

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Konsolidierung und Implementierung der Entscheidungsprozesse für eine nachhaltige Gebäudeplanung durch den Einsatz digitaler Werkzeuge



Student: Roberto Arrivabeni

Thesis-Begleiterin: Dr. Theresia Leuenberger

Thesis-Expertin: Anita Naneva, wiss. MA FHNW

Praxispartner*in: Burckhardt Architektur AG

Eigenständigkeitserklärung und Veröffentlichung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig sowie ohne unerlaubte fremde Hilfe und ausschliesslich unter Verwendung der aufgeführten Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Zusätzlich versichere ich, dass ich einen allfälligen Einsatz von KI-gestützten Schreibwerkzeugen mit Produktname, meiner Bezugsquelle (z.B. URL) und Angaben zum Nutzungsumfang vollständig ausgewiesen habe.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung werden vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder über elektronische Systeme verbreitet werden. Die Genehmigung ist beim Institut Digitales Bauen FHNW, Studiengang Master of Science FHNW in Virtual Design & Construction einzuholen.

In der Folge gebe ich an, ob meine Arbeit aufgrund des Datenschutzes oder allfälligen Vereinbarungen mit Praxis-Partnern veröffentlicht werden darf:

Ja, sie kann veröffentlicht werden, denn sie enthält keine sensiblen Daten oder es liegen Einverständniserklärungen der betroffenen Personen betreffend eine Veröffentlichung vor.

Basel, 24.05.2024

Ort und Datum

Roberto Arrivabeni

Abstract

Die Bauwelt steht vor der Herausforderung, ihre Projekte nachhaltiger zu gestalten. Die Masterarbeit beschäftigt sich in diesem Kontext mit der Bewertung der Nachhaltigkeit in Bauprojekten. In der Praxis ist dieser Prozess für die Bewertung der Nachhaltigkeit noch kaum konsolidiert und standardisiert.

Die Praxis und die Literatur zeigen, dass ein standardisierter Bewertungsprozess benötigt wird. Die digitale Entwicklung findet nun auch in der Baubranche statt, welche sich in der BIM Methode widerspiegelt und den Standardisierungsprozess unterstützt. In der BIM Methodik werden digitale Bauwerksmodelle erstellt, die eine digitalisierte Auswertung und somit Bewertung zur Nachhaltigkeit ermöglichen.

Die digitale modellbasierte Planung im Bauwesen ist eine zunehmend etablierte Praxis. Ein digitales Bauwerksmodell besteht aus geometrischen und alphanumerischen Informationen. Der Bereich des Informationsmanagements (alphanumerisch) ist jedoch noch nicht so stark entwickelt und die Möglichkeiten, die sich aus konsolidierten Daten ergeben, wird noch von wenigen Planer genutzt. Die Nutzung von digitalen Bauwerksmodellen in einer zentralen Datenbank, ist ein neuer Trend und vereinfacht den Zugang zu relevanten Informationen für alle Beteiligten, an einem zentralen Ort. Das SIA-Merkblatt 2040 ist das Dokument, das für die Schweizer Baubranche die Rahmenbedingungen für nachhaltiges Bauen festlegt. Für eine effiziente Planung der Nachhaltigkeit, sind in diesem Dokument mehrere Interaktionen zwischen den Planern vorgesehen. Damit die Planer richtig agieren, wird Ihnen mit einem Produkt zur Verfügung gestellt, um die richtigen Informationsstruktur in dem digitalen Bauwerksmodell aufzubauen. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Leitfaden zu entwickeln, der es den Planenden ermöglicht, das digitale Bauwerksmodell als zentrales Instrument zu nutzen, um die Ziele des SIA-Merkblatts 2040 zu erreichen.

Die Untersuchung der am besten geeignete Methode zur Integration relevanter Daten, ist ebenfalls entscheidend, um den Planern geeignete Hilfsmittel bereit zu stellen damit der Prozesse und das Verfahren schnell und zuverlässig funktionieren. Methodische Grundlagen für diese Masterthesis sind einerseits eine Literaturrecherche für die Entwicklung eines Konzepts auf der Basis der BIM-Methodik, andererseits eine Umfrage bei einem Fallstudienteam, um den Bedarf einer Prozesskonsolidierung aufzuzeigen.

Aus den Erkenntnissen konnten drei digitale Werkzeuge für die gesetzten Ziele entwickelt werden:

- 1) Leitfaden, der auf die Modellbasierte Zusammenarbeit fokussiert ist, und die Prozessbeschreibung;
- 2) Ein Elementplan ermöglicht eine vollständige Überwachung der alphanumerischen Informationen;
- 3) Die Modellierungsrichtlinien ermöglichen dem Planungsteam eine effiziente und qualitativ hochwertige Modellierung. Um die Validität der vorgeschlagenen Werkzeuge zu überprüfen, wurde ein „*Proof of Concept*“ an der Fallstudie und mit dem BIM-Team von Burckhardt Architektur durchgeführt.

Diese Arbeit zeigt, dass es möglich ist, die notwendigen Prozesse zu standardisieren und Informationen konsistent zu strukturieren. Mit dem nicht proprietären IFC-Format, ist es aber noch nicht möglich, zuverlässige Auswertungen, ohne den Einsatz proprietärer Software zu erstellen.

Danksagung

Diese Master-Thesis stellt den Abschluss meines Studiums Master of Science in Virtual Design and Construction (VDC) an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz dar.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich mich herzlich bei den beiden Personen bedanken, die mich begleitet haben, nämlich Dr. Theresia Leuenberger und wiss. Mitarbeiterin FHNW Anita Naneva.

Ihre Hilfsbereitschaft und ihr Fachwissen waren sehr wertvoll, um diese Arbeit zu Ende zu bringen.

Sie waren beide brillant in ihren Ratschlägen und Perspektiven, die sie mir während der gesamten Bearbeitungszeit vermittelt haben. Ich möchte auch dem BIM-Team von Burckhardt Architektur Basel, koordiniert von Paul Curschellas, dafür danken, dass es mich in unklaren Situationen in die richtige Richtung gelenkt hat.

Ein besonderer Dank geht an Claus Brunner von Ghisleni Partner AG für seine freundliche Verfügbarkeit. Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Freundin Virginie für ihre Geduld in den letzten Monaten und Wochen bedanken, und ich möchte Stefano Angelucci und Michel Klein, zwei grossartigen Freunden, die mir wertvolle Ratschläge und Motivation geben konnten, herzlich danken.

Ich danke euch allen!

Inhaltsverzeichnis

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG UND VERÖFFENTLICHUNG.....	II
ABSTRACT	III
DANKSAGUNG.....	IV
INHALTSVERZEICHNIS.....	V
GLOSSAR	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	X
1. EINLEITUNG.....	1
1.1 AUSGANGSLAGE UND MOTIVATION	1
1.2 FORSCHUNGSFRAGE UND ZIELE	2
1.2.1 FRAGESTELLUNG.....	3
1.3 ABGRENZUNG.....	3
1.4 METHODISCHER ANSATZ	3
1.5 STRUKTUR DER ARBEIT	4
2 LITERATURRECHERCHE	5
2.1 NACHHALTIGKEIT UND BIM	5
2.1.1 RELEVANTE STANDARDS UND ZERTIFIZIERUNGSSYSTEME FÜR NACHHALTIGE GEBÄUDE	6
2.1.2 BIM-METHODIK UND NACHHALTIGKEIT	7
2.1.3 SYSTEMATIK ZUR HANDHABUNG DER INFORMATIONSGRANULARITÄT	8
2.1.4 ZUSAMMENFASSUNG	9
2.2 NACHHALTIGKEITSSTANDARDS SCHWEIZ.....	9
2.2.1 SIA-MERKBLATT 2040 UND PRSIA 390/1	9
2.2.2 SIA 2032 GRAUE ENERGIE – ÖKOBILANZIERUNG FÜR DIE ERSTELLUNG VON GEBÄUDEN.....	11
2.2.3 DATENGRUNDLAGEN	14
2.2.4 ZUSAMMENFASSUNG	17
2.3 BIM-STANDARDS UND -RICHTLINIEN	17
2.3.1 BIM-STANDARDS	17
2.3.2 GUTE ENTSCHEIDUNGSPROZESSE ERFORDERN GUTE DATEN.....	17
2.3.3 BIM-ABWICKLUNGSMODELL – REGELWERKE	18
2.3.4 BIM-ORGANISATION, -STRUKTUR UND -ZUSAMMENARBEIT	19
2.3.5 BUILDINGSMART USE-CASES.....	21
2.3.6 IFC SCHEMA.....	23
2.3.7 STATE OF ART: DIGITALE WERKZEUGE FÜR NACHHALTIGKEIT	24
2.3.8 ZUSAMMENFASSUNG	26

2.4	INFORMATIONSMANAGEMENT	26
2.4.1	BIM-STANDARDS: LEVEL OF INFORMATION NEED (LOIN)	26
2.4.2	LOIN UND SYSTEMATIK ZUR HANDHABUNG DER INFORMATIONSGRANULARITÄT.....	27
2.4.3	BIM-ELEMENTPLAN	28
2.4.4	INFORMATIONSTRUKTURWERKZEUG.....	29
2.4.5	IDS-VALIDIERUNG WORKFLOW	31
2.4.6	ZUSAMMENFASSUNG	32
3	UMFRAGE	33
3.1	DATENANALYSE	33
3.2	GREENBIM-LEISTUNGSTEST	37
4	KONZEPT	38
4.1	VORGEHEN	38
4.2	DOKUMENTENSTRUKTUR	40
4.3	HANDBUCH.....	41
4.3.1	HANDLUNGSHILFE - LEITFADEN.....	41
4.3.2	HANDLUNGSHILFE - PROZESSBESCHREIBUNG	45
4.3.3	ELEMENTPLAN	48
4.3.4	MODELLIERUNGSRICHTLINIEN	54
5	EMPIRISCHE VALIDIERUNG.....	56
5.1	FEEDBACK BIM-TEAM BURCKHARDT ARCHITEKTUR BASEL AG	56
5.2	MODELLBASIERTE INFORMATIONSTRUKTUR – IDS-VALIDIERUNG	56
6	DISKUSSION	64
7	FAZIT, BESCHRÄNKUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	66
7.1	FAZIT	66
7.2	BESCHRÄNKUNGEN	67
7.3	EMPFEHLUNGEN.....	67
8	VERZEICHNISSE.....	68
8.1	LITERATURVERZEICHNIS.....	68
8.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	70
8.3	TABELLEVERZEICHNIS.....	72
9	ANHANG	72

Glossar

API	Eine Programmierschnittstelle, häufig nur kurz API (Application Programming Interface) genannt, ist ein Programmteil, der von einem Softwaresystem anderen Programmen zur Anbindung an das System zur Verfügung gestellt wird. Im Gegensatz zu einer Binärschnittstelle definiert eine Programmierschnittstelle nur die Programmanbindung auf Quelltextebene. (CRB, 2023)
Attribut	Alphanumerische Eigenschaft eines Modellelements, bestehend aus einem Attributnamen und einem dazugehörigen Wert. (BMVDI, 2019)
Bauwerksmodell	Digitales Modell für die Strukturierung aller für den Lebenszyklus von Bauwerken relevanten Daten. Enthält geometrische und alphanumerische Informationen zu allen relevanten Modellelementen, wie z.B. Bauteile, Baugruppen oder Räume, und deren Beziehungen untereinander. (BauNetz, 2024a)
Best Practice	Best Practice – auch bekannt als bewährte Verfahren – führt zu guten Arbeitsergebnissen. Dabei handelt es sich um ein Standardverfahren oder eine Reihe von Richtlinien, die zwingend befolgt werden müssen. Best Practices zeigen, wie eine Aufgabe zu erledigen ist oder wie z. B. ein Prototyp konfiguriert wird. (bwl-lexikon, 2024)
BIM-Abwicklungsplan (BAP)	Dokument zur Beschreibung der Umsetzung der BIM-Methode in einem Projekt gem. den Auftraggeber-Informationsanforderungen. Er wird entweder vom Auftraggeber vorgegeben oder ist das Antwortdokument des Auftragnehmers auf die AIA des Auftraggebers. (BMVDI, 2019)
BIM	Building Information Modeling (BIM) beschreibt eine Arbeitsmethode für die vernetzte Planung, den Bau und die Bewirtschaftung von Gebäuden und anderen Bauwerken mithilfe von Software. Dabei werden alle relevanten Bauwerksdaten digital modelliert, kombiniert und erfasst (CRB, 2023).
BIM – Methode	Digitales Planen, Bauen und Betreiben, welches die Verwendung von digitalen Bauwerksmodellen in Kombination mit geeigneten Organisationsformen und Prozessen beinhaltet. (SIA, 2017a)
bSDD	Das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) ist ein Onlinedienst, der Klassifikationen und deren Eigenschaften, zulässige Werte, Einheiten und Übersetzungen hostet. Das bSDD ermöglicht die Verknüpfung aller Inhalte innerhalb der Datenbank. Es bietet einen standardisierten Workflow, um Datenqualität und Informationskonsistenz zu gewährleisten. (CRB, 2023)
buildingSmart International	Globale Gemeinschaft von Chaptern, Mitgliedern, Partnern und Sponsoren, die von der Mutterorganisation buildingSMART International geleitet wird. Die buildingSMART-Community setzt sich für die Schaffung und Entwicklung offener digitaler Arbeitsweisen für die Bauanlagenbranche ein. (CRB, 2023)

ClosedBIM	Software-abhängiger Datenaustausch von digitalen Bauwerksmodellen mittels geschlossenen, proprietären Dateiformats. (SIA, 2017a)
eBKP	Die elementbasierten Baukostenpläne SN 506 511 Baukostenplan Hochbau eBKP-H und SN 506 512 Baukostenplan Tiefbau eBKP-T gliedern Projekte nach Elementen. Daher eignen sie sich besonders in frühen Projektphasen, in denen nur Flächen oder Volumen bekannt sind. Mit ihnen lassen sich Kennwerte ermitteln und Kosten von Projekten vergleichen. (CRB, 2023)
ER Diagramm	Ein Entity Relationship Diagramm (auch ER Diagramm, ERD Diagramm oder einfach ERD genannt) zeigt, wie Entitäten (Personen, Objekte und Konzepte) zusammenwirken. Diese konzeptionellen Datenmodelle helfen Entwickler*innen und Designer*innen bei der Visualisierung der Beziehungen zwischen wichtigen Softwareelementen. (Miro, 2024)
IFC-Schema	Das IFC-Schema ist ein Regelwerk, das definiert, was in eine IFC-Datei aufgenommen werden kann und wie die Datenelemente miteinander verknüpft sind. Das Schema ist in XML geschrieben und wird verwendet, um sicherzustellen, dass IFC-Dateien konsistent organisiert sind und von Softwareanwendungen gelesen werden können, die den IFC-Standard unterstützen. Die neueste Version des IFC-Schemas ist IFC4, die 2018 veröffentlicht wurde. Das IFC-Schema erleichtert die Interoperabilität und Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Beteiligten in einem Bauprojekt. (Plannerly, 2024)
Integrale Planung	Integrale Planung bezeichnet eine Form des Planungsprozesses, bei dem die beteiligten Akteure (Architekten, Bauherren, Nutzer, Techniker, Statiker und Bauunternehmen) von Beginn an dem Entstehungsprozess eines Gebäudes beteiligt sind. Die frühzeitige integrale Planung ist ein wesentlicher Bestandteil des Nachhaltigen Bauens, da sie dazu beiträgt, alle Aspekte des Bauens zu optimieren, wodurch die Langlebigkeit, Wertbeständigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Bauwerks sichergestellt wird. (Bauforumstahl, 2024)
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren. Die KBOB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder gegenüber der Bauwirtschaft. Sie ist dem Bundesamt für Bauten und Logistik BBL angegliedert. (CRB, 2023)
LEAN	Die Lean-Methode ist eine Arbeitsmethode für Unternehmen. Sie vereinfacht den Workflow und macht alle Informationen sichtbar, damit alle Angestellten schneller darauf zugreifen können. Dieses Prinzip verhilft Unternehmen zu einer höheren Rentabilität, einer effektiveren Entscheidungsfindung und einer verbesserten Zusammenarbeit. (Mevisio, 2024)
Netto-Null	Netto-Null bedeutet, dass alle durch Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen durch Reduktionsmassnahmen wieder aus der Atmosphäre entfernt werden müssen und somit die Klimabilanz der Erde netto, also nach den Abzügen durch natürliche und künstliche Senken Null beträgt. Damit wäre die Menschheit klimaneutral und die globale Temperatur würde sich stabilisieren. (myclimate, 2024)
Open BIM	Software-unabhängiger Datenaustausch von digitalen Bauwerksmodellen mittels offener, nicht nativer Dateiformate, z.B. IFC. (SIA, 2017a)

Ökobilanz	Eine Ökobilanz ist eine systematische Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten über deren gesamten Lebensweg „von der Wiege bis zur Bahre“. Häufig verwendet wird der Begriff Lebenszyklusanalyse mit der englischen Abkürzung LCA (Life Cycle Analysis, Life Cycle Assessment). Das Verfahren einer Ökobilanz definiert die DIN EN ISO 14040/14044. (Näf & Sacher, 2021)
Prozessplan	Grafische Darstellung des Arbeitsprozesses, in der Entscheidungen, Tätigkeiten, Koordinations- Massnahmen mit ihren wechselseitigen Abhängigkeiten in zeitlicher und logischer Abfolge dargestellt sind. Der Prozessplan ist Teil des BIM-Projektentwicklungsplans. (SIA, 2017a)
Property Set (Eigenschaftssatz)	Ein Property Set ist die Zusammenfassung mehrerer Eigenschaften eines Modellelementes in einer benannten Gruppe. Property Sets sind fester Bestandteil des IFC-Standards, können aber durch weitere Eigenschaften mit individuellen Namen ergänzt werden. Eigenschaftssätze werden ebenfalls von den meisten Softwareprogrammen verwendet, um ein Objekt mit Gruppen von Eigenschaften zu versehen. (BMVDI, 2019)
Proprietäres Dateiformat	Softwareeigenes Dateiformat, bei dem das Recht und die Möglichkeit der Wieder- und Weiterverwendung sowie Änderung und Anpassung durch Nutzer und Dritte stark eingeschränkt sind. (Building Digital Schweiz et al., 2022)
Suffizienz	Die Reduktion von Rohstoff- und Energieverbrauch durch Reduktion von Konsum- oder Komfortansprüchen. Alternativer Begriff: Genügsamkeit. (Näf & Sacher, 2021)
Zirkuläres Bauen	Kreislaufwirtschaft im Baubereich. Zirkuläres Bauen verfolgt „[...] das Ziel, Materialien und Produkte in möglichst vielen Kreisläufen zu verwenden und sie mit einem Minimum an Abfall und Verschmutzung wiederzuwerten.“(Näf & Sacher, 2021)
2000 Watt-Gesellschaft	Die 2000-Watt-Gesellschaft ist ein energiepolitisches Modell, das im Rahmen des Programms Novatlantis an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) entwickelt wurde. Gemäss dieser Vision sollte der Energiebedarf jedes Erdenbewohners einer durchschnittlichen Leistung von 2000 Watt auf Stufe Primärenergie entsprechen.(Wikipedia, 2024)

Abkürzungsverzeichnis

AIA.....	Informationsanforderungen des Auftraggebers
AIR.....	Asset Informations Requirements
AwF	Anwendungsfall
BAP.....	BIM Projektabwicklungsplan
BCF	BIM Collaboration Format
BIM.....	Building Information Modelling
BPMN	Building Process Model and Notation
BR.....	Bundesrat
bSCH.....	BuildingSmart Schweiz
bSDD.....	Building Smart Data Dictionaries
bSI	BuildingSmart International
CDE.....	Common Data Environment
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DBM	Digitales Bauwerksmodell
eBKP-H	elementbasierter Baukostenplan Hochbau
EIR	Vedi Exchange Information Requirements
ERD.....	Entity Relationship Diagramms
GEAK.....	Gebäudeenergieausweis der Kantone
GI.....	Gutes Innenraumklima
IDM	Information Delivery Manual
IDS	Information Delivery Specification
IFC	Industry Foundation Classes
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
LCA	Life Cycle-Assessment
LOG.....	Level of Geometry
LOI.....	Level of Information

LOIN	Level of Information Need
OIR.....	Organizational Information Requirements
PIM.....	PIM Project Information Modell
PIR	Project Informations Requirements
Pset	Property Set
SGNI	Schweizer Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft
SIA	Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein
SNBS.....	Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz
SNE	Strategie Nachhaltige Entwicklung
THGE	Treibhausgasemissionen
UCM	Use Case Management Plattform
UNO.....	United Nations Organization

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Motivation

Die Bauindustrie ist derzeit für 40 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich, und bis 2050 wird prognostiziert, dass fast die Hälfte der Emissionen (49 Prozent) aus enthaltener Energie im Vergleich zur Betriebsenergie stammen wird. (Forum, 2023) Die oben genannten Daten und die Effekte des Klimawandels haben die Planer in der Branche dazu bewegt, nach einer Lösung zur Reduzierung der Umweltauswirkungen zu suchen (Hildenbrand-Severo, 2023). Obwohl die Bauindustrie weltweit zu den emissionsstärksten Branchen gehört, werden Gebäude im Zuge dieser Entwicklungen aufgrund der Verringerung der nicht erneuerbaren Energieverbrauchs immer weniger Energie im Betrieb benötigen. Die Schweiz ist ein erfolgreiches Beispiel dafür. Tatsächlich zeigt Abbildung Nr. 1 das sich verändernde Verhältnis zwischen den Betriebsemissionen (Grau) und den Treibhausgasen (Rot) über die Lebensdauer von Wohnbauten im Laufe der Zeit. Der Anteil der Treibhausgasemissionen bleibt unverändert, während die Betriebsemissionen drastisch zurückgehen und bei neuen Wohngebäuden viel niedriger sind. (Näf & Sacher, 2021).

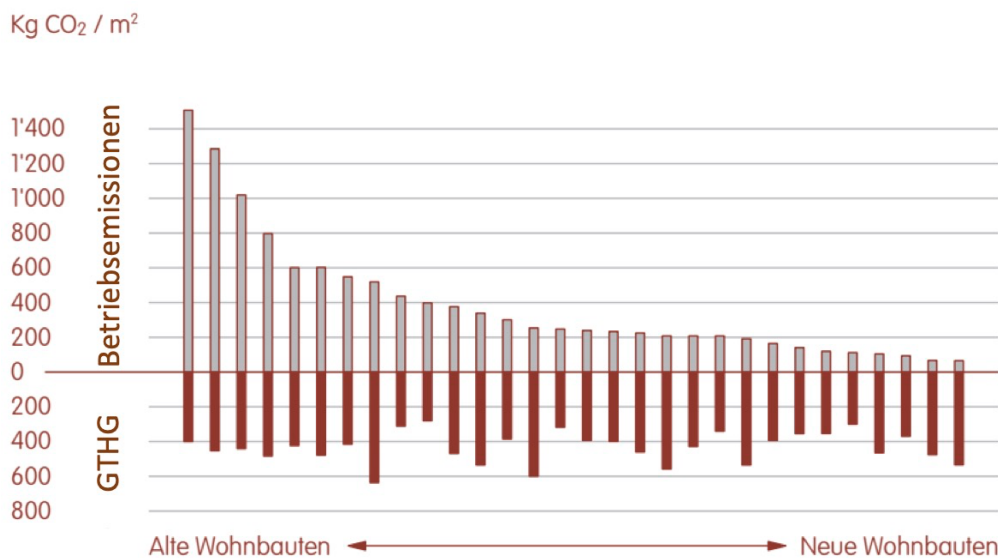


Abb. 1: 30 Wohnbauten, die zu unterschiedlichen Zeiträumen gebaut wurden, haben je nach Alter eine deutlich verbesserte Leistung in Bezug auf die Betriebsenergie, während die Auswirkungen auf die graue Energie unverändert geblieben ist. (Salza, 2020)

Der vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen veröffentlichte Bericht (2022) beschreibt weiter, dass im Bauwesen weiterhin zu viele umweltschädliche Materialien verwendet werden, die nur in geringem Masse auf Wiederverwendung oder Recycling ausgerichtet sind. Die Bauindustrie steht zudem im Zentrum der Rohstoffnachfrage und der Abfallproduktion (de Saussure et al., 2024) und bleibt jene Industrie, die am meisten Abfälle produziert – wobei in der Schweiz der Grad des Recyclings bedeutend ist (siehe Abb. 2). (Kölzer, 2022)

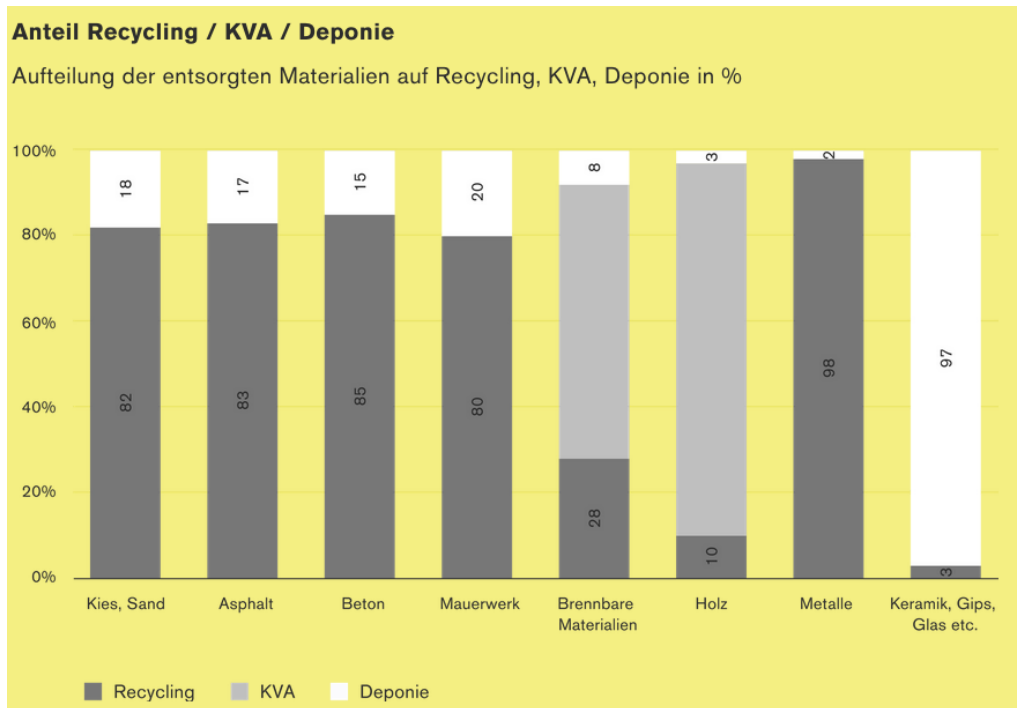


Abb. 2: Überblick über den Recyclinggrad von Baustoffen in der Schweiz. Quellen: Grafik: (Betonsuisse, 2022)
Quelle: (Gauch et al., 2016)

Die Ökobilanzierung (*Eng.- Life Cycle-Assessment, LCA*) ist eine Methode, um die Umweltauswirkungen von Baumaterialien während ihres Lebenszyklus im Bauwesen zu bewerten und zu überwachen. Die verschiedenen Zertifizierungsorganisationen und auch der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) verwenden diese Methode.

