugriff am 08 2019].
- [17] M. Elmer, «Exakt fordern, genau liefern,» Hochparterre, Zürich, 2018.
- [18] Y.-D. Jeong, M. G. Yu und Y. Nam, «Feasibility Study of a Heating, Cooling and Domestic Hot Water System Combining a Photovoltaic-Thermal System and a Ground Source Heat Pump,» energies, MDPI, Korea, 2017.
- [19] R. Eismann und A. Witzig, «Programm THD - Thermohydraulisches Dimensionierungsprogramm für Solaranlagen,» Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2017.
- [20] S. Goodman, «A Dirty Dozen: Twelve P-Value Misconceptions,» *Seminars in Hematology*, p. Elsevier, 2008.
- [21] Stadt Zürich, *GIS-Zentrum Stadt Zürich*, Zürich: https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/geoz/dienstleistungen/gis_zentrum.html, 2019.
- [22] Energie Wasser Bern EWB, *Neue Erlebniswelt rund um Energie*, Bern: <https://www.ewb.ch/ueber-uns/medien/medienmitteilungen/2019/erlebniswelt>, 2019.
- [23] HM Government, «Industrial strategy: government and industry in partnership. Building Information Modeling,» Crown , <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/>

- attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf, 2012.
- [24] I. Singh, «BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations,» Geospatial World, 2017.
- [25] P. Scherer und D. Dummermuth, *BIM - Building Information Modeling*, Zürich: Amstein + Walthert AG, 2013.
- [26] E. Ammann, «BIM+ Wertschöpfungsprozess: Projektdaten an einem Ort verfügbar, für alle zugänglich,» ALLPLAN Schweiz AG, 2018.
- [27] A. Herzog, «Fehler erkennen,» Hochparterre, Zürich, 2018.
- [28] Leica Geosystems, «Leica CloudWorx Produktfamilie,» Hexagon Geosystems, 2019. [Online]. Available: <https://leica-geosystems.com/de-CH/products/laser-scanners/software/leica-cloudworx>. [Zugriff am 08 2019].
- [29] Architektur Fachmagazin, «Facility Management: vom CAD zum CAFM,» *Architektur Fachmagazin*, 2014.
- [30] M. Jakobi, L. Kunath und A. Witzig, «BIM Use-Case: Model-Based Performance Optimization,» Winterthur, 2018.
- [31] Bauen Digital Schweiz (CC BY-NC-SA 4.0), «Stufenplan Schweiz Digital Planen, Bauen und Betreiben,» Zürich, 2017.
- [32] T. Liebich, C.-S. Schweer, S. Wernik und L. Wohlhage, «Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung,» Deutsches Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Deutschland, 2011.
- [33] B. Jung, *BIM im Spitalbau: Erfolgsstrategien in Zeiten grundlegender Veränderungen*, Zürich: Schweizer BIM Kongress, 2017.
- [34] Infrakit, «<https://infrakit.com>,» 2019. [Online]. [Zugriff am 2019].
- [35] G. Neuhaus, «Baustelle auf dem Tablet,» Hochparterre, Zürich, 2018.
- [36] M. Behaneck, «3D-Aufmaß: Vom Messpunkt zur Punktwolke,» *Bauhandwerk, Das Profimagazin für Ausbau, Neubau und Sanierung*, Nr. https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_2017-12_3D-Aufmass_Vom_Messpunkt_zur_Punktwolke_3060730.html, 2017.

- [37] Allgemeine Bauzeitung ABZ , «Photogrammetrische Drohnenvermessung auf den Prüfstand gestellt,» *Allgemeine Bauzeitung ABZ* , Nr. <https://allgemeinebauzeitung.de/abz/ermittlung-der-genauigkeit-von-gelaendeaufnahmen-photogrammetrische-drohnenvermessung-auf-den-pruefstand-gestellt-27841.html>, 2018.
- [38] K. Graser, *DFAB House Digitales Bauen und Wohnen*, Zürich, 2018.
- [39] N. Gabriela, «Baustelle auf dem Tablet,» *Hochparterre*, pp. 18-21, 11 2018.
- [40] Sonnen, «ioBroker.sonnen,» 2019. [Online]. Available: <https://github.com/foxriver76/ioBroker.sonnen>.
- [41] Reaktor, «<https://www.elementsofai.com>,» University of Helsinki, 2018. [Online].
- [42] D. Terdiman, «How AI is helping Amazon become a trillion-dollar company,» New York, 2018.
- [43] K. Quach, «Waymo presents ChauffeurNet, a neural net designed to copy human driving,» 2018.
- [44] N. C. Borus, «Deep Learning Goes Pink,» Bd. Stanford AI for Healthcare, Nr. <https://medium.com/stanford-ai-for-healthcare/deep-learning-goes-pink-474c08a77c92>, 2018.
- [45] J. Delcker, «Finland's grand AI experiment,» Politico, Helsinki, 2019.
- [46] U. Verma, «3 ways machine learning is impacting building operations,» In-Tech Building, 2018.
- [47] M. Galus, «Smart Grid Roadmap Schweiz. Wege in die Zukunft der Schweizer Elektrizitätsnetze,» Bundesamt für Energie, 2015.
- [48] Y. Essa, «A journey to a self-healing IoT enabled data center,» https://www.researchgate.net/publication/321781327_A_JOURNEY_TO_A_SELF-HEALING_IOT_ENABLED_DATA_CENTER, 2016.
- [49] P. Unterschütz, «Am Aawasser in Buochs beginnt die Energiewende,» *Luzerner Zeitung*, 16 Januar 2019.
- [50] Campos, «Joweid,» 2015. [Online]. Available: <https://www.campos.ch/was-ist->

campos/referenzen/joweid/. [Zugriff am 08 2019].

- [51] N. Anderson, «Confirmed: US and Israel created Stuxnet, lost control of it,» *Ars Technica*, 2012.
- [52] D. Kriesel, «Spiegelmining - Reverse Engineering von Spiegel-Online,» *Chaos Communication Congress*. 33c3:works for me, https://media.ccc.de/v/33c3-7912-spiegelmining_reverse_engineering_von_spiegel-online, 2016.
- [53] Suissetec, «Merkblatt IT Sicherheit für KMU,» Januar 2018. [Online]. Available: https://www.suissetec.ch/files/PDFs/Merkblaetter/Alle%20Branchen/Deutsch/2018_MB_IT_Sicherheit.pdf.
- [54] S. McConnel, *Code Complete A Practical Handbook of Software Construction*, Washington: Microsoft Press, 2004.
- [55] C. Kündig, «Mega-Panne mit Notrufsystem weitet sich aus: Auch Altersheime betroffen,» *Aargauer Zeitung*, Aarau, 2019.
- [56] S. Krempf, «35C3: Über die "smarte" Glühbirne das Heimnetzwerk hacken,» *heise online*, Nr. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/35C3-Ueber-die-smarte-Gluehbirne-das-Heimnetzwerk-hacken-4259891.html>, 2018.
- [57] M. Tremmel, «Smart-Home-Datenbank mit 2 Milliarden Einträgen im Internet,» *www.golem.de*, Nr. <https://www.golem.de/news/datenleck-smart-home-datenbank-mit-2-milliarden-eintraegen-im-internet-1907-142375.html>, 2019.
- [58] S. Betschon, «Krieg der Standards,» 2007.
- [59] SolarPowerEurope, «Digitalisation & Solar. Task Force Report,» SolarPower Europe, Brüssel, 2017.
- [60] Geospatial world , «Geospatial world,» 11 08 2016. [Online]. Available: <https://www.geospatialworld.net/news/trimbles-sketchup-viewer-microsoft-hololens-enables-users-experience-designs/>. [Zugriff am 15 01 2019].
- [61] buildingSMART international, «Open Standards - the basics,» buildingSMART international, 2019. [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/open-standards/>. [Zugriff am 15 01 2019].
- [62] areo SMART Facilities Mangement, «Blog areo,» 09 11 2016. [Online].