Für nachhaltiges Planen ermöglichen zudem verschiedene Softwareprogramme unterschiedliche Auswertungen auf der Grundlage des digitalen Bauwerksmodells (DBM). (Passer et al., 2023) Weiter wird die OpenBIM-Methodik, (Building Information Modelling) die auf dem nicht proprietären IFC-Format (Industry Foundation Classes) basiert, von vielen Organisationen gefördert und steht im Mittelpunkt dieser Masterarbeit. Die OpenBIM-Methodik erfordert die Strukturierung von Informationen. Eine klare Kommunikation und Darstellung von Prozessen, zwischen dem Auftraggeber und dem Projektteam ist somit wesentlich, um Projektziele erfolgreich zu erreichen. (Huber, 2023)

Nachhaltigkeit im Bauwesen ist ein umfangreiches Thema und stellt hohe Anforderungen an Auswertungen, Entscheidungen und Zusammenarbeit. Die Hauptmotivation für diese Arbeit ist, in diesem Zusammenhang ein Zusammenarbeitsmodell zu entwickeln.

1.2 Forschungsfrage und Ziele

Das SIA-Merkblatt 2040 definiert Zielwerte für verschiedene Gebäudekategorien nach drei Faktoren: Erstellung, Betrieb und Mobilität. Im Bereich der digitalen Werkzeuge gibt es bereits mehrere Berechnungsmethoden mit unterschiedlichen Genauigkeitsgraden für die Berechnung und Bewertung der vom o.g. Dokument vorgegebenen Zielwerte. Die BIM-Methodik basiert auf der Verwendung des digitalen Bauwerksmodells. Dieses Werkzeug steht im Zentrum der verschiedenen Prozesse und der Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten. Dank des offenen IFC-Formats ist das DBM derzeit in der Lage, alphanumerische Daten zu enthalten. Diese Funktion bringt ein enormes Potenzial, nämlich die Möglichkeit, Daten aus dem DBM zu extrahieren, z. B. für Auswertungen und

Benchmarks. Ziel dieser Masterarbeit ist, diese Funktion in Bezug auf die Anforderungen des technischen Merkblatts SIA 2040 zu kontextualisieren. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, zu verstehen, welche Methoden sich für die Nutzung der Daten im DBM und die Strukturierung der Zusammenarbeit durch einen Leitfaden eignen. Dies wird zusammenfassend im Handbuch «Bereitstellung der Grundinformationen für eine nachhaltige Gebäudeplanung und Unterstützung der Entscheidungsprozesse im Projekt» dargestellt.

1.2.1 Fragestellung

Wie können auf der Grundlage eines etablierten DBM eines Projekts, die in der SIA 2040 beschriebenen Ziele und Anforderungen integriert werden und die Grundlage für die Entscheidungsfindung sein?

Aus der zentralen Fragenstellung ergeben sich weitere Teilfragenstellungen:

- Welche Methode ist am effizientesten für die Integration von LCA-Daten in das DBM in den einzelnen Projektphasen, um eine wichtige Entscheidungshilfe zu erhalten?
- Wie wird der Prozess, im Unternehmen mit welchen Hilfsmitteln etabliert, geschult und dokumentiert, um sicher zu stellen, dass sich die Vorgehensweise rasch beweist?

1.3 Abgrenzung

Wie erwähnt, ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen derzeit die Hauptherausforderung in Bezug auf die Nachhaltigkeit in der Baubranche. Eine effiziente Reduktion der CO₂-Emissionen im Bereich «Betrieb» ist aufgrund des technischen Fortschritts bei der Betriebsenergieerzeugung und der zunehmenden Isolierungseffizienz der verwendeten Bauteile bereits möglich. Aus diesem Grund beschränkt sich diese Masterarbeit hauptsächlich auf die Umsetzung der BIM-Methode zur Bewertung der CO₂-Emissionen in der Phase «Erstellung» gemäss der SIA-2040-Dokumentation. Die für diese Bewertung verwendete Methode ist das Life-Cycle-Assessment, das im theoretischen Teil näher beleuchtet wird.

1.4 Methodischer Ansatz

In Kapitel 2 wird eine Literaturrecherche durchgeführt. Die Literaturrecherche befasst sich vor allem mit den Schweizer Vorschriften für nachhaltige Planung und der BIM-Methodik. Die Untersuchung der beiden Themen dient dazu, die direkten und indirekten Auswirkungen in der Praxis sowie die aktuellen und zukünftigen Verbindungen zu verstehen. Dies dient dazu, festzustellen, welche Einschränkungen vorhanden sind, und bietet eine Grundlage für die Ausarbeitung des in dieser Masterarbeit vorgeschlagenen Produkts.

In Kapitel 3 werden die Ergebnisse der qualitativen Befragung von Planungsteams beschrieben, um den Kenntnisstand über die BIM-Methode und die für die Bewertung und Entscheidungsfindung zu Nachhaltigkeitsthemen in der Fallstudie verwendeten Ansätze zu ermitteln. Ziel der Umfrage ist es, herauszufinden, ob sich direkte Zusammenhänge mit den Ergebnissen der Literaturrecherche herstellen lassen.

In Kapitel 4 werden der vorgeschlagene Leitfaden und die Instrumente für die praktische Anwendung beschrieben. Die Umsetzung dieser Werkzeuge mit Ökobilanzorientierung und Kreislaufwirtschaft wird wesentlich durch die Literaturrecherche beeinflusst. Der Beitrag der Literatur ist wichtig, vor allem durch die Veröffentlichung von sehr relevanten Artikeln und Projekten im laufenden Jahr.

In Kapitel 5 wird die empirische Validierung in zwei Teile unterteilt, einen Diskussionsteil mit dem Burckhardt Architektur BIM Team und einen praktischen Teil in Form eines Tests, der an der Fallstudie durchgeführt wird.

Die Kapitel 6- Diskussion und 7- Fazit stellen die Methoden zur Analyse der Ergebnisse dar, beleuchten die Beschränkungen und geben Empfehlungen weiter.

1.5 Struktur der Arbeit

Die Arbeit ist in 3 Teile gegliedert. Dank Abb. 3 ist es möglich, die drei Teile durch die Verwendung von Farben zu visualisieren.

In Hellblau sind die Kapitel zur Literaturrecherche (Kapitel 2) und zur Datenerhebung (Kapitel 3) dargestellt. Die Struktur der Literaturrecherche ist so aufgebaut, dass jedes Unterkapitel Überlegungen und Hinweise für die nachfolgenden Unterkapitel bietet. Das Ziel dieser roten Linie ist es, die relevanten Verbindungen zwischen den beiden Themen (Nachhaltigkeit und BIM-Methodik) zu finden und die Schlussfolgerungen für die Entwicklung des Konzepts nutzen zu können. Durch die Umfrage ermöglicht Kapitel 3 ein Feedback von Berufsgruppen, die an der Fallstudie beteiligt sind.

In Schwarz ist die Beschreibung des Konzepts, das der Entwicklung der für das Ziel der Arbeit nützlichen digitalen Werkzeuge dient, die dann im Handbuch zusammengefasst werden.

In Grün sind die Kapitel 5-Validierung und 6-Diskussion dargestellt, die eine praktische und tiefgehende Analyse des Konzepts ermöglichen, eine Interpretation vornehmen und Implikationen aufzeigen. Kapitel 7-Fazit enthält Antworten auf die zentrale Fragestellung und die Unterfragen. Anschliessend werden die Beschränkungen und Empfehlungen beschrieben.

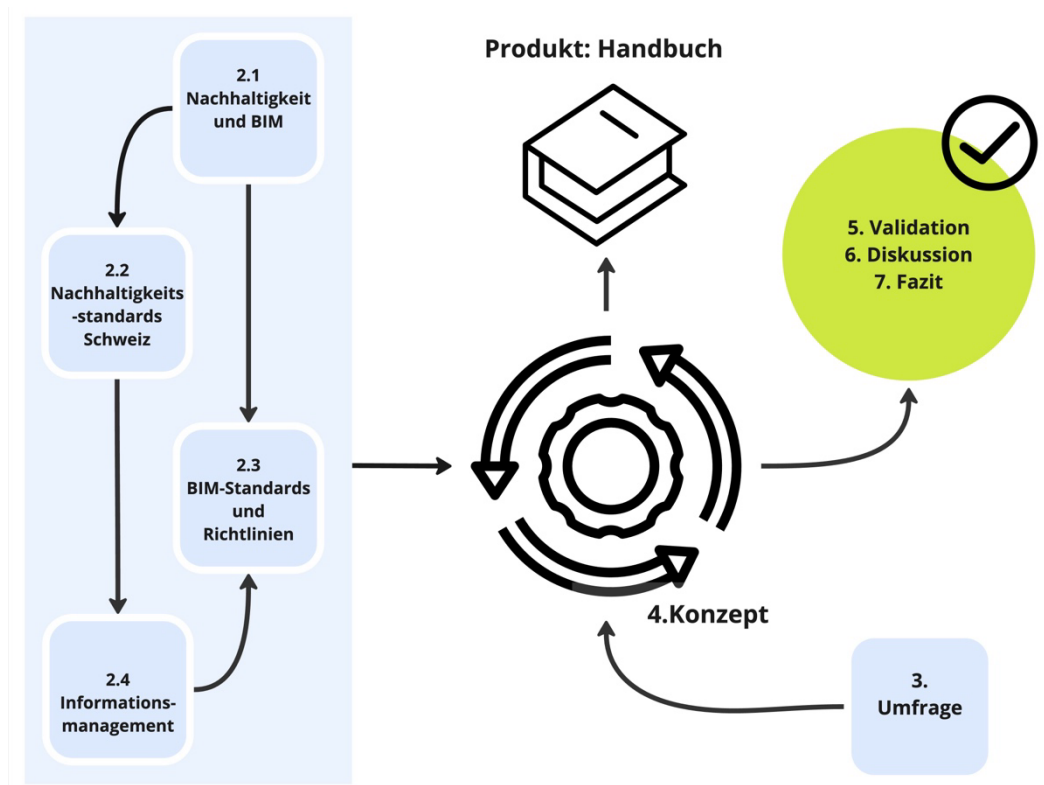


Abb. 3: Struktur dieser Masterthesis (Eigene Grafik)

2 Literaturrecherche

2.1 Nachhaltigkeit und BIM

Nachhaltige Entwicklung lässt sich verstehen als die Entwicklung der heutigen Gesellschaft in den Bereichen Wirtschaft, Sozialwesen und Umwelt, wobei gleichzeitig die Ressourcen für künftige Generationen bewahrt werden. Themen wie Klimaneutralität, Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung sind hierbei aktuell und grundlegend.

Auch das Bauwesen als einer der grössten Umweltverschmutzer muss dringend auf die Herausforderung der nachhaltigen Entwicklung reagieren. Die derzeit am weitesten verbreiteten Bemühungen zur Steuerung der Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft konzentrieren sich auf die Energieoptimierung und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Ansätze wie die Lebenszyklusbetrachtung werden im Allgemeinen vermieden, weil sie komplex sind und damit zusätzliche Kosten entstehen (Bartels et al., 2022).

Dieser theoretische Teil des Kapitels zielt darauf ab, das Verhältnis zwischen der BIM-Methodik und der nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen zu verdeutlichen.

Die Definition der Nachhaltigkeit wurde 1987 von der UNO festgelegt. Seit 1997 entwickelt der Schweizerische Bundesrat (BR) seine Nachhaltigkeitspolitik mit der Strategie Nachhaltige Entwicklung (SNE) (Schweizerischer Bundesrat, 2021). Bezugsrahmen ist dafür die Agenda 2030, in der 17 globale Ziele für eine nachhaltige Entwicklung aufgeführt sind (siehe Abb. 4).



Abb. 4: Die 17 Nachhaltigkeitsziele («Sustainable Development Goals») der Agenda 2030. (Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz NNBS, 2021)

Anhand dieser 17 Nachhaltigkeitsziele hat der Bundesrat folgende **drei strategischen Dimensionen** definiert:

- ökologische Verantwortung – **Umwelt**
- gesellschaftliche Solidarität – **Gesellschaft**
- wirtschaftliche Leistungsfähigkeit - **Wirtschaft**

Der Begriff der Nachhaltigkeit im Bauwesen ist verknüpft mit verschiedenen Herausforderungen. So machen das Wirtschaftswachstum, der demografische Wandel und die ständige Verbesserung der Komfortbedingungen eine nachhaltige Entwicklung des Bauwesens immer komplexer. Ausserdem sollten die drei genannten Dimensionen beim ökologischen Bauen in gleichem Masse berücksichtigen werden und dabei gleichzeitig technologisch fort-

schrittlich und kostengünstig bleiben. Dies ist der Hauptgrund, dass der Schwerpunkt derzeit auf der Energieeffizienz von Gebäuden in der Betriebsphase liegt und nicht auf der Optimierung der baulichen Aspekte im Hinblick auf den Lebenszyklus (Bartels et al., 2022).

2.1.1 Relevante Standards und Zertifizierungssysteme für nachhaltige Gebäude

Referenzen für nachhaltiges Bauen sind in der Schweiz das SIA-Merkblatt 2040 «SIA-Effizienzpfad Energie» und die SIA-Empfehlung 112/1. Verschiedene Standards stützen sich auf diese beiden Dokumente, um Gebäude zu zertifizieren, die nach den formulierten Anforderungen entworfen wurden. Zertifizierte Gebäude können zudem mit einem «Label» ausgezeichnet werden, dass die Erfüllung der festgelegten Anforderungen nachweist.

In der Schweiz gibt es derzeit mehrere Organisationen, die Gebäude nach verschiedenen Standards für nachhaltiges Bauen zertifizieren, unter anderem:

- Schweizer Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (SGNI)
- Gebäudeenergieausweis der Kantone (GEAK)
- Energiestadt
- Gutes Innenraumklima (GI)
- Minergie
- Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS)
- 2000-Watt-Areale
- Energieschweiz

Angesichts der Vielzahl von Organisationen und Labels wurde Mitte 2023 eine Harmonisierung vorgenommen, die im folgenden Dokument genauer nachgelesen werden kann: «Vom Labelsalat zur Labelfamilie: Was neu wird bei den Label im Gebäudebereich» (Bundesamt für Energie BFE, 2023). Der SNBS hat zudem ein System von Indikatoren entwickelt, die auf den 3 strategischen Dimensionen des BR basieren (siehe Abb. 5). Ein Teil der Indikatoren in der **Dimension «Umwelt»** (in Abb. 5 gelb hinterlegt) ist identisch mit jenen, auf denen das SIA-Merkblatt 2040 seine Zielwerte aufbaut.



Abb. 5: Beziehung zwischen den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und den vom SNBS für die Zertifizierung verwendeten Betrachtungen. Gelb hinterlegt sind die Referenzindikatoren aus dem SIA-Merkblatt 2040. Quelle: SNBS

2.1.2 BIM-Methodik und Nachhaltigkeit

Im vorangegangenen Abschnitt wurde erläutert, anhand welcher Dimensionen die Anforderungen an die Nachhaltigkeit eines Projekts identifiziert werden können und welche Indikatoren im Referenzdokument dieser Arbeit, d. h. dem SIA-Merkblatt 2040, thematisiert werden. Mit Hilfe der Abb. Nr. 6 aus der Publikation "Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen: Status quo von Einsatzmöglichkeiten in der Praxis" von Bartels et al.,(2022) ist es möglich, eine direkte Verbindung zwischen den drei oben genannten Dimensionen **Umwelt - Gesellschaft - Wirtschaft** und der BIM-Methodik herzustellen. Es werden Vier Anwendungsfälle (AwF) identifiziert: Lebenszykluskosten, Materielle Gebäudepässe (ab jetzt Materialpass) Gebäudeökobilanz (ab jetzt Ökobilanz) und Simulationen. Zwei Anwendungsfälle sind besonders zu betrachten: **Ökobilanz** und **Materialpass**.

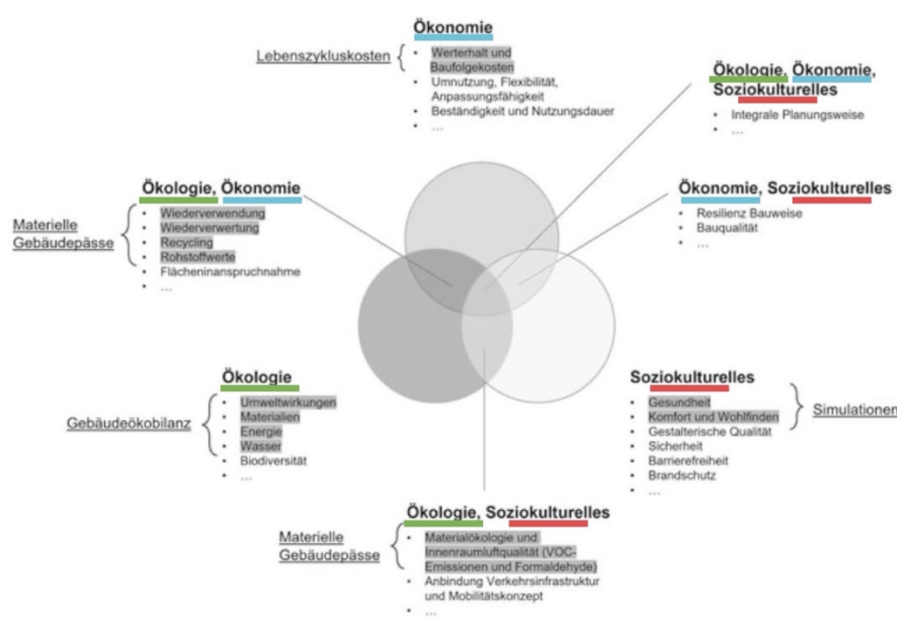


Abb. 6: Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit den Anwendungsfällen der BIM-Methodik (Bartels et al., 2022)

An dieser Stelle ist es wichtig, in die Definition der BIM-Methode einzuführen. Nach Astour & Strotmann (2022): Die BIM-Methode umfasst und unterstützt die Zusammenarbeit und den Datenaustausch zwischen allen Akteuren im gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. In Abb. Nr. 7 sind alle Bereiche, in denen die BIM-Methode angewandt wird, schnell zu erkennen. Hier lässt sich eine logische Verbindung zwischen der eben erwähnten Definition der BIM-Methodik und der Bewertung des Gebäudelebenszyklus unter ökologischen und zirkulären Gesichtspunkten herstellen. In diesem Zusammenhang ist der integrale Planungsansatz entscheidend.

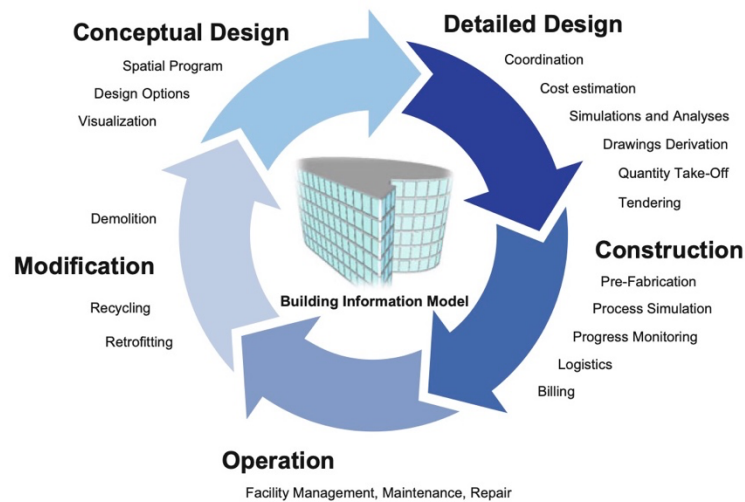


Abb. 7: Die Grafik zeigt den ganzheitlichen Ansatz der BIM-Methode und die Anwendungsmöglichkeiten während der verschiedenen Lebensphasen eines Bauwerks. (Borrmann et al., 2018)

Die integrale Planung hat starke Bezüge zur Nachhaltigkeit und zur BIM-Methodik. Die integrale Planung ist ein ganzheitlicher Planungsansatz, der die frühen Entscheidungsprozesse bis hin zum Betrieb und Rückbau des Gebäudes (BauNetz, 2024b) umfasst. Die in Abbildung 8 dargestellten Planungsphasen von Bauprojekten verdeutlichen das Potenzial der Integration der Ökobilanz in den ersten Planungsphasen. Die Verbreitung von geometrischen und alphanumerischen Modellierungsmethoden in der Planungspraxis kann zusammen mit den theoretischen Ansätzen der integralen Planung vielversprechende Möglichkeiten für die planungsbegleitende Umsetzung der Ökobilanz effizienter Gebäude bieten. Der AwF Materialpass hat das gleiche Potenzial, da alphanumerische Informationen über den Kreislaufstatus der Komponenten voll allem bei bestehenden Gebäuden, welche umgebaut werden sollen. In den frühen Umbauplanungsphasen hat dies eine hohe Relevanz für die Entscheidungsfindung.

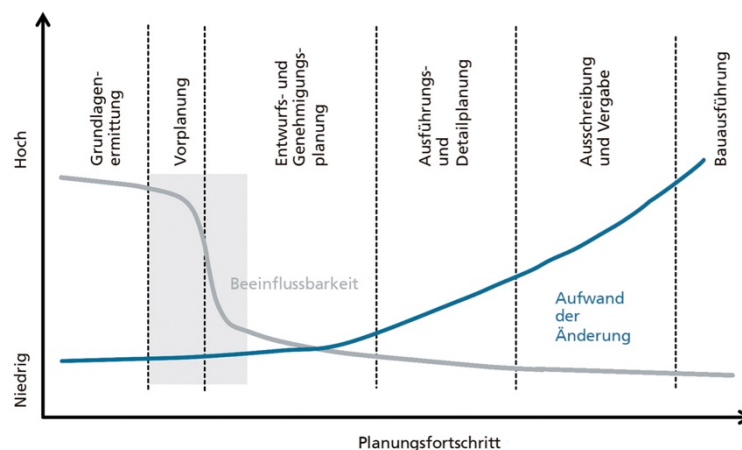


Abb. 8: Beeinflussbarkeit bzw. Aufwand der Änderungen in verschiedene Planungsphasen von Bauprojekten (Bartels et al., 2022)

2.1.3 Systematik zur Handhabung der Informationsgranularität

Wie im vorigen Abschnitt kurz beschrieben, ermöglicht die integrale Planung die Einbeziehung der Ökobilanz in einem frühen Stadium der Planung. Eine frühzeitige integrale Planung ist daher entscheidend, da sie dazu beiträgt,

Aspekte wie den gewichteten Einsatz von Baumaterialien unter Berücksichtigung ihres Kreislaufwirtschaftsgrades und ihres grauen Energiegehalts zu optimieren.

Wie bereits erwähnt, werden bei der integralen Planung alle Interessengruppen von Anfang an einbezogen, so dass nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen schon früh im Planungsprozess getroffen werden können.

Die Norm SIA 2040 beschreibt die Vorstudien- und Vorprojektphase als entscheidend für den Entscheidungsprozess in Bezug auf die gesetzten Ziele. In diesem Zusammenhang ist der Systematik zur Handhabung der Informationsgranularität wichtig.

In der Literatur gibt es viele Ansätze zur Handhabung, zum Beispiel schlägt Gantner et al. (2018) ein System vor, das in 4 Detailebenen unterteilt ist. Im Unterkapitel 2.2 wird der Ansatz in der Schweizer Norm für nachhaltiges Bauen identifiziert und analysiert; und im Unterkapitel 2.4 wird die Informationsmanagementmethode in der BIM-Methodik, d.h. LOIN, analysiert. An dieser Stelle kann festgestellt werden, dass mit einer strukturierten Handhabung der Informationsgranularität über die Treibhausgaswerte der Gebäudekomponenten eine genauere Bewertung in jedem Planungsphase möglich ist. (Cavalliere et al., 2019)

2.1.4 Zusammenfassung

In diesem Unterkapitel war es möglich, den Kontext der Nachhaltigkeit in der BIM-Methodik anhand von 4 Anwendungsfällen zu definieren. Zwei dieser Anwendungsfälle sind für diese Masterarbeit relevant: Ökobilanz und Materialpass. Die Systematik zur Handhabung der Informationsgranularität über Gebäudekomponenten ist ebenfalls wichtig. Das Thema wird in der kommenden Literaturrecherche weiter untersucht.

2.2 Nachhaltigkeitsstandards Schweiz

2.2.1 SIA-Merkblatt 2040 und prSIA 390/1

Das Merkblatt «SIA-Effizienzpfad Energie» (SIA 2040) ist das Referenzdokument für die Energieeffizienz im Schweizer Bauwesen. Ausgehend von den bereits erwähnten drei Dimensionen betrachtet SIA 2040 die Dimension (Geltungsbereich) «Umwelt» und hierbei insbesondere die SNBS-Indikatoren Klimaschutz und Energie. Die Ziele, die durch die Zielwerte im Dokument definiert sind, wurden auf der Grundlage der Anforderungen einer 2000-Watt-Gesellschaft berechnet. Die 2000-Watt-Gesellschaft berücksichtigt die Primärenergie- und Treibhausgasemissionen (THGE) für alle Sektoren des schweizerischen Verbrauchs. Die vorliegende Norm definiert aber nur Zielwerte für **nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen für sechs Gebäudekategorien**. Die Bilanz wird für die einzelnen Bereiche der Gebäude betrachtet, das heisst für Erstellung, Betrieb und Mobilität, und umfasst den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes (SIA, 2017b). Der Inhalt das SIA 2040 Merkblatt besteht aus mehreren Themen; einige sind in Bezug auf die Ziele der Arbeit relevanter als andere. In der folgenden Liste werden sie kurz beschrieben:

- **Nicht-erneuerbare Primärenergie und THGE**; insbesondere für die Erstellungsphase. Die beiden Einheiten werden entsprechend ihrer Amortisationszeit in Jahreswerte umgerechnet. Auf diese Weise kann der Energiebedarf für den Bau mit dem Energiebedarf für Betrieb und Mobilität verglichen werden;
- **Die Berechnungsmethode** ist in verschiedene Kategorien unterteilt. in Bezug auf die Zirkularität; die Betrachtungen für neue Gebäude und Renovierungen sind wichtig;
- **Die normative Referenz**; die SIA 2032 ist die Referenznorm in Bezug auf die Ziele der Masterarbeit;
- **Die Anforderungen**. Für jede Gebäudekategorie werden Richtwerte und Zielwerte angegeben. Die Richtwerte orientieren sich an den 2000-Watt-Zielen der Gesellschaft für das Jahr 2050, während die Zielwerte nach einem Reduktionswert berechnet werden. Um mit den Zielen der SIA 2040 kompatibel zu sein, müssen die Gebäude die Zielwerte erfüllen;

- **Die Einflussfaktoren** stehen in direktem Zusammenhang mit den Zielen. Es handelt sich um Faktoren, die projektbezogen sind und in jeder Planungsphase berücksichtigt werden sollten.

Das SIA-Merkblatt 2040 wird zurzeit revidiert und voraussichtlich 2024 durch das Dokument «Klimapfad – Treibhausgas und Energiebilanz von Gebäuden SIA 390» ersetzt. Diese Erneuerung hängt mit den aktuellen Trends und der Klimakrise zusammen. Die folgenden Aspekte werden für das neue Dokument voraussichtlich übernommen:

- Basis der Referenzwerte sind die 2000-Watt-Gesellschaft und die Netto-Null-Ziele 2050;
- Methodik der Bilanzierung nach den Bereichen Erstellung, Betrieb und Mobilität;
- Damit die Ziele erreicht werden können, muss die Ausgangslage optimal sein, weshalb die Ziele in den frühen Planungsphasen (strategische Planung, Vorstudien und Vorprojekt) festgelegt werden;
- Bestätigung, dass der derzeitige Effizienzpfad machbar und wirtschaftlich ist und einen architektonischen Spielraum lässt;
- Einflussfaktoren bleiben unverändert.

Die folgenden Themen sollen im neuen Dokument jedoch aktualisiert werden:

- drastische Reduzierung der CO₂-Emissionen: neutrale Erstellung und Betrieb;
- Analyse der Umweltauswirkungen des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes – Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft;
- Erneuerbare Primärenergie bleibt relevant, aber auf einem indikativen Niveau.

Der Abbildung 9 aus dem Vernehmlassungsentwurf prSIA 390/1, zeigt dass die Ziele für die Reduktion des betrieblichen Energieverbrauchs bis zum Jahr 2050 zwar realistisch sind, aber der grösste Anteil der CO₂-Emissionen von Gebäuden in der Erstellungsphase und nicht in der Betriebsphase zu finden ist. Aus diesen Gründen ist das Konzept der vollständigen Lebenszyklusanalyse des Gebäudes für die Reduzierung der CO₂-Emissionen entscheidend.

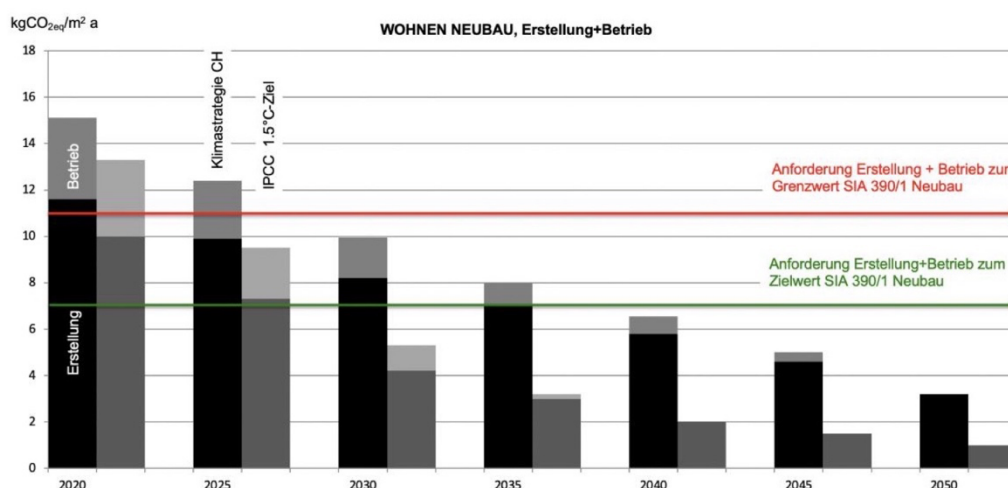


Abb. 9: Treibhausgasemissionen Wohnen Neubau (Erstellung, Betrieb) pro m2 Energiebezugsfläche im Vergleich zu den beiden Absenkpfeilen (SIA, 2023)

Im vorherigen Unterkapitel wurden zwei für diese Arbeit relevante Anwendungsfälle hervorgehoben: **Ökobilanz** und **Materialpass**. Nach dem kurzen und prägnanten Vergleich der beiden Standards geht es hier darum, die tatsächlichen Zusammenhänge mit den beiden genannten Anwendungsfällen zu verstehen.

Bei den Zielwerten, die sich auf das THGE der Gebäudekategorien in den beiden Normen beziehen, erwähnt die SIA 2040 Zielwerte, während die SIA pr390 **Grenz- und Zielwerte** angibt. Der Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass die Grenzwerte anspruchsvoll sind, aber mit den heute verfügbaren Mitteln noch erreicht werden können, während die Zielwerte für Gebäude festgelegt werden, die für dieses spezifische Ziel optimiert sind. Die Ökobilanz wird methodisch auf das Gebäude als Ganzes berechnet, indem die **Energiebezugsfläche** nach SIA 380 verwendet wird. Die Energiebezugsfläche kann vereinfacht als 80% der Bruttogeschossfläche bezeichnet werden.

Eine genauere Analyse der Berechnungsmethode zeigt die Verbindung zwischen den beiden Anwendungsfällen jedoch auf indirekte Weise. Der Zweck des Anwendungsfalls Materialpass kann als die systematische Kenntnis der Bauteile im Gebäude beschrieben werden, die es ermöglicht, die Effizienz ihrer Wiederverwendung und folglich die Eindämmung von THGE zu erhöhen.

Die SIA 2040 bezieht sich auf die SIA 2032 in Bezug auf die **Amortisationszeit** eines Bauteils. Gemäss Punkt 2.1.2.2 (Norm) ist es möglich festzustellen, dass bestimmte Bauteile nach ihrer Amortisationszeit keinen negativen Einfluss mehr auf die Ökobilanz haben. Hier zeigt sich der indirekte Zusammenhang, d.h. mit spezifischem Fachwissen über den Zustand, inklusive Lebensdauer, eines Bauteils ist es möglich, die Ökobilanz zu beeinflussen.

Die künftige Norm SIA 390 verweist dagegen konkreter auf die Norm SIA 2032 zur Wiederverwendung von Bauteilen. Zudem wird erwähnt, dass in den Vorstudien und Vorprojektphasen pauschal 20 % der Energie- und Treibhausgasemissionen von neuen Bauteilen für die verwendeten Komponenten verwendet werden müssen. (SIA, 2023)

2.2.2 SIA 2032 Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden

Das Merkblatt 2032 ist das Referenzdokument in den Schweizer Baunormen für die Ökobilanz.

Bestimmte Themen, die in der Norm behandelt werden, sind für die Arbeit besonders wichtig, nämlich: Verständigung, Lebenszyklusbetrachtung, berücksichtigte Materialien und Wichtige Strategien.

Verständigung

Die Anwendungsfälle Ökobilanz und Materialpass, die im Masterarbeitsprodukt genauer verwendet und kontextualisiert werden sollen, erfordern eine genauere Betrachtung der 4 physischen Stadien, die ein Gebäude haben kann, nämlich: Neubau, Bestandsbau, Umbau und Rückbau.

Die SIA 2032 (2020) definiert die vier Stadien wie folgt:

Neubau

Neu erstelltes Gebäude. Zu den Neubauten im Sinne dieses Merkblatts gehören auch Anbauten und Aufstockungen von bestehenden Gebäuden. Begründet einen neuen Lebenszyklus.

Umbau

Massgebliche Veränderung von Komponenten, Bauteilen oder dem gesamten Gebäude zur Anpassung an aktuelle Anforderungen. Eingeschlossen sind sowohl Teilerneuerungen als auch Gesamterneuerungen gemäss SIA 2047. Nicht als Umbau gelten Veränderungen, wenn ausschliesslich Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten vorgenommen werden. Begründet einen neuen Lebenszyklus.

Bestandsbau

Gebäude, bei dem keine Bautätigkeit ansteht und an dem ausschliesslich Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten vorgenommen werden. Bestandesbauten stehen mitten in einem Lebenszyklus.

Rückbau

Geordneter Abbruch oder Demontage von Gebäuden oder Gebäudeteilen mit entsorgungsgerechter Trennung der Bauteile und der Baustoffe auf der Baustelle.

Lebenszyklusbetrachtung

Die SIA 2032 konzentriert sich auf die Bewertung der nicht erneuerbaren Primärenergie und der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes. Die Hauptbereiche sind wie in Abb 10 ersichtlich:

- A1–A3 Herstellungsphase
- A4–A5 Errichtungsphase
- B4 Nutzungsphase
- C1–C4 Entsorgungsphase

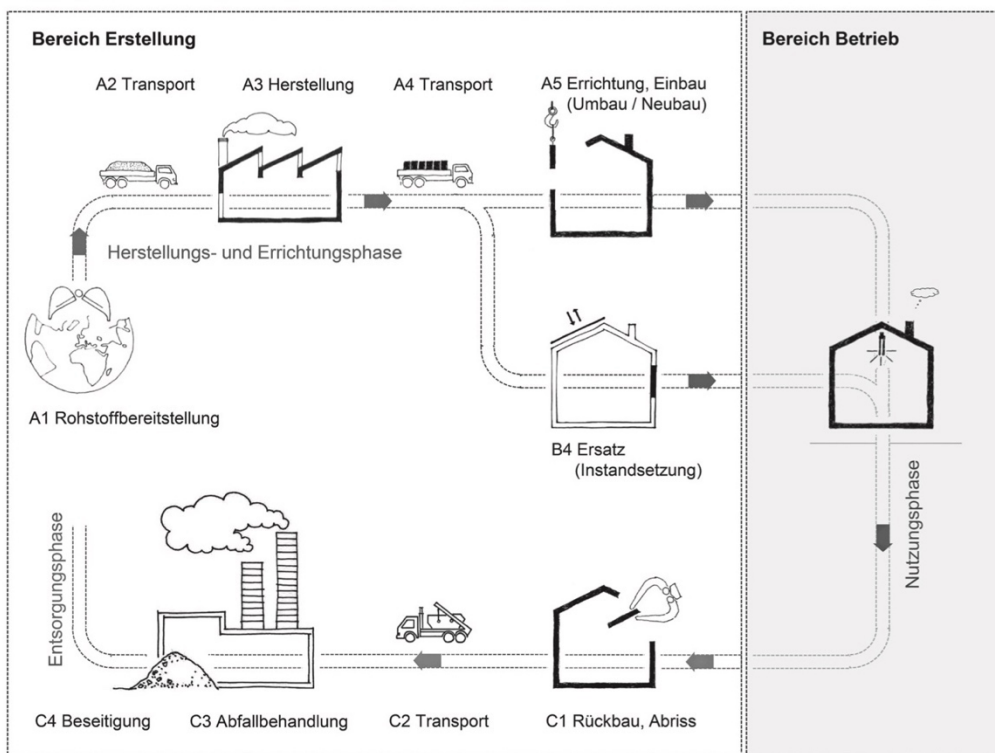


Abb. 10: Lebenszyklusbetrachtung eines Gebäudes (SIA, 2020)

In der Abbildung 11 wird dargestellt, welche LCA-Indikatoren von der Norm SIA 2032 für die Berechnung der Ökobilanz berücksichtigt werden.

Die soeben erwähnten LCA-Indikatoren werden hauptsächlich durch die SN EN 15804 definiert und sind in Abbildung Nr. 12 zu sehen.

Aus diesen beiden Abbildungen lassen sich zwei wichtige Schlussfolgerungen ziehen: Die SIA 2032 berücksichtigt bei der Berechnung der Ökobilanz hauptsächlich die Indikatoren **Herstellung und Entsorgung**.

Obwohl sie in der SN EN 15804 aus dem System betrachtet werden, berücksichtigt die SIA 2032 auch das Modul D "Wiederverwendung - Rückgewinnung, Recycling-Potenzial" nicht. Dieser letzte Faktor hat einen wesentlichen Einfluss auf den Anwendungsfall Materialpass. Da die SIA 2032 keine offizielle Metrik vorgibt. Stattdessen werden Empfehlungen gegeben, die im Abschnitt "Wichtige Strategien" beschrieben werden.

Phasen gemäss SN EN 15804	Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase							Entsorgungsphase						
	Rohstoffbereitstellung			Errichtung, Einbau		Instandhaltung		Reparatur		Erneuerung		Betrieblicher Energieeinsatz		Betrieblicher Wassereinsatz		Rückbau, Abriss		Abfallbehandlung	
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4			
Bereich Erstellung gemäss SIA 2032	x	x	x	(x)	(x)				x				x	x	x	x			

Abb. 11: Der Bereich Erstellung gemäss Merkblatt umfasst die mit x bezeichneten Phasen des Lebenszyklus gemäss SN EN 15804. (SIA, 2020)

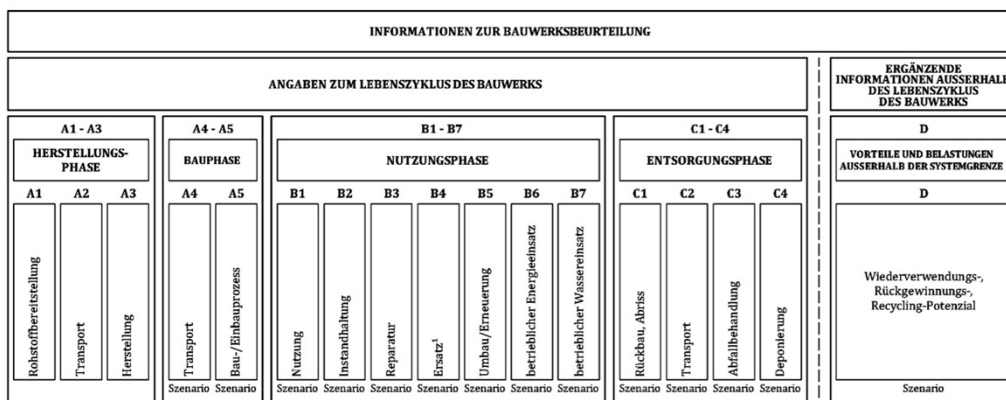


Abb. 12: Lebenszyklus gemäss SN EN 15804 (CEN, 2019)

Berücksichtigte Bauteile

Die Definitionen der Bauteile beziehen sich auf die Elementgruppe nach elementbasierter Baukostenplan Hochbau (eBKP-H) im technischen Merkblatt der SIA 2032. Die wichtigsten berücksichtigten Hauptgruppen von Bauteilen sind:

- B Vorbereitung
- C Rohbau
- D Gebäudetechnik
- E Fassade
- F Dach
- G Ausbau

Die Klassifizierung der Hauptgruppen nach eBKP-H ist ein wichtiger erster Schritt bei **der systematischen Handhabung der Informationsgranularität**. Ohne direkt auf das eBKP-H Klassifizierungssystem Bezug zu nehmen, ist es möglich, ein System vorzuschlagen, das auf 3 Detailebenen basiert. Dieses System wird im nächsten Absatz beschrieben.

Im Produkt, das in dieser Masterarbeit vorgeschlagen wird, werden die Hauptgruppen der Bauelemente B -Vorbereitung und D-Gebäudetechnik nicht berücksichtigt.

Anhang B – Die wichtigsten Strategien

Die wichtigen Strategien sind in Anhang B der SIA 2032 beschrieben und haben einen informativen Wert. Dennoch sind sie für die Zwecke dieser Arbeit wichtig und zu berücksichtigen. Im Folgenden wird eine Auswahl der Strategien beschrieben und die Verbindung zu den jeweiligen Anwendungsfällen in Kurzform dargestellt.

Weniger Mengen

Die im Anhang beschriebene Suffizienzstrategie ist eher auf die konzeptuelle Effizienz der gestalteten Räume ausgerichtet (räumliche Effizienz). Die Ökobilanz kann jedoch durch die Reduzierung der Mengen beeinflusst werden. Hier spielt der Materialpass eine wichtige Rolle, da er bestimmen kann, welche Elemente wiederverwendet werden können.

Materialwahl

Energieintensive Materialien (Herstellung) sollten nur dort verwendet werden, wo ihre Eigenschaften einen Mehrwert schaffen. Aufgrund ihrer Werte in Gruppe A der LCA-Indikatoren ist ihr Einfluss auf die Ökobilanz bedeutend.

Systemtrennung

Die Hauptgruppen der Bauelemente D, E, F und G (nach eBKP-H) sollten trennbar sein, ohne die Hauptgruppe der Primärkonstruktion C zu beeinflussen. In diesem Zusammenhang sollte der Materialpass Bewertungsinstrumente bereitstellen, die es ermöglichen, den Stand der Demontierbarkeit der Bauteile und damit die erhöhte Anpassungsfähigkeit und Verlängerung der Lebensdauer des Gebäudes zu kennen.

Anpassbarkeit

Mit einem Konzept, das sensibler auf die mögliche Anpassungsfähigkeit des Gebäudes eingeht, z.B. ohne die tragende Struktur zu beeinflussen, wird die Renovierung weniger Auswirkungen auf die Ökobilanz haben. Flexibilität und Nutzungsneutralität sind wichtige Strategien zur Verlängerung des Lebenszyklus.

2.2.3 Datengrundlagen

In diesem Unterabschnitt wird ein System zur Verwaltung der Informationsebene von Gebäudekomponenten untersucht und vorgeschlagen. Unter Verwendung der Werkzeuge (Softwares Tools) und Daten, die bereits in den Standards vorliegen. Wie in Unterabschnitt 2.1.3 erläutert wurde, ist der systematische Umgang mit der Informationsgranularität entscheidend für die beste Genauigkeit bei der Berechnung der Ökobilanz. Der Zweck dieses theoretischen Teils ist es, eine begründete und anwendbare Informationsstruktur für die BIM-Methodik zu schaffen.

Verfügbare Werkzeuge und Daten

SIA 2040: Es gibt zwei wichtige Elemente, die die Norm für die Masterarbeit bereitstellt. Die Anforderungen (Daten) für jede Gebäudekategorie und ein Berechnungstool namens "Tool SIA2040".

Die Abbildung N° 13 ermöglicht ein einfaches Verständnis der Zielwerte für die Kategorie "Schule", es ist möglich, die beiden Projektkategorien Umbau und Neubau zu identifizieren, unterteilt nach den Richtwerten für jeden Faktor Erstellung - Betrieb - Mobilität und nach den beiden zentralen Werten für die Bewertung: Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen.

Schule	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²		Treibhausgasemissionen kg/m ²	
	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Richtwert Erstellung	30	20	9,0	6,0
Richtwert Betrieb	50	60	2,0	4,0
Richtwert Mobilität	20	20	3,0	3,0
Zielwert	100		14,0	13,0
Zusatzanforderung Erstellung + Betrieb	80		11,0	10,0

Abb. 13 Zielwerte Schule (SIA, 2017b)

Das Berechnungstool wird in Abschnitt 0.3 des Standards erwähnt und kann für die Phase der Vorstudie und des Vorprojekts verwendet werden. Es handelt sich im Wesentlichen um eine Berechnungstabelle, in der es für die Berechnung des Faktors "Erstellung" möglich ist, die Mengen der manuell aus dem DBM extrahierten Bauteile den folgenden vordefinierten Bauteilen zuzuordnen: **Fundament-Bodenplatte, Aussenwand u. Terrain, Dach u. Terrain, Aussenwand – Tragwerk, Aussenwand Aufbau, Fenster, Innenwände, Decke-Tragwerk, Decke-Aufbau, Balkon, Dach-Tragwerk, Dach- Aufbau.**

Es handelt sich um ein umfassendes Berechnungstool, das bei richtiger Anwendung sehr nützlich für die ersten Bewertungen im Zusammenhang mit den Anforderungen der SIA 2040 sein kann. Der Fokus auf dieses Tool bezieht sich auf die Tatsache, dass es das einzige Dokument ist, das die Identifizierung einer Gruppe von vordefinierten Gebäudeelementen ermöglicht, welche die erste Ebene der Informationsdetails darstellen können.

Es ist möglich, für die **SIA Phase Vorstudie** eine erste Grundlage den Detaillierungsgrad der Informationen für die Ökobilanzierung aufzustellen. Der zugewiesene Name ist **'Element'**.

SIA 2032: Die Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt der Norm SIA 2032 (Anhang D) basieren auf den Daten des Dokuments «Ökobilanzdaten im Baubereich» der Kordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB). Jedem Bauteil ist ein Mittelwert für das gesamte **THGE (Herstellung + Entsorgung)** zugewiesen. Die Benennung der Bauteile ist im Vergleich zu den im SIA2040-Tool enthaltenen Bauteilen präziser, auch weil die Elementklassifizierung eBKP-H verwendet wird. Die Elementgruppen der Bauteile sind wie folgt unterteilt: **Fundament-Bodenplatte, Aussenwand unter Terrain, Dach unter Terrain, Aussenwandkonstruktion über Terrain, Stützenkonstruktion, Äussere Wandbekleidung über Terrain, Fassadesystem, Fenster, Dachkonstruktion, Dachhaut, Innenwandkonstruktion (Tragend), Trennwand, Geschossdecke, Bodenbelag, Deckenbekleidung, Balkon.** Es ist möglich, für die **SIA Phase Vorprojekt** die erste Abstufung über den Detaillierungsgrad der Informationen für die Ökobilanzierung aufzustellen. Der zugewiesene Name ist **'Bauteil'**.

KBOB: Der KBOB, der Verein ECOBAU und die Interessensgemeinschaft privater professioneller Bauherren (IPB) haben zudem in Zusammenarbeit mit Ecoinvent eine Excel-Datenbank entwickelt. Die daten werden zum Teil auf der Grundlage von Durchschnittsdaten der Hersteller berechnet. (Bauen digital Schweiz, 2024a) Das bedeutet,

dass die Werte als Referenz dienen können, ohne dass produkt- oder fabrikspezifische Daten erforderlich sind. Die Werte der enthaltenen Materialien sind unterteilt in erneuerbare und nicht-erneuerbare Primärenergiewerte und den THGE-Wert für die Indikatoren: A - Herstellung und C - Entsorgung und die Summe (Total). Es ist möglich, für die **SIA Phasen Bauprojekt- Ausschreibung** die zweite Abstufung den Detaillierungsgrad der Informationen für die Ökobilanzierung aufzustellen. Der zugewiesene Name ist **'Baustoff'**.

In der Abbildung Nr. 14 sind die Beziehungen zwischen den drei Detailebenen zu erkennen. Ein wichtiges und leicht erkennbares Merkmal ist die Tatsache, dass nur die KBOB-Datenbank jedem Baustoff eine **Identifikation (ID)** zuweist. Dieser Faktor ist sehr wichtig für die BIM-Methodik, zur Vermeidung von Redundanzen, welche die Einzigartigkeit der Daten gewährleistet. Interessant ist in dieser Abbildung auch, dass es dank des Dekompositionseffekts möglich ist. Die Komponenten der höheren Kategorie mehrere Zuordnungen haben. Ein dritter wichtiger Aspekt ist, dass die vorgestellten Hypothesen im vorliegenden Kontext gültig sind. Diese Überlegung ist wichtig, weil sich die Bewertungen in allen 3 Hypothesen immer auf denselben Referenzwert beziehen, d.h. auf die Zielwerte, die jeder Gebäudekategorie in der SIA 2040 zugewiesen werden.

Hier wird eine Hypothese zur Handhabung der Informationsgranularität für die Komponenten eines Gebäudes vorgeschlagen. Ihre tatsächliche Effizienz ist gemäss den Anforderungen und Werkzeugen der BIM-Methodik zu überprüfen.

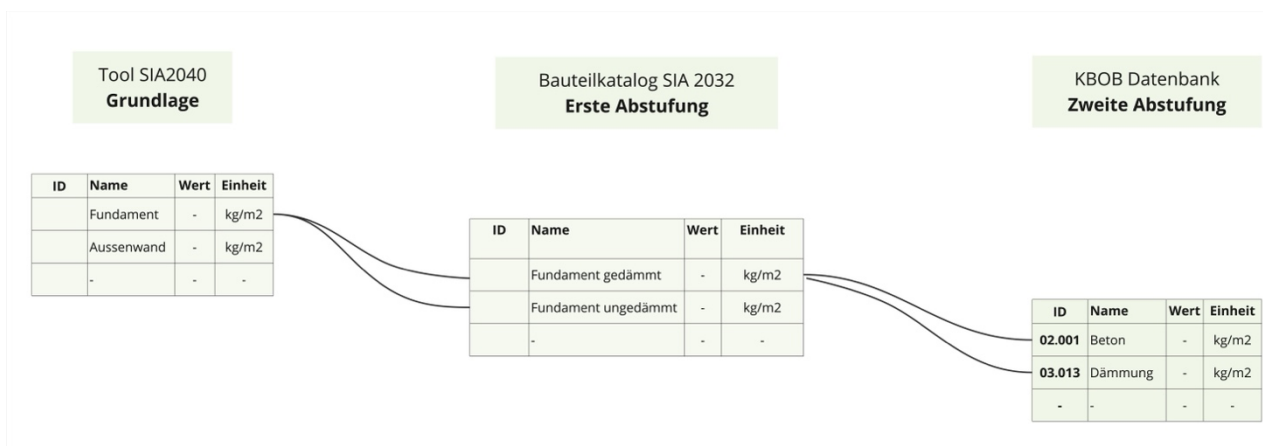


Abb. 14 Abstufung der Informationsgranularität der Bauteile (Eigene Grafik)

Exkurs KBOB Datenbank

Von der KBOB Datenbank gibt es zwei interessante Ableitungen:

- Bauteilkatalog: ein dynamischer Bauteilkatalog, in dem THGE-Werte auf der Grundlage von LCA-Indikatoren berechnet werden können. Es gibt verschiedene Optionen für den Datenzugang (kostenpflichtig und kostenlos)
- EcoTool: ein dynamischer Katalog, der aus Sicht des Autors dieser Arbeit effektiver und intuitiver zu bedienen ist.

Im Vergleich zur statischen KBOB-Datenbank ermöglichen dynamische Datenbanken dem Benutzer die Berechnung von Werten, die in Softwareanwendungen verwendet werden können, um individuelle Werte für ein Bauteil einzugeben, ohne die vordefinierten Bauteile in der internen Datenbank zu verwenden. Die von der FHNW entwickelte Software GreenBIM ermöglicht dies beispielsweise.