Available: <https://blog.ereo.io/ifc4-is-it-ready-yet/>. [Zugriff am 15 01 2019].

- [63] B. Schock, «Home of buildingSMART Chapter Switzerland,» Bauen Digital Schweiz, 2018.
- [64] P. Schmid, «SwissBIMLibrary by buildup,» buildup AG, Bern, 2018.
- [65] B. Sigmund und B. Weyand, «Die digitale Baustelle,» *Detail*, 2016.
- [66] A. Haag, «Digitalisierung im Einsatz - mit zentralen Daten besser bauen,» BuildingPoint AG, 2017.
- [67] BAM international, «BAM takes it to the next level with the Microsoft HoloLens,» Den Haag, 2017.
- [68] S. Müggler, «Produktivität im Baugewerbe,» Schweizerischer Baumeisterverband, Zürich, 2015.
- [69] K. Mills, «Smart Homes Will Change Our Way of Life,» 16 07 2018. [Online]. Available: <https://medium.com/@joshdotai/smart-homes-will-change-our-way-of-life-573399678b29>. [Zugriff am 15 01 2019].

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Was ist Digitalisierung? | 14 |
| Abbildung 2: Übersicht Digitalisierung in den verschiedenen Projektphasen | 16 |
| Abbildung 3: Entwicklung der Produktivität im Baugewerbe, Zahlen mit freundlicher Genehmigung des Baumeisterverbands [68], SBV, BAK Basel | 17 |
| Abbildung 4: Übersicht der verschiedenen Interessengruppen, in grün Chancen, in rot Risiken | 19 |
| Abbildung 5: In welcher(n) Aktivität(en) ist Ihr Unternehmen tätig? (Mehrfachnennungen möglich) nach Unternehmens-grösse | 22 |
| Abbildung 6: In welchem(n) Sektor(en) ist Ihr Unternehmen tätig? (Mehrfachnennungen möglich) | 23 |
| Abbildung 7: Andere Sektoren, in welchen die befragten Unternehmen tätig sind | 23 |
| Abbildung 8: Digitalisierung in den Unternehmen: Wie weit sind bei Ihnen die folgenden Sektoren digitalisiert? | 24 |
| Abbildung 9: Warum bieten Sie digitale Produkte an / nutzen Sie digitale Tools und Prozesse? | 24 |
| Abbildung 10: Glauben Sie, dass die Digitalisierung der Gebäudetechnik Ihnen mehr oder weniger Umsatz bringen wird? (Nach Geschäftsbereich) | 25 |
| Abbildung 11: Glauben Sie, dass die Digitalisierung bei Ihrer Tätigkeit eine Erleichterung oder Mehraufwand sein wird? | 25 |
| Abbildung 12: Glauben Sie, dass die Digitalisierung der Gebäudetechnik die Bindung zwischen Ihnen und Ihren Kunden stärkt? | 26 |
| Abbildung 13: Hindernisse der Digitalisierung: Wie weit sind die folgenden Themen eine Hürde für die Digitalisierung? | 26 |
| Abbildung 14: Sehen Sie in den neuen Playern (Google, Facebook, Amazon, und kleinere) auf dem Markt eine Konkurrenz? | 27 |
| Abbildung 15: Ihre Mitarbeiter haben | 27 |
| Abbildung 16: In welchen Bereichen haben sich Ihre Mitarbeiter informiert / weitergebildet? | 28 |
| Abbildung 17: Ausschnitt Gefahrenkarte Kanton Bern, Quelle: Geoportal Kanton Bern, https://www.geo.apps.be.ch/de | 30 |
| Abbildung 18: Screenshot Feinstaubkarte https://luftdaten.info/ Visualisierung von Messwerten von selbstgebauten Feinstaubsensoren in Europa | 31 |
| Abbildung 19: Beispiel thermohydraulische Simulation, Quelle: [19] | 32 |
| Abbildung 20: 3D-Modell der Stadt Zürich, Quelle: Stadt Zürich, public domain | 32 |
| Abbildung 21: Ausschnitt Energieplan des Kantons Zürich, Quelle: https://maps.zh.ch/ , public domain | 33 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 22: Screenshot aus der App Ginto (https://www.ginto.guide/): Barrierefreiheit im Nationalratssaal in Bern | 34 |
| Abbildung 23: Sonnendach.ch, https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/sonnendach/ | 36 |
| Abbildung 24: Beispiel Screenshot Solarrechner Helion..... | 36 |
| Abbildung 25: Unterscheidung der verschiedenen Level der BIM-Integration..... | 37 |
| Abbildung 26: Daten- und Informationsfluss bei einem Bauprojekt, nach Ammann [26]..... | 38 |
| Abbildung 27: Kollision zwischen Kabelrinne und Lüftungskanal, Screenshot Methabau AG..... | 39 |
| Abbildung 28: Schulung anhand von Mixed Reality, Bild: Carlos Fy [CC BY-SA 4.0], https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/ | 40 |
| Abbildung 29: Methoden und Normierung durch buidlingSMART gemäss [60]..... | 41 |
| Abbildung 30: Digitale Durchgängigkeit der Wertschöpfungskette, Quelle: Bauen Digital Schweiz, [31] CC BY-SA 4.0 http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/ | 43 |
| Abbildung 31: Normen und Organisationen Schweiz, Europa und International, angelehnt an [62] | 45 |
| Abbildung 32: Aktive Organisationen bei Bauen Digital Schweiz und bei Netzwerk digital. Farblegende: blau=Verbände, rot=staatliche Institution und Dachverbände, grün=andere Organisationen | 46 |
| Abbildung 33: Übersicht über die vorhandenen Kataloge und die entsprechenden SIA-Phasen, angelehnt an CRB | 47 |
| Abbildung 34: 3D Drucker für Hausbau, Bild von 3DPrinthuset (Dänemark) [CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)] | 48 |
| Abbildung 35: Schematische Darstellung eines vernetzten Geräts | 55 |
| Abbildung 36: Beispiel für ein Smart Home, Vernetzung von Energieverbrauchern und Produzenten | 56 |
| Abbildung 37: Schematische Darstellung API..... | 58 |
| Abbildung 38: Vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance PdM) und zustandsbasierte Instandhaltung (Condition based maintenance CBM), graphische Darstellung angelehnt an Essa [48]..... | 61 |