2.2.4 Zusammenfassung

Das SIA 2040 Merkblatt gibt den Bezugsrahmen und die Zielwerte vor, die bei jeder Ökobilanzberechnung eingehalten werden müssen. Die Norm wird derzeit überarbeitet und die neue Version wird strengere Zielwerte vorgeben. Die Anforderungen an den Faktor "Erstellung" in der Norm SIA 2040 sind in der Norm SIA 2032 zu finden. Die Anforderungen in der SIA 2032 orientieren sich eher an der AwF-Ökobilanz als am AwF-Materialpass. Beide Normen beziehen sich auf die von der KBOB veröffentlichte Baustoffdatenbank. Auf der Grundlage der aktuellen Informationsstruktur wurde eine Strategie vorgeschlagen, um die Informationsgenauigkeit in Bezug auf den Detaillierungsgrad der Gebäudekomponenten zu verändern.

2.3 BIM-Standards und -Richtlinien

2.3.1 BIM-Standards

Die BIM-Methodik unterstützt die Zusammenarbeit und den Datenaustausch auf der Grundlage des digitalen Baumodells zwischen allen Akteuren während der gesamten Lebensdauer eines Gebäudes (vgl. SIA 2051). Um diese Herausforderung zu meistern, hat der Verein buildingSMART das neutrale offene Format IFC entwickelt. Die Rolle dieses Formats besser zu verstehen, ist es notwendig, sich die Definition der BIM-Methode in Erinnerung zu rufen. ISO 19650-1 definiert BIM als *«Nutzung einer untereinander zur Verfügung gestellten digitalen Repräsentation eines Assets zur Unterstützung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen als zuverlässige Entscheidungsgrundlage»* (Eichler et al., 2024).

Diese Definition legt wiederum drei grundlegende Bereiche der Methodik fest: Modell, Technologie und Prozesse. Kernstück der Methode ist das digitale Bauwerksmodell. Das IFC-Format enthält geometrische und alphanumerische Informationen, die eine Zusammenarbeit zwischen allen Rollen ermöglichen. Um eine einheitliche Qualität der IFC-Daten sicherzustellen, hat buildingSMART Normen auf internationaler Ebene (ISO) sowie Normen auf europäischer Ebene (CEN) eingeführt. Die SIA-Norm 2051 *«Building Information Modelling (BIM) Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode»* stützt sich folglich nicht nur auf verschiedene SIA-Normen, sondern verweist auch auf die europäischen Normen:

- SN EN ISO 16739 Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement (ISO 16739:2013)
- SN EN ISO 29481-1 Bauwerks-Informations-Modelle – Informations-Lieferungs-Handbuch – Teil 1: Methodik und Format (ISO 29481-1:2016)

Das Hauptziel der SIA-Norm 2051 ist es, durch eine umfassende Dokumentation ein Verständnis für die Anwendung der BIM-Methode zu vermitteln. Obwohl die Norm immer noch aktuell ist, wurde entschieden, die hier beschriebenen Themen durch das neue Version des *«BIMcert Handbuch 2024»* des Vereins buildingSMART zu ergänzen.

2.3.2 Gute Entscheidungsprozesse erfordern gute Daten

Die Visualisierung des Gebäudes in einer digitalen Umgebung und die damit verbundenen Daten beschleunigen den Entscheidungsprozess. Der Datenaustausch auf der Grundlage des digitalen Gebäudemodells vermeidet eine

Zersplitterung der Arbeit und macht eine rechtzeitige Entscheidungsfindung möglich. Aus diesen Gründen sollten die Daten strukturiert sein. Das digitale Bauwerksmodell enthält alle geometrischen und alphanumerischen Informationen, die jeder Akteur im Planungsprozess erzeugt, pflegt und nutzt. Die Zusammenarbeit ist entsprechend erfolgreich, weil es einen unabhängigen Ort gibt, an dem Informationen ausgetauscht werden können (Common Data Environment, CDE). Die Genauigkeit des Modells hängt allerdings vom Detaillierungsgrad bzw. der Tiefe der darin enthaltenen Informationen ab (Eichler et al., 2024).

In der BIM-Methodik wird der Grad der Informationstiefe durch das LOIN-Methode (Level of Information Need) geregelt. Das Methode definiert den Informationsbedarf in jedem Prozess – sowohl für den Auftraggeber wie den Auftragnehmer. In den spezifischen Anwendungsfällen können die Informationen strukturiert werden, wodurch weder zu viel noch zu wenig Informationen geliefert werden. Das Methode ist zudem in zwei Ebenen unterteilt: die Geometrieebene (LOG) und die alphanumerische Ebene (LOI).

Ein Grundprinzip von BIM ist der konsistente Austausch von Informationen (Eichler et al., 2024). Daher ist es entscheidend, so viele Informationen wie nötig, aber so wenig wie möglich in das Modell aufzunehmen; das Prinzip «vom Groben zum Feinen» ist grundlegend (SIA, 2017a).

2.3.3 BIM-Abwicklungsmodell – Regelwerke

Um das Informationsmanagement auf mehreren Ebenen in der integralen Planung kontextualisieren zu können, bietet das von buildingSMART herausgegebene Bearbeitungsmodell eine harmonisierte und nachvollziehbare Struktur. Zentraler Erfolgsfaktor ist die klare Zuordnung der Anforderungen des Auftraggebers an den Lieferanten. Dadurch werden die Akzeptanz und die Ergebnisse der Zusammenarbeit verbessert (Bauen digital Schweiz, 2022). Das Informationsmanagement ist ein integraler Bestandteil des Projektmanagements (Bauen digital Schweiz, 2022). Um es effektiv und zielgerichtet zu gestalten, muss der Informationsfluss auf mehreren Ebenen geregelt werden. Das Abwicklungsmodell folgt einer 3-Ebenen-Hierarchie. Jede Ebene benötigt konsolidierte Informationen auf den anderen Ebenen, um zu funktionieren. (Bauen digital Schweiz, 2022) In Anlehnung an SN EN ISO 19650-1 sind die Ebenen wie folgt definiert:

- Organisationsebene – *Organizational Information Requirements (OIR)*,
- Bewirtschaftungsebene – *Asset Information Requirements (AIR) + Asset Information Modell (AIM)*,
- Projektierungsebene – *Project Information Requirements (PIR) + Project Information Modell (PIM)*

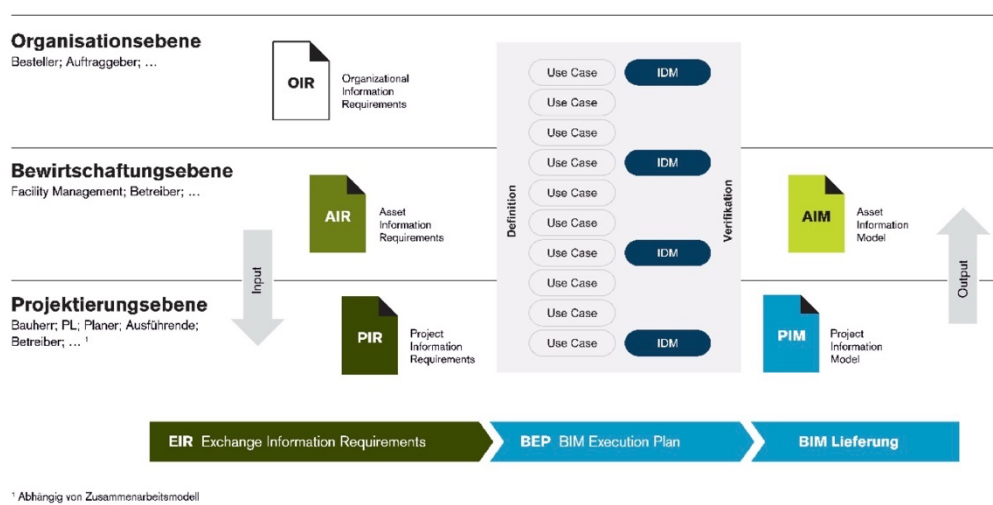


Abb. 15: Grafik in Anlehnung an SN EN ISO 19650-1 (Bauen digital Schweiz, 2022)

Dies ist das Dokument mit dem Titel "Anwendung der Methode BIM im Hochbau bei Einzelplanermandate - Informationsanforderung des Auftraggebers "(2023). Dieses Dokument beinhaltet wichtiger die tabellarischen Beschreibungen als Hilfsmittel für diese Arbeit. Tatsächlich ist eines der Produkte dieser Arbeit die **Beschreibung der spezifischen Prozesse**, die in den Anwendungsfällen enthalten sind. **Der Elementplan** ist das zweite Produkt dieser Arbeit. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Elementplan auf der Grundlage, der im AIA enthaltenen Informationen erstellt wird und ein integraler Bestandteil des BAP ist. Im BAP gibt es die **Modellierungsrichtlinien**, welche das dritte Produkt darstellen.

An dieser Stelle war es möglich, die 3 digitalen Werkzeuge zu identifizieren, die im Handbuch zusammengefasst sind, das das Endprodukt darstellt.

Abb.18 zeigt eine klassische BIM-Organisation, woraus sich 2 Kollaborationsgruppen ableiten lassen: Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN).

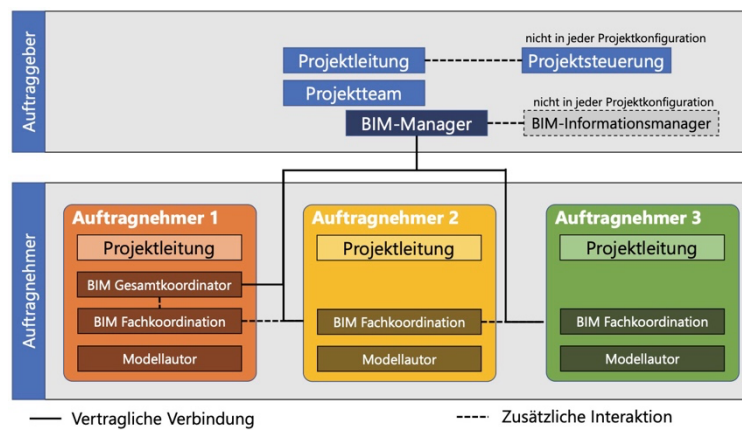


Abb. 17: Organigramm der Projektorganisation

Der Auftraggeber und der Auftragnehmer beziehen sich auf das Management von Informationen (Informationsbestellung und Informationsangebot). In Bezug auf die beiden identifizierten Anwendungsfälle **Ökobilanz** und **Materialpass** ist es notwendig, die Rollen und ihre Aufgaben gemäss der Tabelle Nr. 1. zu ordnen.

Die Tabelle Nr. 1 gibt einen Überblick über die Rollen, ihre Kollaborationsgruppe und ihre Aufgaben. Sie beschreibt in vereinfachter Form die wichtigsten Prozesse des Anwendungsfalls. Der Austausch von Informationen zwischen den Rollen erfolgt entsprechend der oben beschriebenen Struktur. Besonders die DBM-Qualitätskontrollprozesse sind fett gedruckt. Diese Prozesse werden in den Produkten dieser Arbeit thematisiert.

AwF	Kollaborationsgruppen	Rolle	Aufgabe
Ökobilanz	AG	Bauherr	Start- Definition Ziele – EIR Erstellen
Ökobilanz	AG	BIM Manager	Freigabe EIR
Ökobilanz	AN	BIM Gesamtkoordinator	BAP Erstellen
Ökobilanz	AG	BIM Manager	Freigabe BAP
Ökobilanz	AN	BIM Koordinator	Prüfung / Qualitätssicherung DBM
Ökobilanz	AN	Fachberater Nachhaltigkeit	Auswertung + Auswertungsbericht
Ökobilanz	AN+AG	Architekt + Bauherr	Projekt Prüfung – Entscheid - Ende
Materialpass	AG	Bauherr	Start- Definition Ziele – EIR Erstellen
Materialpass	AG	Kreislaufspezialist	Spez. der Informationsanforderung
Materialpass	AN	BIM Manager	Freigabe EIR
Materialpass	AG	BIM Gesamtkoordinator	BAP Erstellen
Materialpass	AG	BIM Manager	Freigabe BAP
Materialpass	AN	BIM Koordinator	Prüfung / Qualitätssicherung DBM
Materialpass	AG	Kreislaufspezialist	Definition Produktklassendatenbank
Materialpass	AG	Kreislaufspezialist	Prüfung / Freigabe Materialpass- Ende

Tabelle 1: Umfassende und vereinfachte Übersicht über die Beziehungen zwischen Rollen, Anwendungsfälle und Aufgaben (Eigene Grafik)

2.3.5 buildingSMART Use-Cases

buildingSMART International hat eine Onlineplattform entwickelt, auf der Anwendungsfälle gesammelt und nach der IDM-Methode «Information Delivery Manual» beschrieben werden. (Eichler et al., 2024)

Allgemein können Anwendungsfälle gemäss SIA 2051 wie folgt definiert werden: «Ein Anwendungsfall beschreibt ein Szenario, das der Zielerreichung dient». (SIA, 2017a) Die «Use-Cases» beschreiben sodann nach dem Best-Practice-Konzept den besten Weg, um bestimmte Ziele mit der BIM-Methodik zu erreichen. Die IDM-Methode regelt und standardisiert dafür die Beschreibung und die BPMN-Sprache wird gemäss ISO 29481 verwendet. Laut der buildingSmart International (bSI) Use Case Management Plattform (UCM) (2024), die IDM-Methode sieht 3 grundlegende Elemente vor, die den Anwendungsfall charakterisieren:

- **Definition des Anwendungsfalls und den Umfang für die Informationsbereitstellung;**
- **Prozessdefinition;**
- **Definition der Anforderungen an den Informationsaustausch (EIR) – kein technisches Format.**

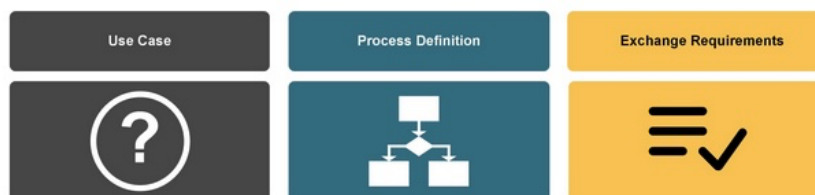


Abb. 18: die drei Kernelemente des Use-Case nach bS Use Cases Management (bSI, 2024)

In Bezug auf die Nachhaltigkeit wurden vier bestehende Anwendungsfälle identifiziert, die sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden:

- CHE.5311.05 Integration der grauen Energie und weiterer Ökobilanzdaten in die BIM-Methodik (2021)
- CHE.5352.02 Bestandsinventarisierung (2024a)
- CHE.5352.03 Neubau Materialpass mit Produktklassifikationen (2024b)
- CHE.5352.05 LEAN Deconstruction (2024c)

An dieser Stelle kann die logische Verbindung zu den Anwendungsfällen hergestellt werden, die in Unterkapitel 2.1.2 identifiziert wurden:

- Im Anwendungsfall CHE 5311.05 wird der Anwendungsfall **Ökobilanz** identifiziert
- Im Anwendungsfall CHE 5352.03 wird der Anwendungsfall **Materialpass** identifiziert.

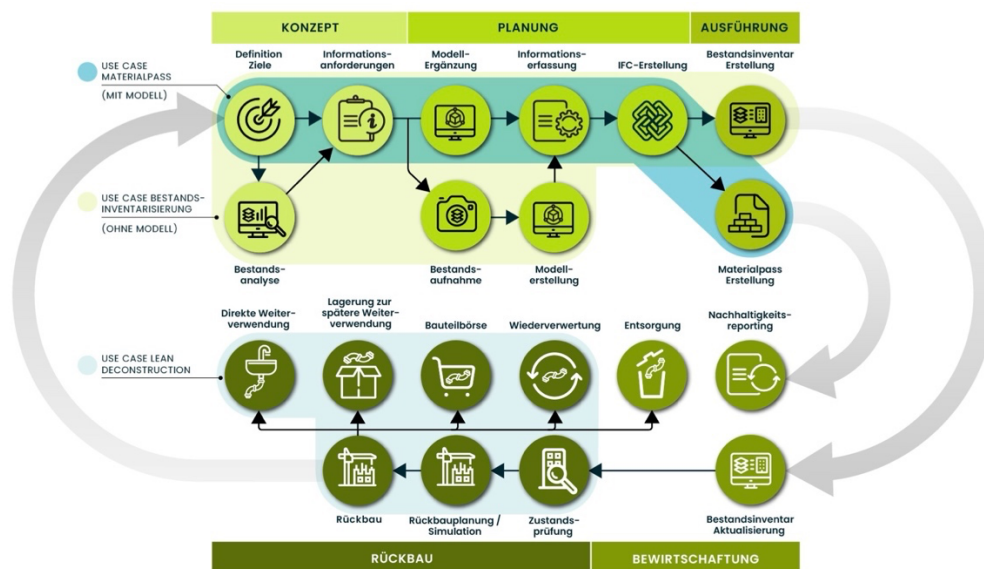


Abb. 19: Überblick über die drei oben genannte Anwendungsfälle, kontextualisiert zu den Planungsphasen (bSCH, 2024a)

Die AwF CHE.5352.02/03/05 wurden vor kurzem veröffentlicht (01.2024) und dank der Abb. 19 ist es möglich zu verstehen, dass sie miteinander verbunden sind (logische Reihenfolge).

In dem Teil **Prozessdefinition** jeder AwF war es möglich, die Zusammenhänge und wichtigen Merkmale zu verstehen, die im Folgenden beschrieben werden:

- AwF Materialpass und Bestandsinventarisierung werden in 3 Phasen entwickelt: 2-Konzept - 3-Planung - 4-Ausführung
- AwF Materialpass und Bestandsinventarisierung teilen sich eine konzeptionelle Phase, können aber unabhängig voneinander eingesetzt werden.
- AwF LEAN Deconstruction ist in Phase 5 - Rückbau dargestellt.
- Alle Anwendungsfälle enthalten iterative DBM-Qualitätskontrollprozesse.

In der Definition **der Anforderungen an den Informationsaustausch** jeder AwF gibt es einen [Link](#) zu einem Smartsheet, auf dem Sie die semantischen Informationen visualisieren können, die Sie für die Prozesse benötigen.

Eine genaue Suche nach diesen Informationen ergab, dass diese semantischen Informationen auf den zwei Bewertungsmethoden beruhen, nämlich:

- «Methodologie der Bewertung für die Zustanderfassung IBB» (2020)
- « Zirkuläre Gebäude Messmethodik Trennbarkeit Version 2.0 » (2021)

Diese beiden Methoden sind die dokumentarische Grundlage, für die im Teil Informationsanforderung verwendeten und beschriebenen Merkmale.

Eine eingehende Untersuchung dieser Methoden ist nicht vorgesehen. Die Merkmale werden jedoch in dem im Konzept vorgeschlagenen Leitfaden verwendet.

Bezüglich der AwF CHE.5311.05;

In der **Prozessdefinition** ist der iterative Prozess zur Qualitätskontrolle des DBM zu erkennen. Ausführlich beschrieben in Unterkapitel 4.1 Konzept-Vorgehen und Abb. 37.

In der **Definition der Anforderungen an den Informationsaustausch** der AwF gibt es mehrere Merkmale (Attribute), die im vorgeschlagenen Leitfaden teilweise im Konzept verwendet wurden

Der Zweck dieser kurzen Analyse ist die Identifizierung von iterativen Prozessen auf der Grundlage der DBM-Qualitätskontrolle. Diese Prozesse, die integraler Bestandteil jeder AwF sind, werden im Leitfaden nach einer logischen Reihenfolge angeordnet, die im Kapitel 'Konzept' zu sehen ist.

2.3.6 IFC Schema

In diesem Abschnitt wird das Grundprinzip der Funktionsweise des IFC-schema kurz beschrieben. Die Beschreibung ermöglicht die Kontextualisierung semantischer Informationen (Merkmale), die für die funktionale Beschreibung von Informationen im DBM und deren Zuordnung erforderlich sind. Dieser Schritt ermöglicht es, von einer semantischen Beschreibung zu einer konzeptionellen Beschreibung unter Verwendung des IFC-Schemas überzugehen. Ein DBM beabsichtigt normalerweise dreidimensionale Geometrien von Bauwerken in einem vordefinierten Detailgrad zu beinhalten. Es umfasst auch nicht-physische Elemente wie Räume und eine hierarchische Projektstruktur (Borrmann et al., 2018). Diese Elemente sind als Entitäten in der Datenmodellierung definiert. (Artus et al., 2021) Jede Entität verfügt über eine Satz semantischer Informationen wie die Elementtyp, physische Eigenschaften oder Beziehungen zu anderen Elementen (Borrmann et al., 2018). Diese Informationen bilden die Merkmale, d.h. die Eigenschaften einer Entität. Alle Entitäten eines Typs haben dieselben, aber mit individuellen Werten. (Artus et al., 2021). Die OpenBIM-Methodik verwendet den IFC-Standard als Austauschformat. Es ist wichtig zu beachten, dass das IFC-Schema zwischen statisch integrierten Merkmalen (z.B. Pset_Common) und dynamisch generierten Eigenschaften unterscheidet. Das IFC-Schema ist bereits besonders umfangreich, und dank dieser Eigenschaft gibt es keine Möglichkeit einer weiteren Erweiterung. Dynamische Eigenschaften können einem Element einzeln oder gruppiert als PSets zugewiesen werden. (Borrmann et al., 2018). Das IFC-Schema kann benutzerdefinierte PSets aufnehmen, aber sie können nicht "PSets" genannt werden, da dies der offizielle und geschützte Name von buildingSmart ist. Für benutzerdefinierte Sets muss eine neue Nomenklatur wie z.B. "Mset_XXX" verwendet werden.

In Bezug auf das Produkt dieser Masterarbeit werden statische und dynamische Merkmale, die bereits im IFC-Schema vorhanden sind, verwendet. Die Erstellung neuer Gruppen von dynamischen Merkmalen ist möglich und diese Option wird in Bezug auf die semantischen Informationen, die für jedes AwF verwendet werden, und die entsprechende Informationsgranularität genutzt.

2.3.7 State of Art: digitale Werkzeuge für Nachhaltigkeit

In Abb. 20 sind die typischen Anwendungen von BIM erkennbar. In Bezug auf die Reduzierung der CO₂-Emissionen in einem Bauprojekt können die relevanten Applikationen in drei Bereichen identifiziert werden:

- Erstellung von geometrischen und alphanumerischen Informationen (Autorensoftware)
- Kontrolle der Qualität und Struktur der Informationen (Prüfsoftware/Informationsstruktursoftwares)
- Auswertung und Entscheidungsfindung (Auswertungssoftwares/Viewer)

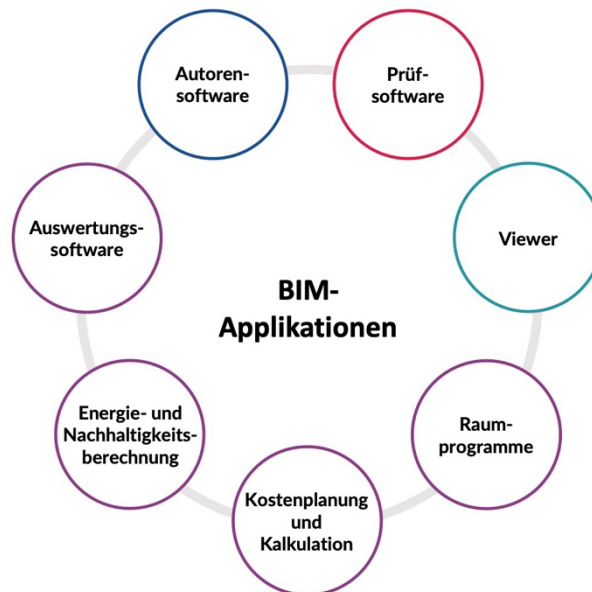


Abb. 20: Arten der BIM – Applikationen (Eichler et al., 2024)

Workflow ClosedBIM

Bei der Definition der ClosedBIM-Methode wird auf den eingeschränkten Informationsaustausch aufgrund von proprietären Formaten hingewiesen (Bartels et al., 2022). So wird beispielsweise das PDF (Natives Dateiformat) oft für die grafische Darstellung des Bewertungssoftwareprodukts verwendet. Das PDF ist ein proprietäres, aber «offenes» Format. Trotz seiner «Offenheit» lässt es aber keine Interoperabilität zu, d. h., der Austausch von maschinenlesbaren Informationen ist nicht möglich. Aus diesem Grund können Softwares, die ein PDF für ihr Produkt nutzen, als ClosedBIM betrachtet werden.

Abb. 21 und Abb.22 definieren die zwei aktuellen Workflows für die Ökobilanz (LCA). Abb 21 zeigt das in der Software des Autors integrierte LCA-Plugin, das normalerweise aus einem Berechnungssystem besteht, das geometrische Daten aus dem 3-D-Modell mit den alphanumerischen Daten der internen Datenbank kombiniert.

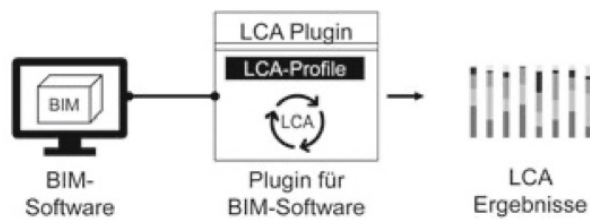


Abb. 21: LCA Plugin für BIM- Software (Bartels et al., 2022)

Abb. 22 zeigt hingegen den Workflow einer unabhängigen Auswertungssoftware, die dank des Imports von Geometriedaten über das IFC-Format Auswertungsrechnungen in Kombination mit alphanumerischen Daten durchführt, die oft in internen Datenbanken enthalten sind, damit die Daten korrekt strukturiert werden. Im Anwendungsfall Materialpass ist der Arbeitsablauf ähnlich. (siehe Abb. 23)

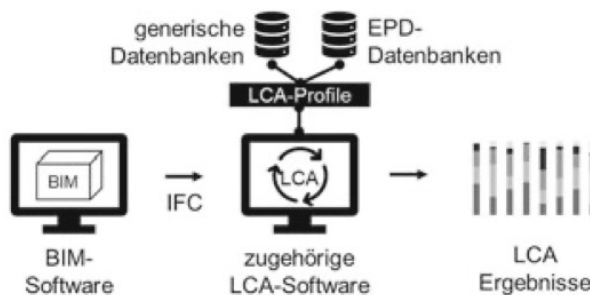


Abb. 22: Geometrischer IFC Import – LCA (Bartels et al., 2022)

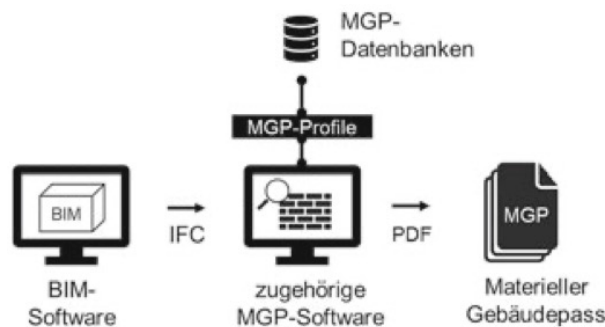


Abb. 23: Geometrischer IFC-Import Gebäudepass (Bartels et al., 2022)

Workflow OpenBIM

Obwohl derzeit fast nur ClosedBIM-Methoden verwendet werden, die zahlreiche Vorteile haben, wird die OpenBIM-Methode in der Literatur und der Forschung als das Ideal angesehen (Bartels et al., 2022). Zum einen ermöglicht das offene Format den Austausch von Informationen zwischen Softwares, zum anderen lässt sich das Format projektspezifisch einsetzen. Zudem sind damit iterative Prozesse möglich. Das offene Format setzt allerdings den Export von geometrischen und alphanumerischen Informationen voraus, wobei die Informationen je **nach Anwendungsfall strukturiert werden müssen**. Hierzu sieht der Workflow in Abb. 24 die Strukturierung der Informationen über das Informationsstrukturwerkzeug vor. Die IFC-Datei kann wiederum in eine spezifische Auswertungs- und Visualisierungssoftware importiert werden, die mit einer internen Datenbank kombiniert oder mit externen Datenbanken verknüpft wird.