Anhang

1. Experteninterviews

Diskussionsrunde 16.08.2018

Teilnehmer: **Experte Nr. 1** Gregor Mangold (suissetec), **Experte Nr. 2** Roman Hermann (Walddhauser –Hermann), **Experte Nr. 3** Rolf Mielebacher (Amstein + Walthert), **Experte Nr. 4** Peter Toggweiler (Basler + Hofmann)

Neue Geschäftsmodelle, die zunehmende Vernetzung und die geschaffene Transparenz werden als grösste Chancen der Digitalisierung genannt.

Herausforderungen sind gemäss der Diskussionsrunde unter anderem der Datenschutz und die Datensicherheit, die unterschiedliche Lebensdauer von digitalen Systemen und von Gebäudetechnik mangelnde Kommunikationsinfrastruktur (z.B. schlechter Mobilnetzempfang im Keller). Auch die Nutzerfreundlichkeit von Gebäudetechnik spielt für die Endkunden eine grosse Rolle. Schliesslich wird noch darauf hingewiesen, dass Digitalisierung schon in der Stadtplanung Teil einer Zukunftsvision sein sollte (z.B. E-Mobilität, Speicher etc.) und nicht erst nur in der Gebäudetechnik berücksichtigt wird.

Zum Thema BIM wurde festgestellt, dass heute noch häufig Prozesse digital und analog ablaufen, da nicht alle Beteiligten denselben Stand haben. Die fehlende Kompatibilität zwischen verschiedenen Softwarelösungen ist oftmals eher hinderlich am Fortschreiten eines Projektes.

NPK Ausschreibungen sind je nach Fachbereich in der Gebäudetechnik unterschiedlich stark verbreitet. So sind solche Ausschreibungen im Sanitärbereich Standard in der Solarbranche jedoch kaum verbreitet. Ob NPK künftig als Treiber für die Verbreitung von BIM fungiert ist unklar.

Monitoring ist derzeit vor allem im Heizungsbereich ein Thema, aber auch PV Anlagen werden zum Teil im Betrieb überwacht.

Experte Nr. 5

Harry Fohmann (Teamleiter Wärmepumpen und Projektleiter Photovoltaik bei Kibernetik AG) empfindet das mangelnde Wissen unter Installateuren und Heizungsfachleuten als grosses Problem. Gebäudetechnik und Digitalisierung werden oft zu spät im Projekt berücksichtigt. Sein Unternehmen hat das Geschäftsmodell bereits angepasst und konzentriert sich mehr auf die Wartung. Für Heizungen verwenden sie den IGH Standard, aber sie haben keine Schnittstelle zu ihrer Software und verwenden den Standard als digitalen Katalog.

Experte Nr. 6

Gianluca Genova (BIM Integrator bei Basler+Hofmann) bemängelt an den BIM-Bibliotheken, dass diese Geld verlangen um Daten in die Bibliothek einzupflegen. Oft sind in diesen Bibliotheken auch nur die sichtbaren Elemente (werden eher von Architekten verwendet) und es fehlen die technischen Angaben (werden von Technikern gebraucht). Die technischen Angaben sind darum wichtig, da in der Gebäudetechnik zu 80% mit existierenden Elementen gearbeitet wird.

BIM dient als Basisstruktur, Erweiterungen wie beispielsweise Kostenkalkulation und Life Cycle Assessment etc. können per Skripts aus den Daten zusammengestellt werden.

openBIM wird begrüsst, es fehlten jedoch Teilaspekte wie das Mapping, sodass keine dynamischen Simulationen und keine Anschlüsse vorhanden sind.

Hemmnisse sieht Experte Nr. 2 darin, dass nicht jeder den Mehrwert der Vernetzung erkennt und jeder für sich eine Lösung erarbeitet. Das digitale Modell wird als weniger wichtig als das reale Bauwerk erachtet, obwohl dieses zunehmend an Bedeutung gewinnt. Es fehlt derzeit noch die Vernetzung mit der Umgebung und dem Ökosystem. Das as-planned Modell ist genauso wichtig wie das as-built Modell.

Es wäre wichtig einen Standard für die Schweiz zu schaffen und zu fördern.

Experte Nr. 4

Peter Toggweiler (Senior Experte Photovoltaik Basler+Hofmann) sagt, dass der NPK in der Solarbranche kaum genutzt wird, dass es zwar existierende Software-Lösungen gibt, aber der Datenaustausch schwierig ist. Es braucht offene Lösungen auf die alle Zugriff haben (derzeit gibt es zu viele proprietäre Interessen). Es fehlen zum Teil auch digitale Daten der Hersteller.

Smart grid ready geht in die Richtung der Standardisierung.

Experte Nr 7

Paul Curschellas, (CIO buildup und Vize-Präsident Bauen Digital Schweiz) erklärt die Beziehungen zwischen den verschiedenen Akteuren. So gibt es Bauen Digital Schweiz, die den Schweizer Ableger von buildingSMART sind und die Bibliothek buildup betreiben. Das Netzwerk Digital Schweiz vor allem durch SIA und CRB vertreten betreibt ebenfalls eine Bibliothek PRD.

Als Problem sieht Paul Curschellas vor allem, dass IGH/ NPK erst sehr spät bei der Ausschreibung und der Kostenkalkulation eingesetzt werden.

Gespräche am Forum Digitales Planen und Bauen:

Experte Nr. 8

Adrian August Wildenauer (Head of Service Unit BIM / LCDM Firma pom+ consulting AG) Viele Unternehmen sind derzeit in der „think/test“ Phase. Die Bauindustrie gibt in etwa 0.1% für Forschung und Entwicklung (in anderen Industrien sind 10% und mehr üblich). Der Altersdurchschnitt der Baubranche ist höher als in anderen Branchen. BIM ist nur der Anfang und es gibt keine Zeit mehr dem aus dem Weg zu gehen. Weitere Digitalisierungsschritte sind z.B: LCDM (Life Cycle Data Management), CAFM (Computer Aided Facility Manangement) und ECM (Enterprise Content Management).

Experte Nr. 9

Andreas Jöhri (Mitglied der Geschäftsleitung, Bereichsleiter Entwurf/Entwicklung Itten+Brechbühl AG): Dieses Unternehmen hat schon langjährige Erfahrung mit BIM gesammelt. BIM und digitales Bauen sind ein Teil des ganzen Smart City Puzzles. Das BIM

Collaboration Format regelt den Datenaustausch. Experte Nr. 5.b sieht zwei grosse Revolutionen:

- Grosse Touchscreens erlauben einen einfachen und interaktiven Austausch mit allen Beteiligten am Bildschirm.
- Virtual Reality ermöglicht es zusammen in einem virtuellen Haus zu stehen und Probleme zu diskutieren ohne dass alle Beteiligten vor Ort sein müssen,

Bei tiefen Informationsstand (Level of Information LOI) erfolgt der Datenaustausch fast wie bei traditionellen CAD Systemen. Bis zur Ausschreibung reichen ganz einfache Geometrien (z.B. nur Volumenkörper ohne zusätzliche Informationen), Produktdatenbanken sind daher erst am Schluss von Bedeutung. Die Hersteller sollten nur die Produktdaten im IFC Template zur Verfügung stellen, im Idealfall ist die Geometrie für jede Stufe (LOI) vorhanden, dies ist aber nicht zwingend notwendig da es im CAD schon einfache Platzhalter hat.

Bei der Zusammenführung von Informationen mit dem IFC Standard gehen Informationen verloren, dies könnte nur verhindert werden wenn alle mit demselben System arbeiten. Der IFC Standard erfüllt die Aufgabe verschiedene Arbeiten zusammen zu führen.

Bauherren und das Facility Management sind in der Regel noch weniger weit zum Stand der Digitalisierung als die Baubranchen, es fehlt vor allem an Wissen. Aus dem BIM-Modell wird nach Fertigstellung des Baus nichts mehr gemacht.

Swissolar sollte bei Bauen Digital Schweiz Mitglied werden um Interessen und Anliegen einbringen zu können.

Experte Nr. 10

Radoslaw Rukat (Geschäftsführer e-bau GmbH): BIM Daten können weitgehend Auskunft über den Bau geben, fraglich ist ob die Daten über den ganzen Lebenszyklus eines Gebäudes aktuell gehalten werden.

Experte Nr. 11

Emanuel Ammann (Teamleiter Architektur ALLPLAN Schweiz AG): Dieses Unternehmen betreibt eine Web-Plattform, über welche alle Beteiligten an einem BIM Projekt arbeiten können: z.B. Modelle zusammenführen, diskutieren etc.

Experte Nr. 12

Patrick Schmid (Geschäftsführer buildup AG): Ziel ist es nur noch ein plug-in für jede Software, über welche die Daten ausgetauscht werden können. Bisher bezahlen die Hersteller um ihr Produkt als digitales Abbild zur Verfügung zu stellen. Anwender können die Daten gratis beziehen.