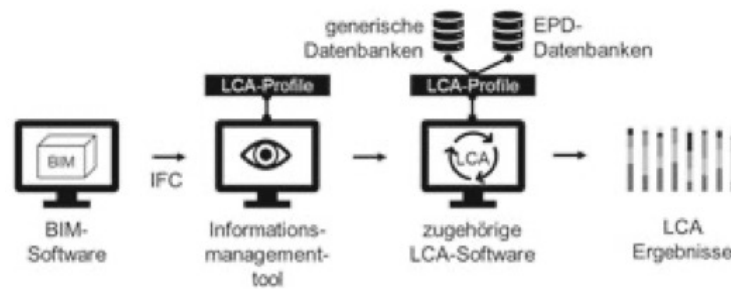


Abb. 24: BIM Werkzeuge zur Verknüpfung der LCA Datensätze (Bartels et al., 2022)

Dieser Workflow befindet sich in einer prototypischen Phase. Der Hauptgrund ist die fehlende Strukturierung der öffentlich zugänglichen Datenbanken, die eine direkte Verbindung über ein digitales Auswertungswerkzeug und die von der Autorensoftware exportierte IFC-Datei ermöglicht.

2.3.8 Zusammenfassung

Die BIM-Methode basiert auf dem intelligenten Management der im DBM enthaltenen Informationen. Um diese Aufgabe erfolgreich zu bewältigen, ist eine Standardisierung der Methode in allen ihren Komponenten notwendig: die Struktur der Dokumentation, das Management der Prozesse, die definierten Aufgaben der Rollen und die konzeptionelle Struktur, die das digitale Bauwerksmodell unterstützt, d.h. der IFC-Standard. Die Methode entwickelt sich ständig weiter.

2.4 Informationsmanagement

2.4.1 BIM-Standards: Level of Information Need (LOIN)

Mit dem BIM-Ansatz gelingt es, etablierte Bauprozesse im datenbasierten Kollaborations- und Informationsmanagement zu verknüpfen (Bauen digital Schweiz, 2024b). Voraussetzung ist, dass Anbieter und Anforderer ein identisches Verständnis von benötigten Informationen haben. Die Norm SN EN ISO 19650 identifiziert dafür Prozesse und Rollen aus der Perspektive des Empfängers und des Informationsanbieters. Die Norm SN EN 17412-1:2020 liefert sodann eine Methode zur Definition des Informationsbedarfs. Sie ermöglicht es, Informationen in maschinenlesbarer Form bereitzustellen, die wiederum in der BIM-Methode genau beschrieben sind.

Die Methode basiert auf zwei Schritten (siehe auch Abb. 25):

- der Definition der Voraussetzungen: Warum Wann, Wer, Was (Schritt 1)
- der Definition der Informationstiefe (Wie) in geometrischer (LOG), alphanumerischer (LOI) und dokumentarischer Form. (Schritt 2)

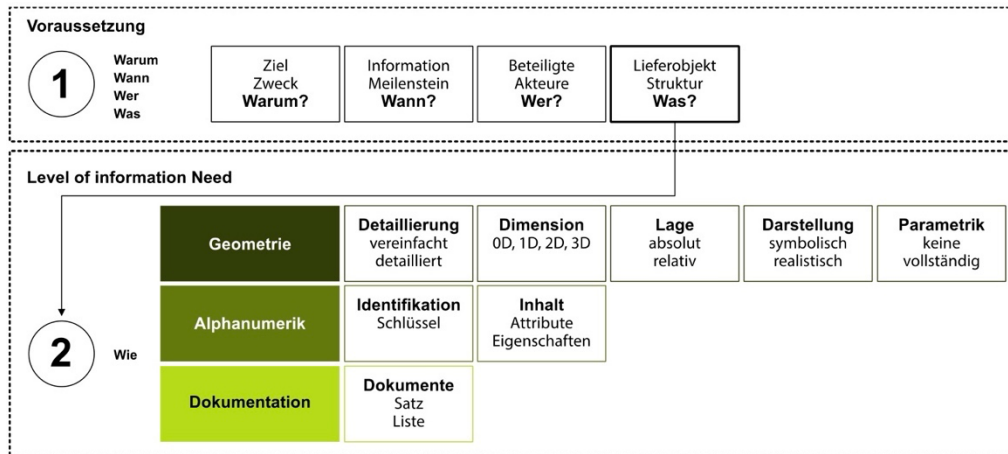


Abb. 25: Methode zur Definition der Informationsbedarfstiefe «Level of Information Need» in zwei Schritten nach der Norm, SN EN 17412-1:2020 (Bauen digital Schweiz, 2024b)

Die LOIN-Methode ist ein grundlegendes Werkzeug zur präzisen Definition des Informationsflusses in der Planungsphase durch die entsprechenden Anwendungsfälle und deren Umsetzung. Um das Potenzial der Methode zu verstehen, wird sie in konzeptionellen Aspekten wie Zusammenarbeit und Organisation und in eher technischen Aspekten wie dem Elementplan kontextualisiert.

2.4.2 LOIN und Systematik zur Handhabung der Informationsgranularität

Für die Schweizer Bauwirtschaft ist die Referenzdatenbank für die LCA-Methode die von der KBOB entwickelte Datenbank. Diese liefert präzise Werte für die LCA-Phasen. Mit diesen Werten wurden zum Beispiel die Berechnungstabelle nach SIA 2032 und interne Datenbanken in digitalen Werkzeugen wie GreenBIM, Bauteilkatalog und EcoTool entwickelt. LOIN ist die in der BIM-Methodik vorgeschlagene Methode, um die Handhabung der Informationsgranularität. In Unterabschnitt 2.2.3 wurde eine 3-stufige Abstufungsstrategie vorgeschlagen, die auf dem Detaillierungsgrad der Bauteile in Bezug auf die Berechnungswerkzeuge in dem Normen basiert. Nach Passer et al. (2023), sollte sich die Berechnung der Ökobilanz an den Projekt-detaillierungsgrad anpassen, der während des gesamten Entwurfsprozesses verfügbar ist. Das bedeutet, dass in den frühen Entwurfsphasen Daten benötigt werden, die Annahmen über den typischen Bauprozess enthalten. Für die erste Ökobilanzberechnung können Annahmen über die Oberflächen des Gebäudesystems und der Baugruppen getroffen werden. Abbildung Nr. 26 zeigt einen Ansatz, bei dem LOIN und der Gruppe der Baukomponenten, welche in 4 Detailebenen unterteilt werden. Die Überlegung bei diesem Ansatz ist, eine Hypothese zwischen den drei in Abschnitt 2.2.3 identifizierten Abstufungsebenen und der LOIN-Methode aufzustellen. Die Annahme wird in Abschnitt 4.3.4 und 5.2 beschrieben und in Abbildung 46 dargestellt.

- WARUM nennt die Anwendungsfälle (Schritt 1);
- WANN zeigt die Planungsphase nach SIA 102 oder nach einem anderen Bezeichnungssystem (Schritt 1);
- WER hält die verantwortliche Person fest, wobei die Verantwortlichkeit in geometrische (LOG) oder alphanumerische (LOI) Anforderungen unterteilt werden kann (Schritt 1);
- WAS zeigt die Struktur der Bauteil, die normalerweise aus die Modellierungsrichtlinien abgeleitet wird (Schritt 1);
- WIE gruppiert die Merkmale, den Wertetyp, den Wertebereich und den Namen nach dem IFC-Schema (Schritt 2).

Wichtig ist, dass sich der Elementplan grundsätzlich an alphanumerischen Informationen (LOI) und nicht am Detailgrad der geometrischen Informationen (LOG) orientiert.

2.4.4 Informationsstrukturwerkzeug

Gemäss dem «BIMcert-Handbuch» lässt sich das Informationsstrukturwerkzeug wie folgt definieren:

«Datenstrukturwerkzeuge sind webbasierte BIM-Werkzeuge zur Erstellung und Modifikation von individuellen Datenstrukturen sowie darauf basierten Detaillierungsgraden. Für diese Tätigkeiten bieten sie eine zentrale Moderation und integrierte Distribution in verschiedene Kanäle (BIM-Applikationen, BIM-Regelwerke etc.). Damit minimieren sie den jeweiligen individuellen Anpassungsaufwand. Datenstrukturwerkzeuge unterstützen bei der Definition der Austausch-Informationsanforderungen AIA (EIR) und der Erstellung projektspezifischer BIM-Leitfäden» (Eichler et al., 2024).

Abb. 28 verdeutlicht den Kontext, in dem das Instrument eingesetzt wird. Wichtig sind dabei folgende Funktionen:

- Beschreibung von Informationen nach LOIN;
- Integration von Anwendungsfällen und buildingSmart Data Dictionary (bSDD);
- Integration von Rollen und Phasen;
- Bereitstellung des Information-Delivery-Specification (IDS) -Validierungsformats.

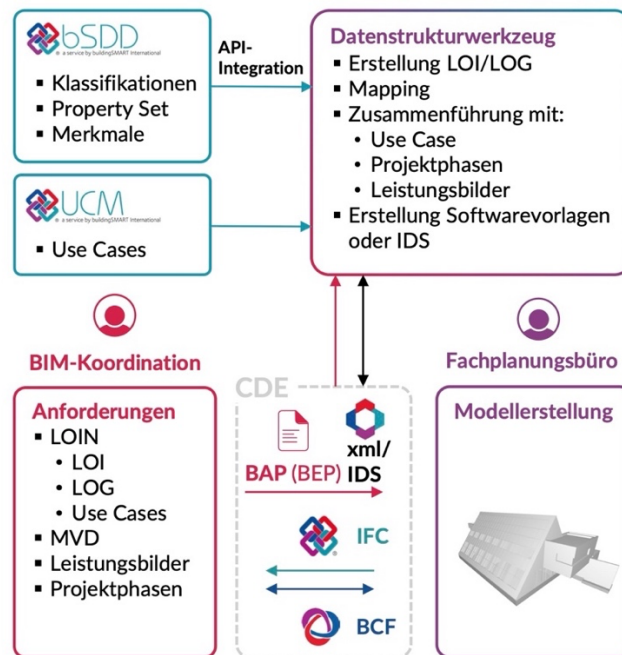


Abb. 28: Verwendung von Datenstrukturwerkzeug zur Verwaltung von Modellinformationsanforderungen (Eichler et al., 2024)

Um den Arbeitsablauf besser zu verstehen, lässt sich aus demselben Bild ableiten, dass das Produkt dieses Werkzeugs über den CDE ausgetauscht und den anderen Akteuren mitgeteilt wird. Daraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Die BIM-Gesamtkoordination kann mithilfe des Elementplans das generische Mapping für das Projekt als Ganzes entwickeln, das wiederum in das EIR integriert werden kann.
- Die BIM-Koordination jeder Disziplin erlaubt einen spezifischen Informationsaustausch, der in das eigene Modell integriert und dort auch überprüft werden muss.

Ein häufig verwendetes Informationsstrukturwerkzeug mit interessanten *Features* ist BimQ. Diese Software wandelt die im Elementplan enthaltenen statischen Informationen in dynamische Informationen um. Dynamisch sind sie deshalb, weil sie maschinenlesbar und in den folgenden Kontexten verfügbar werden:

- Bereitstellung der IDS-Validierungsdatei für die Prüfsoftware
- «Softwarevorlagen», die direkt in der Autorensoftware in das DBM integriert werden können.

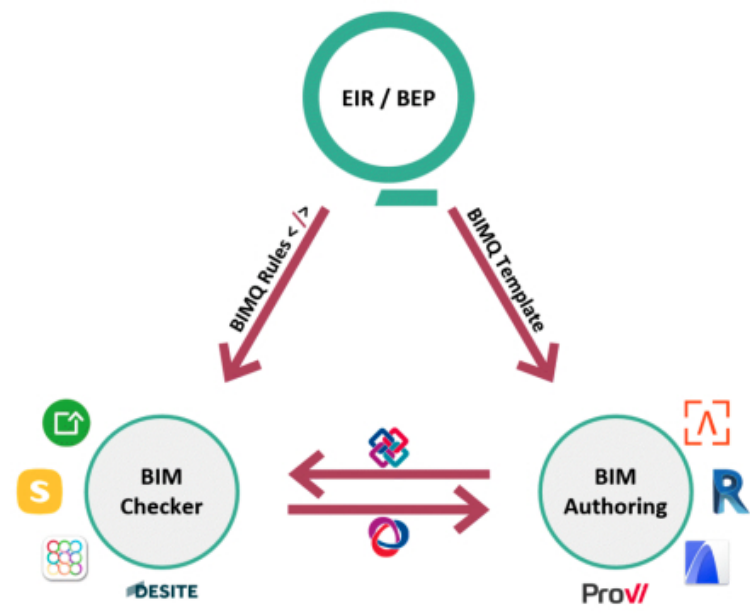


Abb. 29: Darstellung des Workflows. Quelle: BimQ

2.4.5 IDS-Validierung Workflow

IDS ist ein Standard von buildingSMART International zur Definition von computer-interpretierbaren Modellaustauschanforderungen (Eichler et al., 2024). Die IDS-Datei ist eine maschinenlesbare Datei und das Hauptprodukt der Informationsstruktursoftware. Die IDS-Datei spezifiziert die Informationen, mit denen die Objekte übertragen werden. Zudem wird sie nach Eichler et al. (2024) für zwei Teilprozesse verwendet:

- **Informationen definieren:** als Konfigurationsdatei für BIM-Autorensoftware, zur automatisierten Bereitstellung der geforderten Informationsstruktur;
- **Informationen prüfen:** als Konfigurationsdatei für BIM-Prüfsoftware, zur automatisierten Prüfung von Aufbau und Inhalt der Informationsstruktur.

Der IDS-Workflow hat seinen Ursprung im EIR-Dokument. Über das EIR definiert der Besteller die Anwendungsfälle, Rollen und benötigten Informationen. Diese Informationen werden im Elementplan gruppiert, der wiederum als Grundlage für die Umwandlung der Informationen durch die Informationsstruktursoftware von menschenlesbar in maschinenlesbar dient.

Der Auftraggeber exportiert den Informationsbedarf über die IDS-Datei und stellt sie dem Lieferanten zur Verfügung. Der Lieferant kann die Vorlage-Datei für die Konfiguration der Informationsstruktur in der Autorensoftware verwenden. Auf dieselbe Weise kann der BIM-Koordinator jeder Disziplin die Informationsanforderungen für einen bestimmten Prozess definieren. Der IDS-Workflow ermöglicht die korrekte Informationsstruktur in der Autorensoftware und die Überprüfung in der Prüfsoftware.

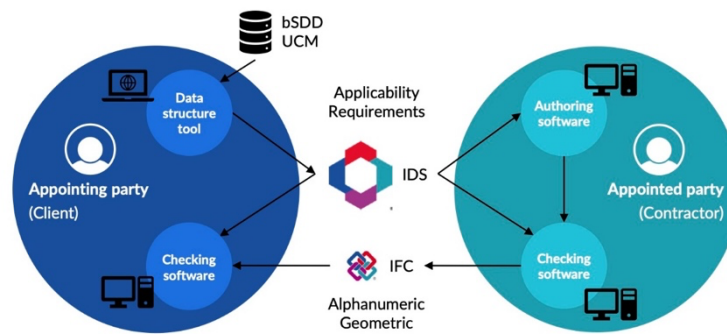


Abb. 30: IDS Workflow (Eichler et al., 2024)

2.4.6 Zusammenfassung

Das LOIN-Methode ermöglicht es, die geometrischen und alphanumerischen Informationen von Gebäudeelementen zu beschreiben, die von buildingSMART als Best Practice anerkannt ist. Wichtig ist jedoch, die LOIN-Methode nicht mit Klassifizierungssystemen und Planungsphasen zu vermischen. Ein Konsens in diesem Bereich besteht noch nicht, weil jedes Bauteil seine eigenen Informationsspezifikationen hat, die nicht 1:1 auf andere Standards übertragbar sind. LOIN ist die Methode der BIM-Methodik, die für die Handhabung der Informationsgranularität der geometrischen (LOG) und alphanumerischen (LOI) verwendet wird. Die Beschreibung des Elementplans ist nützlich und wichtig, weil er ein integraler Bestandteil des Arbeitsprodukts ist. Schliesslich ist der beschriebene IDS-Workflow noch keine etablierte aktuelle Praxis.

3 Umfrage

Für diese Masterarbeit wurde als Fallstudie das «Umbau- und Erweiterungsprojekt der Handelsschule KV (Kaufmännischer Verband)» in Basel gewählt. In diesem Projekt werden mehrere arbeitsrelevante Themen erarbeitet, zum Beispiel Graue Energiebilanz von Rückbau, Wiederverwendung von Baumaterialien (zirkuläres Bauen) oder der Einsatz von «nachhaltigen» Baustoffen.

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des halbstrukturierten Interviews mit dem Planungsteam der Fallstudie vorgestellt, das aus dem Architektenteam (PL-Team- 3 Teilnehmer) von Burckhardt Architektur (BA) und dem Nachhaltigkeitsberater der Firma NovaEnergie (1 Teilnehmer) in Basel besteht. Das Interview besteht aus Fragen, die beiden Teams vorgelegt wurden, sowie aus teamspezifischen Fragen. Der Schwerpunkt des Interviews lag auf den oben genannten Themen, wobei das Projekt auf konventionelle Weise entwickelt wurde. Das bedeutet, dass keine Synergien zwischen diesen Themen und der BIM-Methodik analysiert werden konnten. Trotzdem war es möglich, Hypothesen aufzustellen und den Grad des Bewusstseins in Bezug auf die BIM-Methode zu untersuchen.

Wichtig ist, dass sich die Entwicklung des Projekts im Vergleich zur Ausgangssituation (Antrag) stark verändert hat. Aus diesem Grund war die Erhebung relevanter Daten durch das Interview eingeschränkt. Die halbstrukturierte Umfrage wurde mithilfe von zwei qualitativen Onlineformularen (PL-Team und Berater Nachhaltigkeit) durchgeführt, um den Wissensstand zu Themen zu vertiefen, die den Teilnehmern nicht bekannt waren.

Hauptziel der Umfrage ist, folgende Informationen zu erheben:

- der Grad des allgemeinen Bewusstseins für das Potenzial der BIM-Methode (beide Teams);
- der Kenntnisstand und Nutzungsgrad digitaler Werkzeuge zur Bewertung nachhaltigkeitsbezogener Faktoren (Nachhaltigkeitsberater);
- der Grad der Priorisierung der Einflussfaktoren in der SIA-Norm 2040 in der Fallstudie (PL-Team);
- der Vergleich der Gewichtung von Bauelementen/Bauteilen nach der LCA-Methode und deren Detaillierungsgrad im Zusammenhang mit der Planungsphase (beide Teams).

Die Einstiegsfragen bei den Umfragen sind aufgrund der erhaltenen Antworten nicht ausreichend repräsentativ, weshalb nicht weiter darauf eingegangen wird.

3.1 Datenanalyse

Nachfolgend werden die Fragen und die Antworten präsentiert. Bei den Fragen 1, und 3 wurde eine dreistufige Bewertungsskala vorgegeben: 1 = nicht relevant, 2 = relevant, 3 = sehr relevant

Frage N° 1 – beide Teams:

Mit Bezug auf die Abbildung Nr. 2 in der SIA-Norm 2051: Wie hoch schätzen Sie auf einer Skala von 1 bis 3 das Potenzial dieser Methode ein, bessere und effizientere Entscheidungen für eine nachhaltige Planung zu treffen?

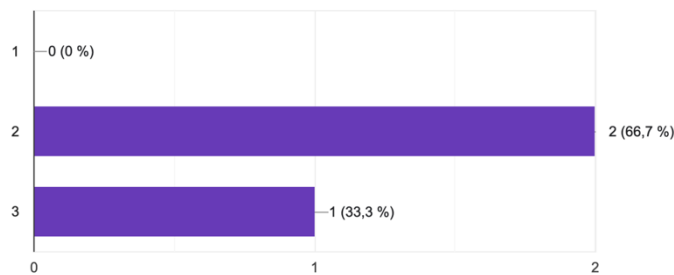


Abb. 31: Grafik – Antworten Planungsteam (3 Personen)

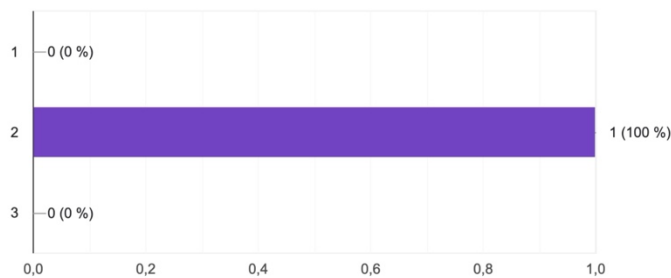


Abb. 32: Grafik – Antwort Berater Nachhaltigkeit

Resümee Frage 1: Die Methode ist allen Befragten bekannt. 75 % sehen laut Umfrage ein relevant Potenzial für die Methode (Antwortwerte 2 oder 3).

Frage N° 2 - Nachhaltigkeitsberater

In Bezug auf die Bewertungsmethoden **Ökobilanz**, **Materialpass** und **Simulation** wurde die Hauptfrage gestellt, ob diese Methoden im Projekt KV Basel verwendet wurden. Da keine davon genutzt wurde, wurde gefragt, welche dieser Methoden am effizienteste wäre.

Frage – Bewertungsmethode Ökobilanz:

Mit Bezug auf das Bild «Strategien zur Integration von Gebäude Lebenszyklusanalysen (LCA) in BIM»: Welche Methode wäre Ihrer Meinung nach am wirksamsten und effizientesten?

1- Massen und Mengen Export, 2-Geometrischer IFC Import, 3-BIM Werkzeuge zur Verknüpfung der LCA Datensätze, 4 -LCA Plugin für BIM-Software, 5-Mit LCA Datensatzinformationen angereicherte BIM-Objekte

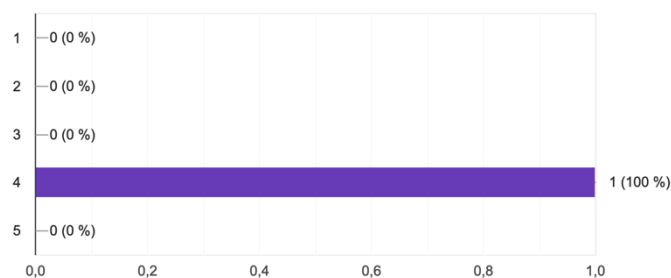


Abb. 33: Antwort auf Frage – Bewertungsmethoden Ökobilanz

Frage Bewertungsmethode Materialpass:

Mit Bezug auf das Bild «Strategien zur Erstellung von Materialpass durch BIM»: Welche Methode wäre Ihrer Meinung nach am wirksamsten und effizientesten?

1- Massen und Mengen Export, **2-** Geometrischer IFC Import, **3-** BIM Werkzeuge zur Verknüpfung der Materialpass Datensätze

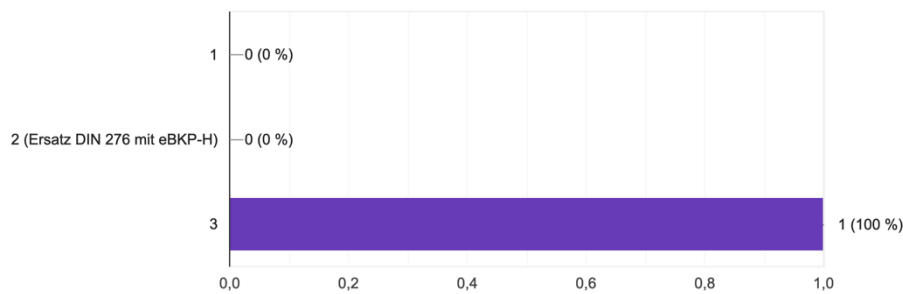


Abb. 34: Antwort auf Frage – Bewertungsmethoden Materialpass

Frage Bewertungsmethode Simulation:

Mit Bezug auf das Bild «Strategien zur Integration von Simulationen in BIM»: Welche Methode wäre Ihrer Meinung nach am wirksamsten und effizientesten?

Diese Frage wurde nicht beantwortet.

Resümee Frage 2: Die Antworten des Nachhaltigkeitsberaters lassen darauf schliessen, dass das Wissen über Bewertungstools wie z. B. das GreenBIM-Plugin (Ökobilanz) vorhanden ist. Ebenfalls erkannt wird das Potenzial zur Entwicklung von Materialpässen unter Verwendung von Workflows, bei denen die Strukturierung von Informationen entscheidend ist (Frage Bewertungsmethode Materialpass)

Frage N° 3 – PL-Team

Die Frage 3 wurde für beide Phasen des Lebenszyklus (Erstellung und Betrieb) eines Gebäudes gestellt. Das Ergebnis für die Erstellungsphase wird hier vorgestellt, weil es den Zielen der Arbeit besser entspricht.

Mit Bezug auf die Abbildung «4.2 Bereich Erstellung» der SIA 2040 für die genannten Einflussfaktoren für den Bereich «Erstellung»: Auf einer Skala von 1 bis 3, welche Priorität wurde diesen Faktoren in den verschiedenen Entwurfsphasen der Fallstudie zugewiesen?