Experte Nr. 13

Lars Kunath (Geschäftsführer Firma Vela Solaris) sagt, dass die BIM-Methode schon lange im Einsatz ist, neu ist, dass die Datenübergabe sauber gemacht werden soll durch Normierung. Das Unternehmen von Experte 7 bietet auch Software zur Simulation an (vor allem Energiedaten für gesamte Systeme). Der IFC Standard ist gut, aber funktioniert noch nicht immer und die Energiedaten und Simulationen gehen verloren. Heutzutage werden oft nur 3D Daten ausgetauscht, wei-

tere Informationen gehen verloren, zudem werden Fehler (z.B. Kollisionen) noch nicht automatisch erkannt. Weitergehende Informationen wären möglich, siehe auch [30].

Viele Gebäudetechnikplaner arbeiten derzeit noch ohne digitale Tools/ Software. Auch die Aufgabenteilung ist oft noch unklar: Ist Gebäudetechniker, der die WP installiert oder der Solarplaner für die intelligente Steuerung zuständig?

Swissolar sollte sich zum digitalen Austausch bekennen, ohne sich auf einen Standard festzulegen. Weiter wäre wichtig festzulegen in welchen SIA-Phasen welche Daten von wem benötigt werden. Hersteller sollten alle Daten BIM-kompatibel zur Verfügung zu stellen.

Experte Nr. 14

Prof. Manfred Huber (Leiter Digitales Bauen FHNW) begrüsst die IFC sehr und erwartet, dass sich dieser Standard durchsetzt. Dennoch gibt es noch Lücken, die nach und nach geschlossen werden, diese Entwicklung braucht jedoch noch Zeit. Die Standardisierung findet auf europäischer Ebene statt. Derzeit erarbeitet das CEN TC 442 Building Information Modelling (BIM) wie man PDT (Product Data Template) erstellt und bewirtschaftet, eine Implementierung ist erst in ca. 2 bis 3 Jahren möglich. Anschliessend können Strukturen für die einzelnen Branchen definiert werden. Es empfiehlt sich derzeit mit praktischen Zwischenlösungen zu arbeiten und nicht mit Eigenlösungen voran zu gehen, die eventuell inkompatibel zu den europäischen Normen sind.

Hat eine Firma einmal alles auf die BIM-Methode umgestellt, so werden alle Projekte damit realisiert, analoge Daten bilden da einen Mehraufwand, diese wirkt als starker Treiber für die Digitalisierung.

Im Vergleich zu anderen Ländern wird in die Schweiz oft auf openBIM gesetzt, da für jedes Bauprojekt eine andere Konstellation vorhanden ist. Da ist es einfacher mit offenen Lösungen zu arbeiten. In anderen Ländern (USA, UK, skandinavische Länder etc.), wo vermehrt mit Generalunternehmen gearbeitet wird, werden heute oft closed BIM-Lösungen verwendet. Dies bedingt aber, dass alle Beteiligten die gleiche Software nutzen (z.B. Revit).

In diesem Umfeld sollte Swissolar vor allem informieren und über den aktuellen Stand der Standardisierung auf dem Laufenden halten (z.B. was ist genau im IFC spezifisch für die Solarbranche vorhanden).

Forum Architektur @ Bauen Modernisieren. Diskussionsrunde mit 7 Architekten:

Der Einsatz von Solarenergie im Bau wird in erster Linie durch gesetzliche Bestimmung und in zweiter Linie durch Bauherren und erst zuletzt von Architekten oder Gebäudetechnikern gefördert.

Je nach Bauherr bestehen grosse Unterschiede: bei grossen Bauprojekten, bei denen Objekte verkauft werden, wird vor allem auf die Investitionskosten geschaut, die Betriebskosten sind da meist zweitrangig. Der Einsatz von erneuerbaren Energien oder von digitalen Produkten erfolgt vor allem durch die Anforderungen von Labels (z.B. Minergie), die aus Image/Marketinggründen erfüllt werden. Bei kleinen Häusern spielen die Betriebskosten eine grössere Rolle, hier ist jedoch fraglich, ob genügend Wissen vorhanden ist.