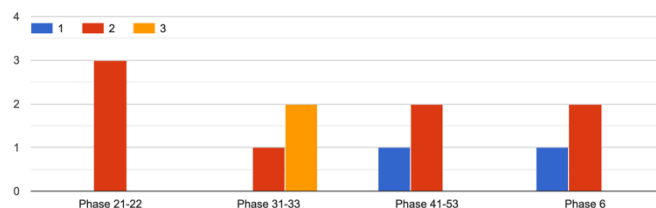


Abb. 35: Die Antworten des PL-Teams auf Frage 3

Resümee Frage 3: Mit dieser Frage sollte herausgefunden werden, welche Einflussfaktoren in der Regel priorisiert und danach gemäss der BIM-Methodik messbar und bewertbar werden.

- 100 % der Befragten erachten die Einflussfaktoren der Phasen 21–22 als «relevant».
- 66 % der Befragten erachten die Einflussfaktoren der Phasen 31–33 als «sehr relevant».
- 66 % der Befragten erachten die Einflussfaktoren in den Schritten 41–53 und 6 als «relevant».

Die Tendenz der Antworten auf diese Frage zeigt, dass den Einflussfaktoren in den PL-Phasen 31–33 eine leichte Priorität eingeräumt wird.

Will man einen logischen Zusammenhang mit den Anwendungsfall Materialpass herstellen, so lassen sich zwei entscheidende Einflussfaktoren erkennen: erstens die Systemtrennung für gute Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit; zweitens beständige und unterhaltsarme Baustoffe und Bauteile. Dies bestätigt das Bewusstsein der Planungsteams hinsichtlich ihres Fokus bei der Planung von Lösungen, die auf Dauerhaftigkeit, Wiederverwendung und Demontierbarkeit ausgerichtet sind.

Frage N° 4

Mit Bezug auf die Abbildung Nr. 9 des Dokuments «Guidelines for design decision-makers»: Für eine sinnvolle Bewertung, welches Bauteil/Material würden Sie in welcher Planungsphase bewerten?

Resümee Frage 4: Die Antworten der beiden Teams (siehe auch Grafiken A3 und A4 im Anhang) bestätigen den in der Literatur beschriebenen Trend, dass die Bewertung von Bauelementen/Materialien mit zunehmender Ausführungsphase immer detaillierter wird. Der Nachhaltigkeitsberater empfahl jedoch, die Materialien bzw. Bausysteme, insbesondere für tragende Konstruktionen, in der Vorstudie auszuwählen. Dies verdeutlicht die klare Verbindung zwischen Komponenten und Bausystemen. **Komponenten, die eine effiziente Demontierbarkeit** und Wiederverwendung ermöglichen, führen automatisch dazu, dass die Nachhaltigkeit der Konstruktion Vorrang hat.

Ergebnisse

Generell bestätigen die Resultate der Umfrage, dass die BIM-Methode Interesse weckt und als möglicher Game-changer betrachtet wird. Darüber hinaus lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen:

- Informationsstrukturierung ist ein wichtiger Prozess für die Praxis;
- Der Entwurf eines Neubaus oder Umbau sollte auf die Systemtrennung und Wiederverwendung fokussieren. Die durchschnittliche Lebensdauer von Bauteilen ist bekannt und sollte bei der Planung vorrangig berücksichtigt werden;
- Wichtig ist der Entwurf von Bausystemen, welche die Eigenschaften der Materialien berücksichtigen, insbesondere ihre mehrfache Verwendung in anderen Projekten am Ende des Lebenszyklus.

Einfluss auf das Konzept

In Bezug auf das Konzept haben die erzielten Ergebnisse einen durchschnittlichen Einfluss. Die meisten der erzielten Ergebnisse bestätigen die in der Literatur festgestellten Trends. Es wird jedoch betont, dass die LCA-Bewertung des Bausystems in den frühen Planungsphasen entscheidend ist.

3.2 GreenBIM-Leistungstest

Bei der Planung der Ziele dieser Masterarbeit wurden mehrere Hypothesen zum Einsatz der GreenBIM-Software in der Fallstudie getroffen. Zudem wurde die Beziehung «Neuer Zusammenarbeitsprozess – GreenBIM-Leistung» im Proposal für diese Masterarbeit hervorgehoben. Im Laufe dieser Masterarbeit kamen aber Faktoren ins Spiel, die zu einer Änderung der Richtung gegenüber den ursprünglichen Zielen führten.

In Abschnitt 3.1 des Proposals wurden folgende Zielsetzungen vorgestellt und beschrieben, die mithilfe eines Leistungstests erreicht werden sollen:

- Welche Informationen von welchen Beteiligten die Software in der Vorprojektphase verarbeiten soll;
- Welche Informationen sie liefern soll, um das Bewertungsverfahren in den nächsten Planungsphasen zu verfeinern.

Diese Ziele wurden durch eine Literaturanalyse erreicht. Je nach Quelle – (Gantner et al., 2018) und (Passer et al., 2023) – (Siehe 2.1.3 und 2.4.2) lassen sich unterschiedliche Hypothesen über den Detaillierungsgrad der Informationen der Bauelemente in der jeweiligen Planungsphase formulieren.

Die oben genannten Themen können aufgrund der folgenden entscheidenden Faktoren nicht getestet werden:

- Die aktuelle Version von GreenBIM-Plugin ist auf der ClosedBIM-Methode basiert, die keine Interoperabilität erlaubt, da sie keine eingehenden Daten erlaubt und keine maschinenlesbaren Daten produziert;
- Die aktuelle Version von GreenBIM-Plugin unterstützt keine Berechnungen für Modernisierungen, sondern nur für Neubauten.

Im Unterkapitel «Phasen» des Proposals wurde jedoch die Identifizierung von Bedürfnissen und Mängeln durch Tests an einer Fallstudie als Ziel genannt. Die aktuelle Version von GreenBIM bietet die folgenden Leistungen:

- berechnet die Ökobilanz auf der Grundlage konsistenter Daten und aktueller Datenbanken;
- kann auf einfache Weise den richtigen Trend für nachhaltige Planungsentscheidungen aufzeigen;
- kann die Bilanz durch die Eingabe genauerer Werte über die dynamische EKO-TOOL-Datenbank genauer berechnen.

Schliesslich ging es darum, Verbesserungsspielräume für GreenBIM zu identifizieren. Die konzeptionellen und technischen Grenzen der Software sowie der Aufbau der Fallstudie lassen es jedoch nicht zu, die Ziele mithilfe eines Leistungstests zu erreichen. Diese Masterarbeit orientiert sich deshalb mehr an der Strukturierung von Informationen, die für die Entwicklung der neuen, nach der OpenBIM-Methode konzipierten Version von GreenBIM wichtig sind. Aufgrund dieser Situation wurde auf den Leistungstest verzichtet.

4 Konzept

4.1 Vorgehen

In Abschnitt 2.3.7 konnten die beiden Anwendungsformen identifiziert werden, die die BIM-Methode für die Entscheidungsfindung bei Themen wie der Ökobilanz und dem Materialpass unterstützt.

Die "ClosedBIM"-Nutzungsform ist derzeit etabliert. Die Nutzungsform lässt sich noch in zwei Unterformen ableiten, nämlich die Nutzung von Plug-ins, die in die Autorensoftware integriert sind, oder die Zusammenstellung von Daten in unabhängiger Software. In diesem Fall ist es normalerweise möglich, das IFC-Format zu verwenden, wobei die unabhängige Software nur die geometrischen Informationen erfassen.

Die Auswendungsform "OpenBIM" wird in diesem Kontext derzeit erforscht. Abbildung Nr. 36 zeigt eine genauere Darstellung des iterativen Prozesses. Zur Kommunikation, im iterativen Prozess zur Qualitätssicherung der DBM wird das Format namens *BIM Collaboration Format* (BCF) eingesetzt. Das Format ermöglicht die Vereinfachung des Informationsaustauschs zwischen verschiedener Software (basierend auf dem IFC-Datenaustausch). Damit die Kommunikation von Anmerkungen (*Issues*) oder Änderungen nachvollziehbare bleibt und sich die Modellqualität für die Auswertung genügt. (Eichler et al., 2024).

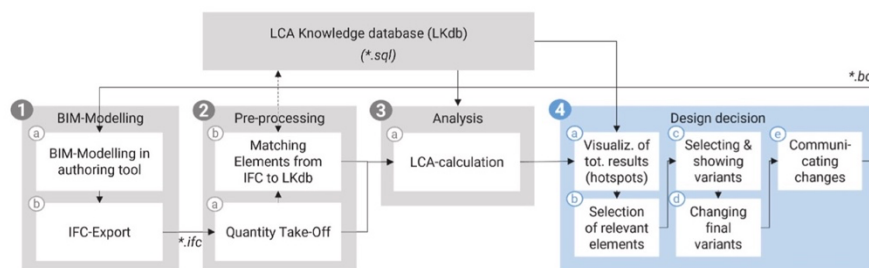


Abb. 36: Allgemeiner Arbeitsablauf zur Visualisierung unsicherer verkörperter THG-Emissionen zur Unterstützung von Planungsentscheidungen in frühen Planungsphasen unter Verwendung von Open BIM. (Forth et al., 2023)

Der beschriebene iterative Prozess ermöglicht es, Kommentare direkt im DBM zu bearbeiten. Der Mehrwert besteht darin, dass auf diese Weise die über den IDS-Workflow (Siehe 2.4.5) automatisch durchgeführte Qualitätskontrolle in einen Prozess der **kontinuierlichen Überprüfung** des DBM-Status kontextualisiert werden kann.

Die soeben beschriebenen iterativen Prozesse stehen im Zusammenhang mit den AwF, die in Abschnitt 2.3.5 beschrieben wurden. Um die Ziele dieser Anwendungsfälle zu erreichen, sind iterative Prozesse zur Qualitätskontrolle der im DMB enthaltenen Informationen erforderlich. Dieser Arbeitsablauf ist der vorherige Schritt, z. B. vor der Bewertung der Ökobilanz (Siehe Abb. 24) oder vor einem anderen Prozess, der die korrekte Strukturierung der Informationen im Modell erfordert.

Abbildung Nr. 37 ist die "Prozess-definition" der AwF CHE5311.05 "Integration der grauen Energie und weiterer Ökobilanzdaten in die BIM-Methodik".

In diesem Ablaufdiagramm ist es möglich, den Prüfungsprozess des DBM (Nr. 3.5) sowie die Rollen, die speziell in diesem Prozess und in der gesamten AwF implementiert sind, zu identifizieren. (Siehe Tabelle 1)

In Bezug auf den Leitfaden, der in dieser Masterarbeit vorgeschlagen werden soll, besteht die Intention erstens darin, die Prozesse in einem logischen Pfad zu verorten, sowie entsprechend der Handhabung der vorgeschlagenen Informationsgranularität (Siehe 2.2.3 und 2.4.2).

In Bezug auf die BIM-Methode liegt der Schwerpunkt an dieser Stelle auf der Qualitätskontrolle des DBM, das in jedem Prozess erforderlich ist. Die identifizierten Anwendungsfälle können mehrere DBM-Qualitätskontrollprozesse enthalten. In diesem Zusammenhang wird je nach Fall eine Vereinfachung vorgeschlagen.

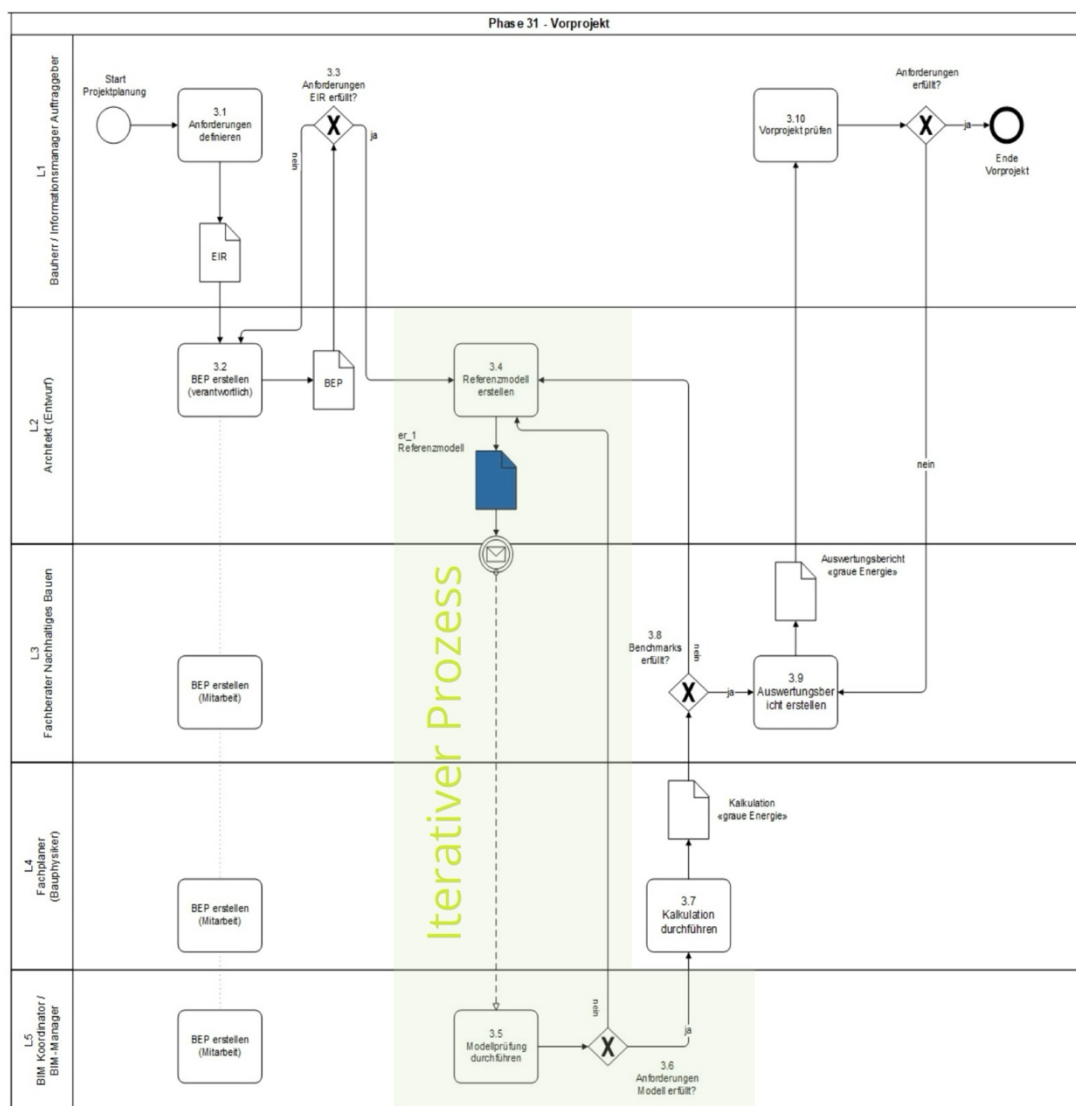


Abb. 37: Prozessdefinition AwF bSCH CHE.5311.05. In Grün hervorgehobener DBM-Qualitätskontrollprozess (bSCH, 2021)

4.2 Dokumentenstruktur

Auf Basis des BIM-Handbuchs «Arbeitshilfe Muster-AIA» (2022) ergeben sich drei Strukturebenen in einer BIM-Projektdokumentation:

- Allgemeine Projektdokumente,
- Projektspezifische BIM-Dokumente,
- Projektneutrale BIM-Dokumente

Die drei in dieser Arbeit vorgeschlagenen Dokumente (Leitfaden-Prozessbeschreibung, Elementplan und Modellierungsrichtlinien) sind voneinander abhängig und können Teil der projektspezifischen Dokumentation werden, denn wie in Abschnitt 2.3.4 beschrieben, sind die drei Dokumente spezifisch auf die Kontrolle und Bewertung der CO₂-Emissionen (Ökobilanz) und die Zirkularität eines Bauprojekts ausgerichtet. Der Elementplan ist das technische Herzstück der Dokumentation. Der Inhalt des Elementplans ergibt sich aber erst durch die Definition von Anwendungsfällen und deren Beziehungen. Im EIR-Dokumentationsmodell der KBOB (2023) werden dafür standardisierte Anwendungsfälle beschrieben. Inhalt und Aufbau des Elementplans wurden in Abschnitt 2.4.3 beschrieben. Hierbei ist zu beachten, dass der Elementplan den BAP ergänzt. Darüber hinaus ist es nach DAUB (2022) sinnvoll, den Elementplan zu nutzen, um Modellierungsrichtlinien zu erstellen. Auch nach «BAP-BIM-Projektentwicklungsplan» (2019) sind die Modellierungsrichtlinien ein integraler Bestandteil des BAP. Abb. 38 veranschaulicht die Beziehungen zwischen den Dokumenten.

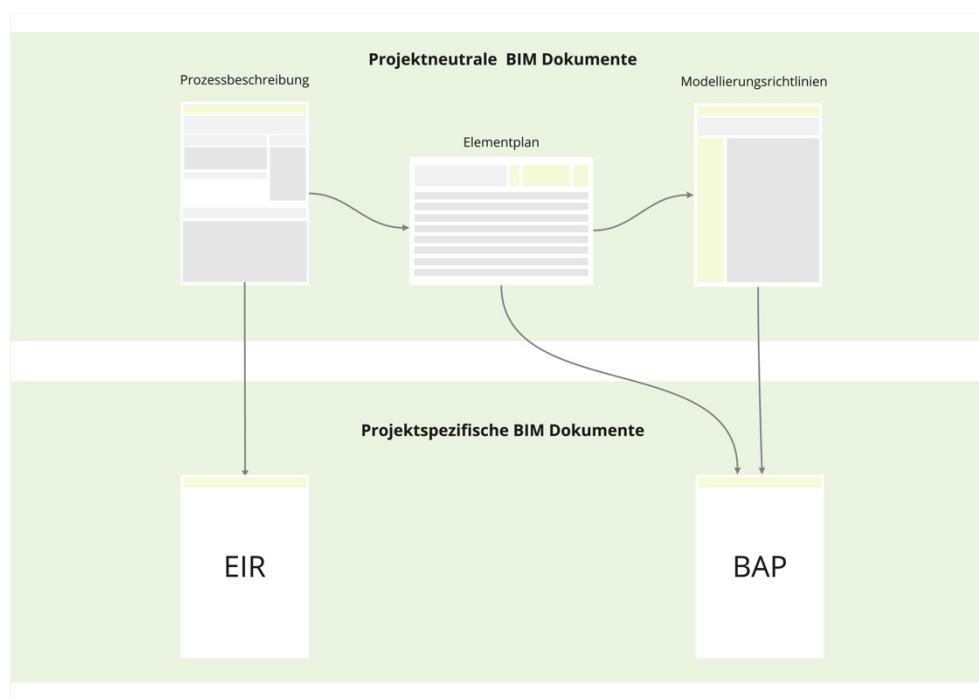


Abb. 38: Kontextualisierung von Dokumenten - Hilfsmittel Teil des Handbuchs. (Eigene Grafik)

4.3 Handbuch

Das Handbuch soll die Dokumente, die in dieser Masterarbeit entwickelt wurden, zusammenfassen. Die digitalen Werkzeuge wurden bereits in verschiedenen Abschnitten der Dokumentation beschrieben und im vorherigen Abschnitt in einen Zusammenhang gebracht. Im Folgenden werden die Werkzeuge nun genauer beschrieben:

- **Die Handlungshilfe «Anleitung»** ist der Teil des Handbuchs, der den **Leitfaden** in Form des Prozessplans und die **Prozessbeschreibung** enthält. Die beiden Dokumente ergänzen sich gegenseitig,
Der **Leitfaden** bildet die Orientierungshilfe, auf der die Reihenfolge der in den Planungsphasen befindlichen Prozesse nachvollzogen werden kann. Die **Prozessbeschreibung** soll die semantischen und organisatorischen Informationen beschreiben, die für die Ausführung erforderlich sind,
- **Die Modellierungsrichtlinien** werden in exemplarischer, informativer und projektneutraler Form dargestellt. Sie sind als Ausgangspunkt für die Entwicklung projektspezifischer Modellierungsrichtlinien gedacht,
- **Der Elementplan** wird in einer neutralen Form entwickelt. Er soll auch bei projektspezifischen Informationsanforderungen integriert werden.

4.3.1 Handlungshilfe - Leitfaden

Der Leitfaden beschreibt als "Rote Linie" die Abfolge der idealen Prozesse, die die Qualität des DBM gewährleisten und für die Konsolidierung des Entscheidungsprozesses für nachhaltiges Planen. Die Ausgangssituation wird durch zwei klassische Szenarien dargestellt, nämlich **Neubau** und **Bestandsbau**. Der Leitfaden wird mithilfe der Darstellung in einem Prozessplan beschrieben. Die BPMN-Notation wird teilweise für die grafische Aufbau des Prozessplans verwendet. Abb. 39 ermöglicht einen vollständigen Blick auf den Leitfaden.

Die Sequenz der Prozesse ist nach den SIA-Planungsphasen strukturiert. Die Planungsphasen Konzept - Strategische Planung und Bewirtschaftung werden informativ wie folgt bezeichnet:

Konzept - Strategische Planung (Szenario Bestandsbau):

Definition Relevante Bauteile:	gemäss AwF Bestandinventarisierung
Definition Potenzielle Wiederverwendung:	gemäss AwF Bestandinventarisierung
Definition Rückbaukonzept:	gemäss AwF LEAN Deconstruction

Bewirtschaftung:

Nutzung lebensphasenspezifischer Anwendungsfälle nach Literatur- oder Praxisangaben.

Die vom bSCH veröffentlichten offiziellen Anwendungsfälle sind die grundlegende Referenz für die beschriebenen Prozesse. Die Anwendungsfälle sind in Abschnitt 2.3.5 beschrieben.

Wie im Abschnitt "Vorgehen" dargestellt, wurden die entscheidenden Prozesse für die Qualitätskontrolle und die Nutzung des IFC-Modells ausgewählt, z.B. für die Ökobilanzierung, entsprechend dem in Abb. 24 beschriebenen Workflow, oder für die Nutzung des IFC-Modells in einem nachfolgenden Prozess. Ein Beispiel dafür ist der Prozess 2-Bestandinventarisierung und 3-Rückbau.

Die Prozesse "Ökobilanz 1-4-5" haben einen direkten Bezug (Name und Detaillierungsgrad der Informationen) zu der in Abschnitt 2.2.3 vorgeschlagenen Strategie der Handhabung der Informationsgranularität.

Die beschriebenen Prozesse sind iterative Prozesse, die ein positives oder negatives Ergebnis haben können. Die korrekte Strukturierung der alphanumerischen Informationen im DBM ist das Ergebnis einer Reihe von Workflows, die den Elementplan als Ausgangspunkt haben. Im Leitfaden wird der iterative Prüfprozess unter Verwendung des IDS-Workflows, der in Abschnitt 2.4.5 beschrieben wurde, und des BCF-Formats dargestellt. (Siehe 4.1)

Die komplette Iteration, wie beschrieben, wurde untersucht, der Software-werkzeuges befinden sich noch in der Entwicklungsphase und konnten noch nicht vollends abgeschlossen werden.

Zwischen den Prozessen 2-3 und den Prozessen 3-4 gibt es zwei "Zugänge" (*Gateways*), an denen mehrere Möglichkeiten bestehen, die im Folgenden beschrieben werden:

Zugang 2-3: Das Endprodukt der AwF (IFC-Modell), wird für das Rückbaukonzept verwendet oder für die Planung der Konversion (Umbau) genutzt. Entscheidend ist in diesem Fall die Lebensdauer des Bauelements. Diese beeinflusst die Ökobilanz negativ, wenn diese noch nicht amortisiert ist (Siehe 2.2.1).

Zugang 3-4: Je nach Rückbaukonzept können die Bestandteile des bestehenden Gebäudes entweder **direkt wiederverwendet** oder gemäss den angegebenen Optionen verarbeitet werden. Bei der direkten Wiederverwendung ist wiederum die Lebensdauer in Bezug auf die nächste Bewertung entscheidend.

Die Informationen zu jedem Prozess werden im Folgenden systematisch nach dieser Struktur aufgelistet:

- **Prozess Name:** Nummer und Name
- **Planungsphase:** gemäss SIA-Planungsphasen
- **bSCH Use Case:** Verweis auf den auf veröffentlichten Anwendungsfall oder eigene
- **Ziel:** Kurzbeschreibung des Ziels
- **Aufgabe (Task):** Verweis auf einen bestimmten Prozess
- **Referenzwerte:** Referenzdokument für die Bewertung

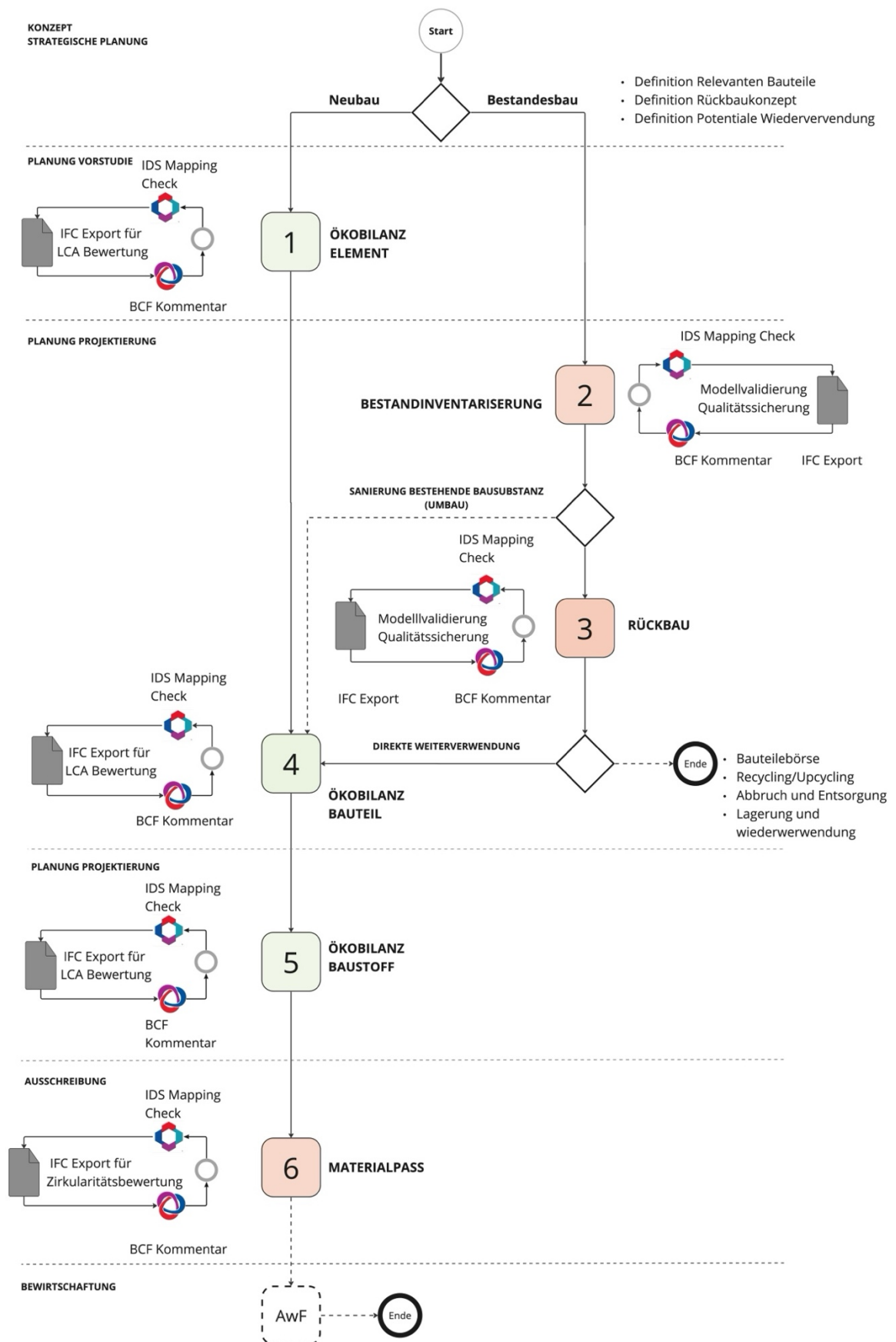


Abb. 39: Leitfaden: Darstellung der Verwendung von Prozesse und deren Kontext. (Eigene Grafik)

Prozess Name	1 – Ökobilanz Element
Planungsphase	Vorstudie
bSCH Use Case	basierend auf dem Anwendungsfall CHE.5311.05
Ziel	IFC-Modell bereit für die Ökobilanz nach erste Grundlage der Detaillierungsgrad der Informationen . Zielwert nach SIA 2040
Aufgabe	Qualitätssicherung im IFC-Export für den nächsten Schritt: Auswertung
Referenzwerte	SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2040)

Prozess Name	2 – Bestandinventarisierung
Planungsphase	Projektierung
bSCH Use Case	CHE.5352.02 Bestandinventarisierung
Ziel	Korrekte Informationsstruktur für die Auswertung der Faktoren nach Ziffer 2.2 AwF
Aufgabe	Prozess 3.4 und 3.5 – und 4.3 Modellvalidierung (IDS) und Qualitätssicherung
Referenzwerte	AwF-Referenztable (Smartsheet)

Prozess Name	3 – Rückbau
Planungsphase	Projektierung
bSCH Use Case	Anwendungsfall CHE.5311.05
Ziel	Korrekte Informationsstruktur nach Ziffer 5.2 AwF
Aufgabe	Prozess 5.7 – Modellvalidierung (IDS) und Qualitätssicherung
Referenzwerte	AwF-Referenztable (Smartsheet)

Prozess Name	4 – Ökobilanz Bauteil
Planungsphase	Projektierung
bSCH Use Case	CHE.5311.05 Integration der grauen Energie und weiterer Ökobilanzdaten in die BIM-Methodik
Ziel	IFC-Modell bereit für die Ökobilanz nach erste Abstufung der Detaillierungsgrad der Informationen. Zielwert nach SIA 2040

Aufgabe	Prozess 3.5 – Qualitätssicherung im IFC-Export für den nächsten Schritt: Auswertung
Referenzwerte	Berechnungstabelle SIA 2032 - Anhang D

Prozess Name	5 – Ökobilanz Baustoff
Anwendungsfall	Projektierung - Ausschreibung
bSCH Use Case	basierend auf dem Anwendungsfall CHE.5311.05
Ziel	IFC-Modell bereit für die Ökobilanz nach zweite Abstufung der Detaillierungsgrad der Informationen . Zielwert nach SIA 2040
Aufgabe	Qualitätssicherung im IFC-Export für den nächsten Schritt: Auswertung
Referenzwerte	KBOB Excel-Datenbank

Prozess	6 – Materialpass
Anwendungsfall	Ausschreibung – Realisierung
bSCH Use Case	P.5311.06.03 Materialpass mit Produktklassifikationen
Ziel	Auswahl der Bewertungsart gemäss Punkt 2.5 und Erstellung der IFC-Datei
Aufgabe	Prozess 3.3 – Modellvalidierung (IDS) und Qualitätssicherung
Referenzwerte	AwF-Referenztable (Smartsheet)

4.3.2 Handlungshilfe - Prozessbeschreibung

Layout

Der zweite Teil des Handlungshilfe (Kapitel 2 Handbuch) ist die Beschreibung jedes Prozesses (der einen genauen Bezug in der Prozessdefinition des entsprechenden Anwendungsfalls hat) im Leitfaden. Die Abb. 40 gibt einen Einblick in den Aufbau des Layouts, das wie folgt aufgebaut ist:

1. Platz für die Kopfzeile des Unternehmens;
2. Prozesstitel und alle sekundären Informationen;
3. Grafische Verortung des Prozesses auf dem Leitfaden (Teil-Prozessplan) und Darstellung der semantischen Informationen mit Hilfe der Methode *Entity Relationship Diagramms* (ERD);
4. Platz, der für die textliche Beschreibung der relevanten Informationen genutzt wird. Als Vorlage diente das Dokument, das in Abschnitt 2.3.4 beschrieben wurde.

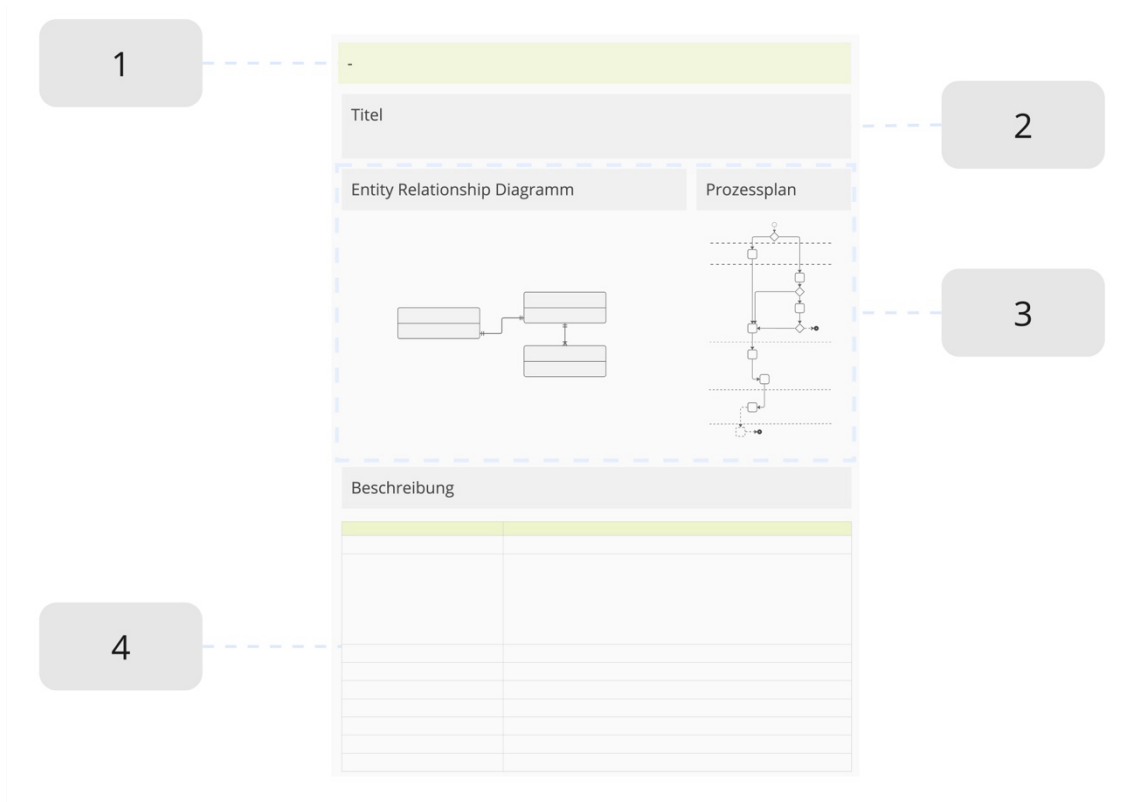


Abb. 40 Layout der Dokumentation "Prozessbeschreibung" im Handbuch (eigene Grafik)

Inhalt

Dank der Abbildung 41 kann man sehen, wie die Grafik, welche die Dekomposition darstellt (siehe Abb. 14), in drei Beziehungen zwischen Entitäten umgewandelt werden kann: **Bauteile Tool SIA 2040 - Bauteilkatalog SIA 2032 - Baustoff KBOB Datenbank**. Im gleichen Bild kann man auch sehen, dass in den ersten beiden Entitäten (von links nach rechts), welche die jeweils zugrundeliegende Attributgruppe darstellen, eine **Identifikation (ID)** der Bauteile vorhanden sein sollte (siehe 2.2.3).

An dieser Stelle ist es möglich, die vollständige Darstellung aller Einheiten einzuführen, die einen direkten Bezug zu den Prozessen in dem Leitfaden haben. Aus der Abb. 42 kann man erkennen:

- **In Grau:** die Gebäude-Entitäten: Gebäude, Geschoss, Bauteile, Baustoff;
- **In Rosa:** Die Entitäten "Zustand" enthalten Attribute, die für die Beurteilung der Zirkularität eines Bauteils/Materials erforderlich sind.
- **In Grün:** Die Einheiten, die die Informationsgruppen darstellen, auf die sich die Berechnung der Ökobilanz bezieht.

Aus dem vollständigen ERD-Diagramm lassen sich die Beziehungen zwischen den verschiedenen Einheiten und ihr Zweck ablesen. Diese Übersicht wird wiederum für jeden Prozess heruntergebrochen, und die grafische Beschreibung befindet sich in Teil Nr. 3 des Layouts. Das ERD-Schema ist wiederum entscheidend für die Umwandlung von semantischen Informationen in konzeptionelle Informationen (IFC-Schema), die im nächsten Abschnitt beschrieben wird. Für ein klares Verständnis der Beziehungen und Konzepte wird alles in einer Auflistung beschrieben.



Abb. 41: Visualisierung der Abstufung der Bauteile mit der ERD-Methode (eigene Grafik)

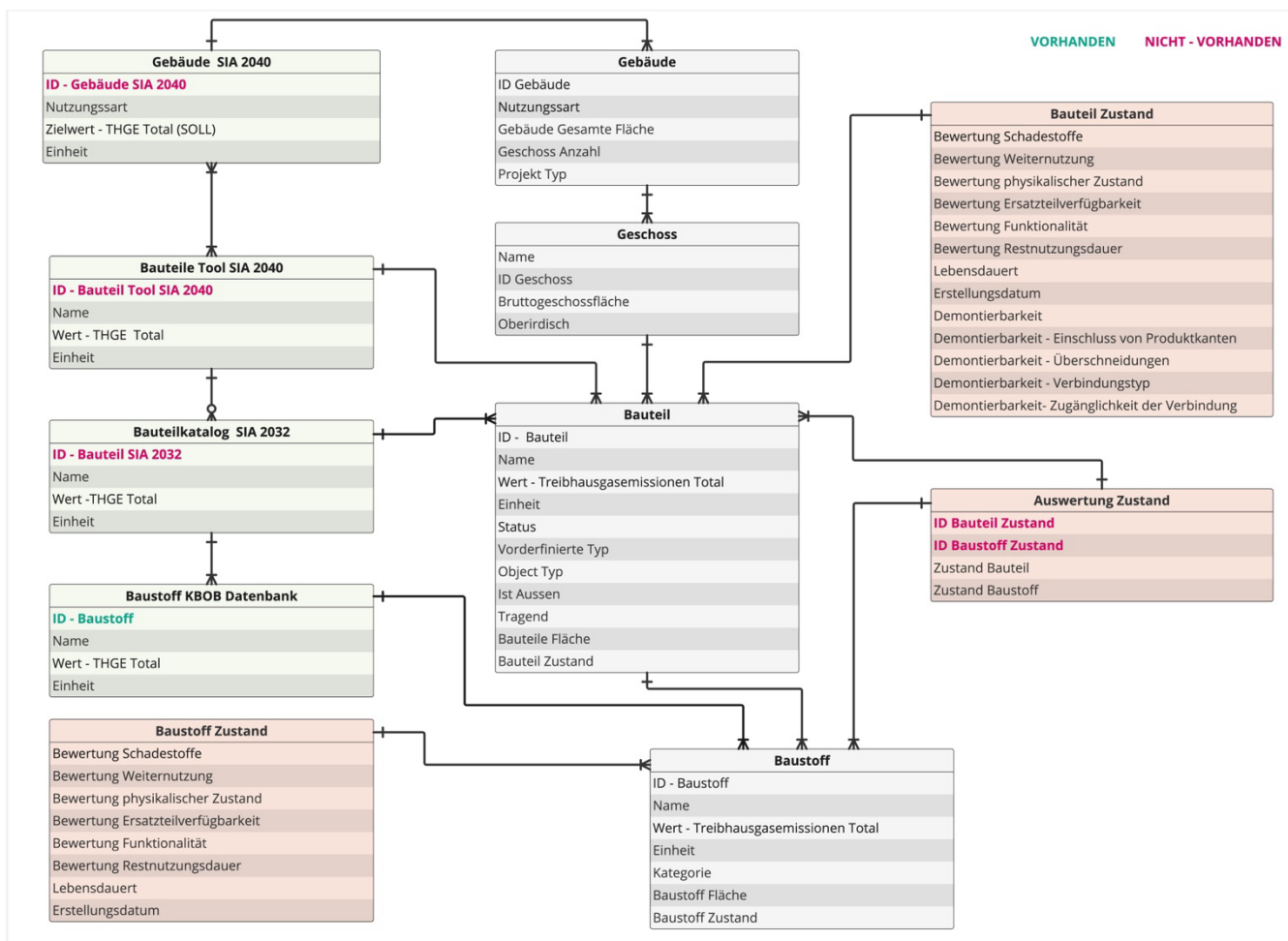


Abb. 42 ERD-Diagramm, das alle Entitäten darstellt, die für den Einsatz der Leitfäden erforderlich sind. (eigene Grafik)

Gruppe Grau:

Das Prinzip der Dekomposition (Gebäude - Baustoff), das mit den Entitäten der grünen Gruppe verbunden ist. Die Zerlegung stellt das Prinzip der Wiederherstellung der Energiebezugsfläche des Gebäudes dar, die für die Berechnung der Ökobilanz für jede Detailabstufung erforderlich ist. (Siehe 2.2.1)

Gruppe Grün:

Das Prinzip der Dekomposition ist in Abbildung 41 dargestellt und ist wiederum mit der Detaillierungsstufe "Null" verbunden, die den Zielwert abbildet (Zielwert - THGE Total (SOLL) - Entität Gebäude SIA 2040).

Gruppe Rosa:

Die beiden Entitäten enthalten die Attribute, die in der Anwendungsfalldokumentation CHE.5352.02/03/05. Jedes Attribut ist mit einem Bewertungsprinzip verknüpft, das in den in Abschnitt 2.3.5 genannten Dokumentationen identifiziert wurde. Es ist notwendig, zwei separate Entitäten Bauteil - Baustoff zu verwenden. Die Entität " Auswertung Zustand" ist abstrahiert und stellt die Verbindung zur Auswertungssoftware und der entsprechenden Datenbank dar. (Siehe 2.3.7 – Abb.23).

4.3.3 Elementplan**Layout und Inhalt**

Der BIM-Elementplan dient als Inhaltsverzeichnis für die BIM-Modelle und definiert alle Informationsanforderungen (Bauen digital Schweiz, 2019). Um die Informationen im DBM korrekt strukturieren zu können, wird der Abgleich der relevanten Entitäten im ERD-Diagramm mit den Parametern in IFC vorgeschlagen. In Kapitel 2.4.4 wurden bereits der methodische Einsatz des Elementplans und die Transformation von statischen zu dynamischen Daten durch die Informationsstrukturierungssoftware behandelt.

Obwohl die Verwendung einer konventionellen Struktur der Informationen im Elementplan empfohlen wird, sind projektspezifische Anpassungen möglich. Abbildung 43 veranschaulicht den für diese Arbeit verfolgten Ansatz.

Da der vorgeschlagene Elementplan projektneutral ist, wurde entschieden, die Datensätze gemäss der in Abschnitt 2.2.3 vorgeschlagenen systematischen zur Handhabung der Informationsgranularität zu strukturieren (Ökobilanz). Auf diese Weise können die alphanumerischen Informationen auf mehreren Detailebenen beschrieben werden:

- Die Grundlage der Detaillierung ist im Katalog der Bauelemente im SIA2040-Tool erkennbar
- Die erste Abstufung der Detaillierung ist im Bauelementekatalog der Norm SIA 2032 erkennbar
In dieser Abstufung ist es möglich, die im IFC-Schema verfügbaren statischen Attribute wie z.B. *PredefinedType* zu verwenden, um die Typologie der Bauteile genauer zu beschreiben.
- Die zweite Abstufung betrifft die Baustoffe. Es wurde jedoch eine bestimmte Gruppe festgelegt, in der die entsprechenden Materialgruppen jedes Bauteils gemäss den in der KBOB-Datenbank verwendeten Baustoffengruppen zugeordnet werden können.

Abbildung 43 verdeutlicht auch die Position der beiden Gruppen von dynamischen Attributen (Psets Bewertung Ökobilanz + Psets Bewertung Zirkularität), die für die Zuweisung der Werte nützlich sind, die die Bewertung für jedes Thema ermöglichen. Die Attributsätze (Pset) für die Ökobilanz sind wie folgt zugeordnet:

- Entität Bauteil SIA 2040 = Nr. 1 Ökobilanz Element: Pset_EnvironmentalImpactIndicators
- Entität Bauteilkatalog SIA 2032 = Nr. 4 Ökobilanz Bauteil: Pset_EnvironmentalImpactIndicators
- Entität Baustoff KBOB Datenbank Nr. 5 Ökobilanz Baustoffe: Mset_MaterialsLCA

Die Prozesse Nr. 1 und 4 verwenden ein Pset, das bereits im IFC-Schema existiert. Prozess Nr. 5 verwendet ein Custom Pset (Mset) spezifisch für Baustoffe, (Siehe 2.3.6). Die Attributsätze für die Zirkularität werden wie folgt zugeordnet:

- Entität Bauteil Zustand = Nr. 2 Bestandsinventarisierung + Nr. 3 Rückbau + Nr. 5 Materialpass = Mset_StatusElement
- Entität Baustoff Zustand = Nr. 5 Materialpass = Mset_Material

Um den Bauteilen und Baustoffen Bewertungskriterien zuordnen zu können, wurden 2 neue Custom Pset (Mset) erstellt.

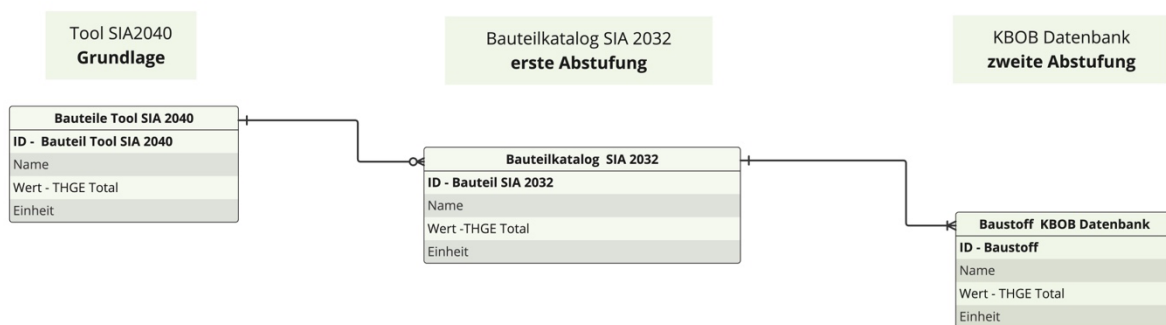


Abb. 43 Ansatz der Informationsstruktur im Elementplan (Eigene Grafik)

Abb. 44 veranschaulicht das IFC- Schema, das darstellt, wie die Informationsstruktur im DBM enthalten sein sollte. Das Element 'IfcWall', das in der Fachliteratur häufig als Referenz verwendet wird, wurde als Referenzkomponente ausgewählt. Zum besseren Verständnis des IFC-Schema wird im Folgenden die Umwandlung der semantischen Informationen (Attribute), die in jeder im ERD-Diagramm (Abb. 42) beschriebenen Entität enthalten sind, in konzeptionelle Informationen (IFC) beschrieben.

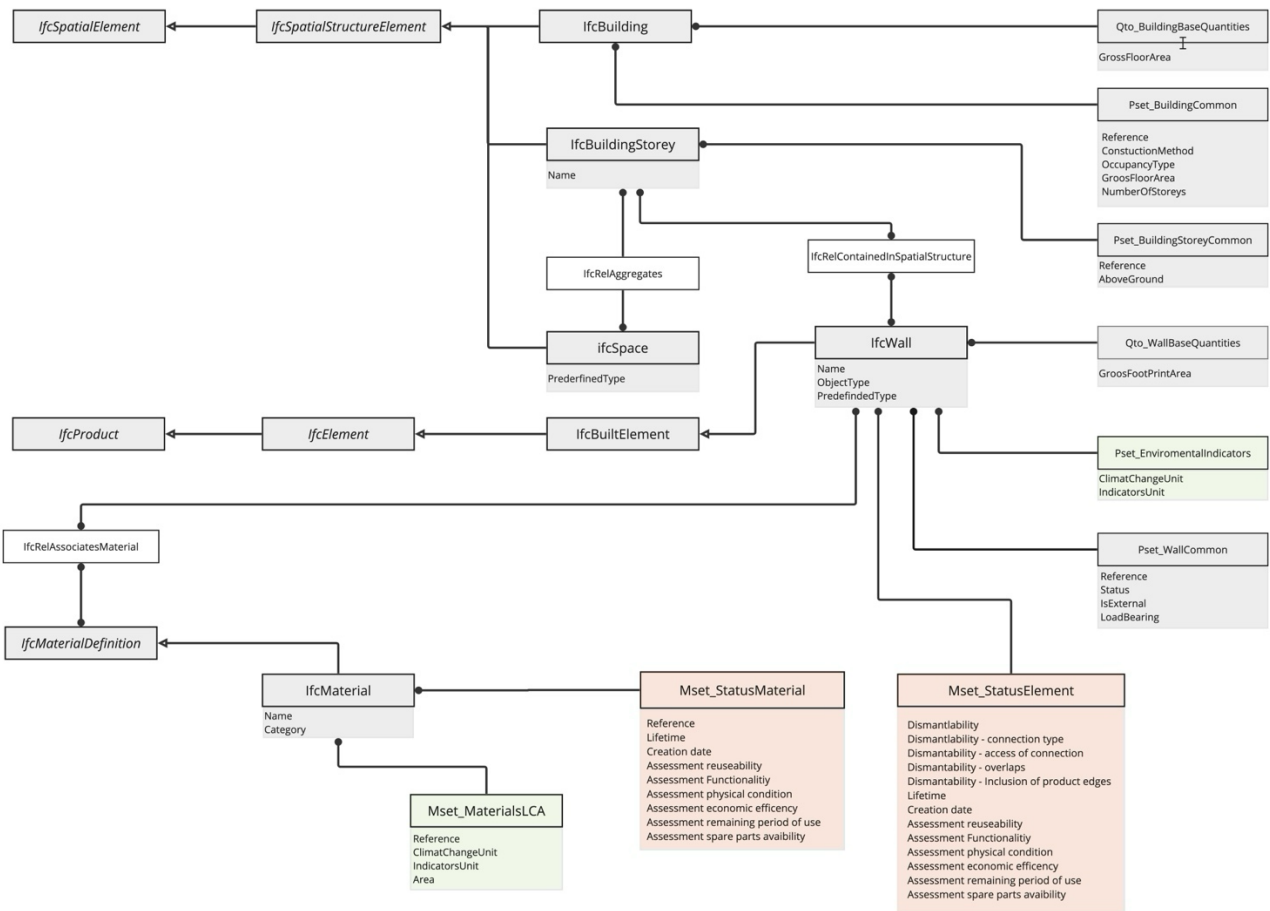


Abb. 44 IFC Schema wo es durch die Farben Grau - Rosa und Grün möglich ist, die drei Gruppen von Entitäten im ERD-Diagramm (Abb. 42) zu identifizieren (Eigene Grafik)

Entität Gebäude

Attribut	Parameternamen in IFC	Wertetyp	Wertebereich Quelle: bSI-Dok)
ID	Pset_BuildingCommon.Reference	IfcIdentifier	Identifikation mit Hinweis auf die Nutzungsart.
Nutzungsart	Pset_BuildingCommon.OccupancyType	IfcLabel	Nutzungsart nach SIA 2040
Gebäude Gesamte Fläche	Qto_BuildingBaseQuantities.GrossFloorArea	IfcQuantityArea	Summe aller Bruttogeschossflächen innerhalb des Raumstrukturelements.
Geschoss Anzahl	Pset_BuildingCommon.NumberOfStorey	IfcCountMeasure	Anzahl der Stockwerke
Projekt Typ	Pset_BuildingCommon.ConstructionMethod	IfcLabel	Die Art des Projekts, z. B. Neubau, Renovierung, Sanierung usw.

Entität Geschoss

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-Dok)
Name	IfcBuildingStorey.NAME	IfcLabel	Name
ID	Pset_BuildingStoreyCommon.Reference	IfcIdentifier	Referenz-ID für diesen angegebenen Typ in diesem Projekt
Bruttogeschossfläche	IfcSpace.GTA	IfcSpaceTypeEnum	Bruttogeschossfläche - eine bestimmte Art von Fläche für jedes Gebäudegeschoss, die die gesamte Nettofläche und die Konstruktionsfläche (auch die Aussenhülle) umfasst. Die Bereitstellung einer solchen spezifischen Fläche wird oft von Vorschriften gefordert.
Oberirdisch	Pset_BuildingStoreyCommon.AboveGround	IfcLogical	Angabe, ob dieses Gebäudegeschoss vollständig oberirdisch (TRUE), unterirdisch (FALSE) oder teilweise ober- und unterirdisch (UNKNOWN) ist - wie bei geneigtem Gelände.

Entität Bauteil

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-Dok)
Name	IfcWall.NAME	IfcLabel	Name
ID	Pset_WallCommon.Reference	IfcIdentifier	Referenz-ID für diesen angegebenen Typ in diesem Projekt
Status	Pset_WallCommon.Status	PEnum_ElementStatus	Referenz-ID für diesen angegebenen Typ in diesem Projekt
Vordefinierte Typ	IfcWall.PREDEFINEDTYPE	IfcWallTypeEnum	Vordefinierter allgemeiner Typ für eine Wand, der in einer Aufzählung angegeben ist. Speziell für die vordefinierten Typen kann ein Eigenschaftssatz angegeben werden.
Objekt Typ	IfcWall.OBJECTTYPE	IfcLabel	USERDEFINED Typ
Ist Aussen	Pset_WallCommon.IsExternal	IfcBoolean	Angabe, ob das Element für die Verwendung im Aussenbereich vorgesehen ist oder nicht
Tragend	Pset_WallCommon.LoadBearing	IfcBoolean	Gibt an, ob das Objekt zum Tragen von Lasten bestimmt ist oder nicht
Bauteile Fläche	Qto_WallBaseQuantities.GrossFootPrintArea	IfcQuantityArea	Fläche Bauteil

Entität Baustoff

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-Dok)
Name	IfcMaterial.NAME	IfcLabel	Name
Kategorie	IfcMaterial.CATEGORY	IfcLabel	Definition der Kategorie (Gruppe oder Art) des Materials, allgemeiner als im Attribut Name.

Entität Tool SIA 2040

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-Dok)
ID-Bauteil Tool SIA 2040	Für den ID-Abgleich wird verwendet: Pset_WallCommon.Reference		
Name	Der Name entspricht dem Namen, der über die Entität IfcWall.NAME zugewiesen wurde.		
Wert THGE	Pset_EnvinromentalIndicator.ClimateChangeUnit	IfcMassMeasure	Menge der emittierten Treibhausgase, berechnet in CO ₂ -Äquivalenten
Einheit	Pset_EnvinromentalIndicator.IndicatorsUnit	IfcText	Die Einheit der Grösse, auf die sich die Umweltindikatoren Werte in Bezug gesetzt werden.

Entität Bauteilkatalog SIA 2032

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-Dok)
ID-Bauteil SIA 2032	Für den ID-Abgleich wird verwendet: Pset_WallCommon.Reference		
Name	Der Name entspricht dem Namen, der über die Entität IfcWall.NAME zugewiesen wurde.		
Wert THGE	Pset_EnvinromentalIndicator.IndicatorsUnit	IfcSpace-TypeEnum	Menge der emittierten Treibhausgase, berechnet in CO ₂ -Äquivalenten
Einheit	Pset_EnvinromentalIndicator.IndicatorsUnit	IfcText	Die Einheit der Grösse, auf die sich die Umweltindikatoren Werte in Bezug gesetzt werden.

Entität Baustoff KBOB Datenbank

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-Dok)
ID-Baustoff	Mset_MaterialsLCA.Reference	IfcIdentifier	Referenz-ID für diesen angegebenen Typ in diesem Projekt
Name	Der Name entspricht dem Namen, der über die Entität IfcMaterial.NAME zugewiesen wurde.		
Wert THGE	Mset_MaterialsLCA.ClimateChangeUnit	IfcMassMeasure	Menge der emittierten Treibhausgase, berechnet in CO ₂ -Äquivalenten

Einheit	Mset_MaterialsLCA.IndicatorsUnit	IfcText	Die Einheit der Grösse, auf die sich die Umweltindikatoren Werte in Bezug gesetzt werden.
Fläche	Mset_MaterialsLCA.Area	IfcQuantityArea	Fläche

Entität -Baustoff Zustand

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-UCM)
ID-Baustoff	Mset_StatusMaterial.Reference	IfcIdentifier	Referenz-ID für diesen angegebenen Typ in diesem Projekt
Bewertung Schadstoffe	Mset_StatusMaterial.AssessmentContaminants	PEnum	Bewertung des Bauprodukts hinsichtlich der Schadstoffbelastung
Bewertung Weiternutzung	Mset_StatusMaterial.AssessmentReuseability	PEnum	Bewertung des Bauprodukts hinsichtlich einer weiteren Verwendung
Bewertung Physik. Zustand	Mset_StatusMaterial.PhysicalCondition	PEnum	Mit einer visuellen Kontrolle wird der physikalische Zustand der Baustoffe ermittelt
Bewertung Ersatzteilverfügbarkeit	Mset_StatusMaterial.AssessmentSparePartsAvailability	PEnum	
Bewertung Funktionalität	Mset_StatusMaterial.Functionality	PEnum	Die Funktion kann bei einer Inspektion nur von den Betreibern/Nutzern bewertet werden.
Bewertung Restnutzungsdauer	Mset_StatusMaterial.RemaninigPeriodOfUse	PEnum	
Lebensdauer	Mset_StatusMaterial.Lifetime	IfcLabel	Lebensdauer in Jahren
Erstellungsdatum	Mset_StatusMaterial.CreationDate	IfcLabel	Erstellungsdatum (Einbaudatum, mind. Jahreszahl)

Entität -Bauteile Zustand

Attribut	Parametername in IFC	Wertetyp	Wertebereich (Quelle: bSI-UCM)
Bewertung Schadstoffe	Mset_StatusElement.AssessmentContaminants	PEnum	Bewertung des Bauprodukts hinsichtlich der Schadstoffbelastung
Bewertung Weiternutzung	Mset_StatusElement.AssessmentReuseability	PEnum	Bewertung des Bauprodukts hinsichtlich einer weiteren Verwendung
Bewertung Physik. Zustand	Mset_StatusElement.PhysicalCondition	PEnum	Mit einer visuellen Kontrolle wird der physikalische Zustand der Baustoffe ermittelt

Bewertung Ersatzteilverfügbarkeit	Mset_StatusElement.AssessmentSparePartsAvailability	PEnum	
Bewertung Funktionalität	Mset_StatusElement.Functionality	PEnum	Die Funktion kann bei einer Inspektion nur von den Betreibern/Nutzern bewertet werden.
Bewertung Restnutzungsdauer	Mset_StatusElement.RemaninigPeriodOfUse	PEnum	
Lebensdauer	Mset_StatusElement.Lifetime	IfcLabel	Lebensdauer in Jahren
Erstellungsdatum	Mset_StatusElement.CreationDate	IfcLabel	Erstellungsdatum (Einbaudatum, mind. Jahreszahl)
Demontierbarkeit	Mset_StatusElement.Dismantlability	PEnum	Annahme bezüglich der Demontierbarkeit, anhand einer Bewertung von 0.1–1.0 (1.0 komplett demontierbar, ohne grossen extra Aufwand)
Demontierbarkeit – Einschluss von Produktkanten	Mset_StatusElement.InclusionOfProductEdges	PEnum	
Demontierbarkeit – Überschneidungen	Mset_StatusElement.Overlaps	PEnum	
Demontierbarkeit – Verbindungstyp	Mset_StatusElement.DismantlabilityConnectionType	PEnum	Verbindungsart des Produkts
Demontierbarkeit – Zugänglichkeit der Verbindung	Mset_StatusElement.AccessibilityOfConnection	PEnum	Die Zugänglichkeit der Verbindung

Hinweis: Die Einheiten "Gebäude SIA 2040" und "Auswertung Zustand" wurden nicht beschrieben (teilweise Redundanz der Daten)

4.3.4 Modellierungsrichtlinien

In der Praxis lassen sich Modellierungsrichtlinien oft in zwei Gruppen einteilen: Modellierungsrichtlinien, die von den Softwareherstellern mit spezifischer Ausrichtung auf die Softwarefunktionen entwickelt wurden, und allgemeine Modellierungsrichtlinien, die vom Unternehmen entwickelt und dann an die Projektspezifikationen angepasst werden. Normalerweise orientieren sich die Modellierungsrichtlinien an der Organisation der Dateivorlage und enthalten alle geometrischen Informationen, um die Modellierung des DBM mit dem gewünschten Qualitätsgrad zu beginnen.

Es war nicht das Ziel, eine objektive Zusammenfassung für diese Dokumentation zu erstellen, da es keine klare Richtung zur Standardisierung gibt. Wie oben erklärt, ermöglicht es die Besonderheit dieses Dokuments, Hinweise zu geben, ohne sich auf eine konkrete Methode zu beziehen.

Es war jedoch möglich, Beispiele zu finden, die die Möglichkeit aufzeigen, geometrische und alphanumerische Informationen zu mischen, ein gutes Beispiel ist z.B. "Leitfaden für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells". (Uni Wuppertal, 2021)

5 Empirische Validierung

Die empirische Validierung des Konzepts erfolgt in zwei Teilen: erstens mit in einer Diskussion mit dem BIM-Team von Burckhardt Architektur und zweitens mit einem Test durch den IDS-Workflow auf der Grundlage eines vereinfachten Szenarios.

5.1 Feedback BIM-Team Burckhardt Architektur Basel AG

Leitfaden

Mit Bezug auf die heutige Praxis sind die beiden Szenarien in der Ausgangssituation (Neubau - Bestandsbau) kohärent. In Bezug auf die 3 Ökobilanz-Prozesse wird die Strategie der Unterteilung der Gebäudekomponenten (Informationsgranularität) auf die heute verwendete Literatur und Werkzeuge verwiesen. Sie befindet sich jedoch noch in einem prototypischen Stadium. Andererseits stellen die drei Prozesse, die sich mit der Kreislaufwirtschaft befassen (Bestandinventarisierung - Rückbau - Materialpass), einen Einstiegspunkt in die Vertiefung von Strategien dar, die sich an der Wahl von demontierbaren und wiederverwendbaren Bausystemen sowie an der Verwendung von Recyclingmaterialien orientieren.

Aufgrund seiner grafischen Form (Diagramm) ist die Ausrichtung des Leitfadens spezifisch für die BIM-Fachgruppe eines Unternehmens. Er ist ein Ausgangspunkt für die Entwicklung interner oder projektspezifischer Prozesse.

Prozessbeschreibung

Die Form der Dokumentation ist leicht und einfach zu verstehen. Allerdings ist ein Verweis auf die semantische Informationsstruktur, die im vollständigen ERD-Schema verfügbar ist, notwendig. Die systematische Beschreibung des Prozesses ist auf den schnellen Verweis auf verfügbare Quellen ausgerichtet.

Elementplan

Die Struktur des Elementplans wird in der Praxis verwendet; es wird empfohlen, die Bauteile in Gruppen zusammenzufassen und in Bezug auf die Nomenklatur zu vereinfachen. Dies ist nützlich, weil die genaue Beschreibung durch die IFC-Attribute und Psets erfolgt, die jedem AwF zugeordnet sind.

Modellierungsrichtlinien

Der atypische Charakter des Inhalts der Modellierungsrichtlinien kann nur verstanden werden, wenn die Gesamtsituation verstanden wird. Eine direkte Verbindung zu konventionellen Modellierungsrichtlinien mit einer ausgeglicheneren Orientierung, insbesondere in Bezug auf geometrische Informationen, kann zu einem späteren Zeitpunkt angenommen werden. Die Anwendung der LOIN-Methode für das Informationsmanagement kann sinnvoll sein, aber nur mit einer praktischen Überprüfung während der gesamten Modellierungsphase des Projekts ist es möglich zu verstehen, welche Aspekte konsolidiert werden können und welche überarbeitet werden müssen.

5.2 Modellbasierte Informationsstruktur – IDS-Validierung

Der IDS-Validierungstest wird am Fallstudienprojekts "KV Basel" organisiert. Die aktuelle Projektsituation ermöglicht die Verwendung der 4 Bauteile, nämlich: Eine bestehende Betonwand (Wiederverwendung), eine neue Holzwand unter Terrain, die neue Wärmedämmung zwischen zwei Wänden und einer neuen Holzdecke.

Dank dieser Wahl ist es möglich, einen Bezug zu dem Leitfaden herzustellen (Siehe 4.3.1)

Die Tests sind nach wie folgt organisiert:

- N° 2 Bestandsinventarisierung: Zuweisung von Attributen - Bestehende Betonwand;
- N° 4 Ökobilanzierung Bauteile: Zuweisung von Attributen - Holzdecke (neu);
- N° 5 Ökobilanzierung Baustoffe: Zuweisung von Attributen – Aussenwanddämmstoff;
- N° 6 Materialpass: Zuweisung von Attributen - vorgefertigten holztragenden Wand (neu).

Um den Test mit der BIM-Methode zu kontextualisieren, wurde entschieden, die 4 Bauteile mit der LOIN-Methode zu kombinieren.

Aus der Liste der Beispiele in der LOIN-Dokumentation aus den 4 betrachteten Gruppen (von 6) wurden die 4 Bauteile wie in Abb. 46 dargestellt, aufeinander abgestimmt. In diesem Bild lässt sich die logische und physische Verbindung mit den im Abschnitt beschriebenen Abstufungsgruppen erkennen. (Siehe 2.2.3) Mit diesem Test soll überprüft werden, ob durch das "IFC-Mapping" die alphanumerischen Informationen im IFC-Modell richtig zugeordnet sind. Das "IFC-Mapping" ist die Konvertierung der im Elementplan enthaltenen alphanumerischen Informationen, in dynamische Informationen, die im DBM durch die Informationsstrukturierungssoftware abgebildet und aufgefüllt werden (Siehe 2.4.4). Die Prüfung erfolgt durch den IDS-Workflow (siehe 2.4.5)

Um die Ausgangssituation zu validieren, wird überprüft, ob die Informationen in der Informationsstruktursoftware BimQ nach Elementplan korrekt aufgebaut und beschrieben sind. Das AIA-Editor-Plugin von Ekkodale wurde verwendet, um Informationen durch den Export von Attributen und Psets aus BimQ und der Autorensoftware (Revit) zuzuordnen. Das Übertragungsverfahren ist semi-automatisch und wird in diesem Abschnitt nicht beschrieben.

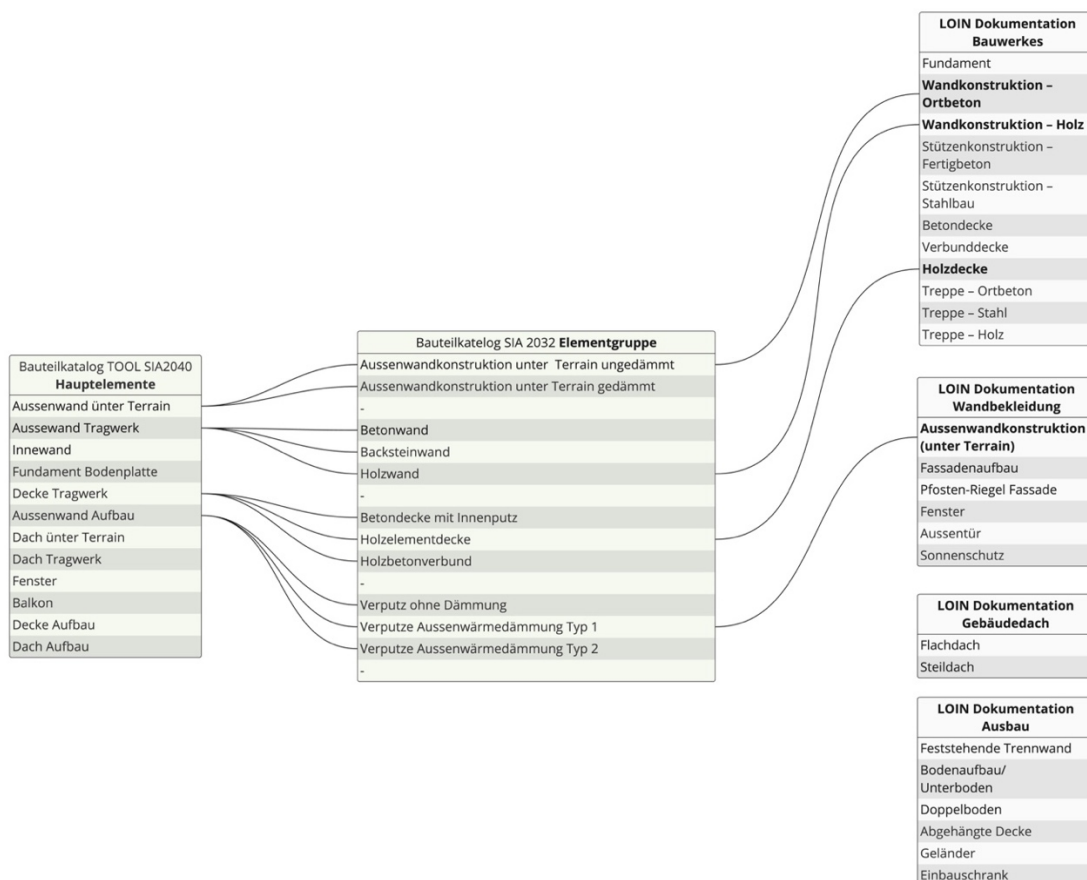


Abb. 46: Darstellung der Verbindung von Bauteilen in der LOIN-Dokumentation und der Detailabstufungen des Bauteiles. (Eigene Grafik)

IDS-Validation

N° 2 – Bestandsinventarisierung

- Abb. 47: Attributzuweisung gemäss den Modellierungsrichtlinien in BimQ (Neue Custom Pset).
- Abb. 48: Verfassung der Attribute mit Werten im DBM.
- Abb. 49 und Abb. 50: Informationsstruktur und Datenkonsistenz des IFC-Modells: Test bestanden

Demoprojekt - Roberto Arrivabeni

Anforderungstabelle >> Mehrfachzuweisung > Anforderung Import > Excel Import/Export

Spalten Software Austauschformat Klassifikation Phasen und Anwendungsfälle Andere

Ausgewählt: 0 Ähnlichkeit: Übereinstimmung

Referenzmodell PROJEKTIERUNG (Leistungsbild: BIM Koordinator ARCH)	Einheiten	IFC 4 Add2	PPH 3-Awf_Oko_2
Flachgründung		✓ IfcSlab.PrefeinedType.BASESLAB	
Geneigtes Dach		IfcSlab	
Wand		IfcWall	
Attribute		-	
Eigenschaftssatz Wände		Pset_WallCommon	
Indikatoren für die Umweltbeeinflussung		Pset_EnvironmentalImpactIndicators	
Mset_MaterialCA		Mset_MaterialCA	
Mset_StatusElement		Mset_StatusElement	
Bewertung Ersatzteilverfügbarkeit	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Ersatzteilverfügbarkeit	-
Bewertung Funktionalität	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Funktionalität	-
Bewertung physikalischer Zustand	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung physikalischer Zustand	✓
Bewertung Restnutzungsdauer	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Restnutzungsdauer	-
Bewertung Schadstoffe	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Schadstoffe	-
Bewertung Wiedernutzung	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Wiedernutzung	✓
Demontierbarkeit - Einschluss von Produktkanten	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit - Einschluss von Produktkanten	-
Demontierbarkeit - Überschneidungen	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit - Überschneidungen	-
Demontierbarkeit - Verbindungstyp	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit - Verbindungstyp	-
Demontierbarkeit- Zugänglichkeit der Verbindung	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit- Zugänglichkeit der Verbindung	-
Demontierbarkeit	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit	✓
Erstellungsdatum	ganze Zahl	Mset_StatusElement.Erstellungsdatum	-
Lebensdauer	ganze Zahl	Mset_StatusElement.Lebensdauer	-
Qto_WallBaseQuantities		Qto_WallBaseQuantities	

Abb. 47 Bestandsinventarisierung - Zuweisung von Attributen zum entsprechenden Prozess (Quelle BimQ)

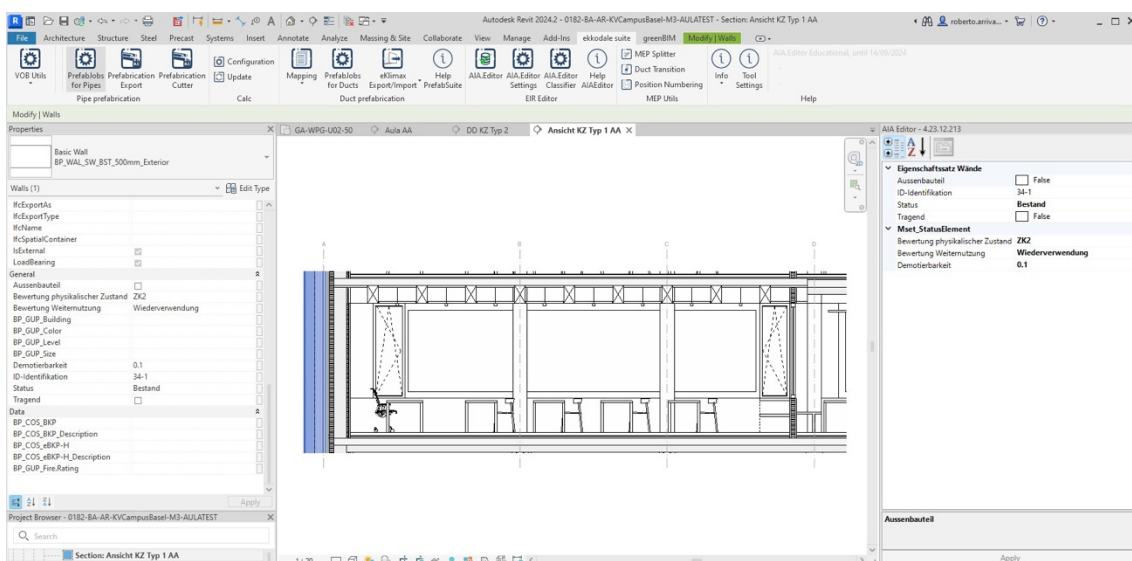


Abb. 48 Bestandsinventarisierung - Verfassung und Zuweisung von IFC-Attributen im DBM (Quelle Revit)

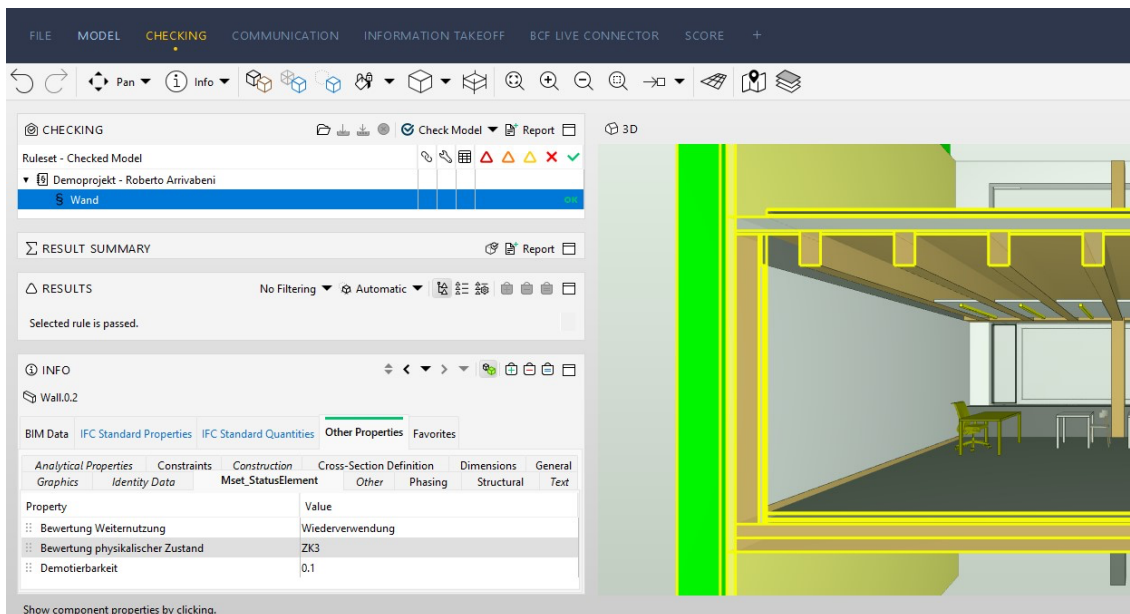


Abb. 49 Bestandinventarisierung - Ergebnis Check Model nach IDS-Regeln N°1 (Quelle Solibri)

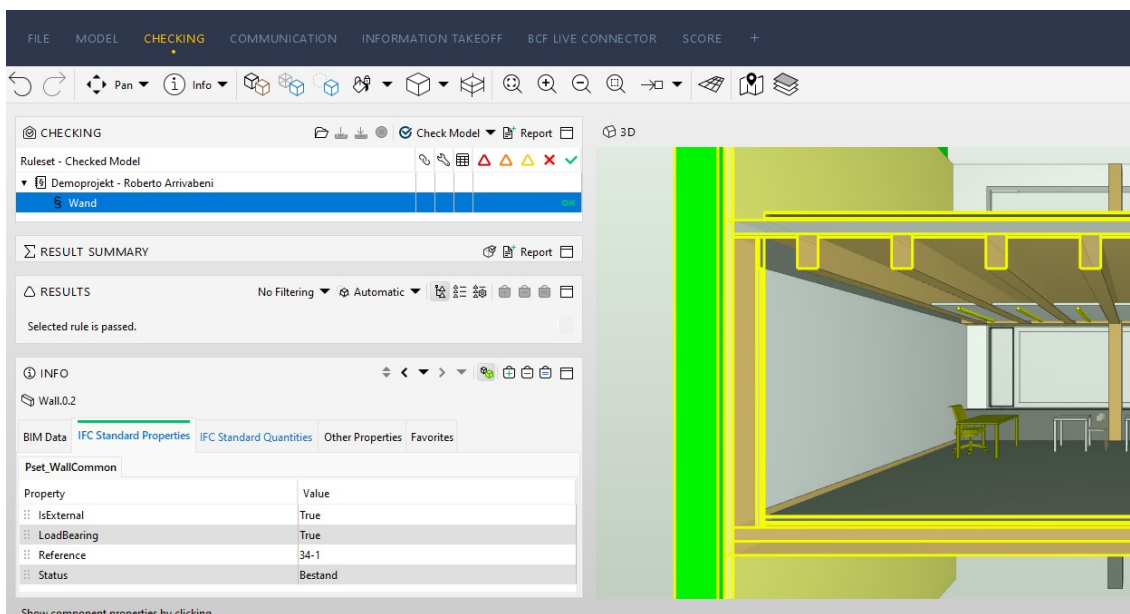


Abb. 50 Bestandinventarisierung - Ergebnis Check Model nach IDS-Regeln N°2 (Quelle Solibri)

N° 4 – Ökobilanz Bauteil

- Abb. 51: Attributzuweisung gemäss den Modellierungsrichtlinien in BimQ;
- Abb. 52: Population der Attribute mit Daten im DBM;
- Abb. 53: Informationsstruktur und Datenkonsistenz des IFC-Modells: Test bestanden.

Demoprojekt - Roberto Arrivabeni

Referenzmodell PROJEKTIERUNG (Leistungsbild: BIM Koordinator ARCH)	Einheiten	IFC 4 Add2	PPH 3-Awf_Oko_2
Bodenbelag		<i>IfcCovering.PrefdefinedType.FLOORING</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eigenschaftssatz Belag / Bekleidung		<i>Pset_CoveringCommon</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aussenbauteil	Wahr/Falsch	<i>Pset_CoveringCommon.IsExternal</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
ID - Identifikation	Identifizierungszeichen	<i>Pset_CoveringCommon.Reference</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Status	Kennzeichen	<i>Pset_CoveringCommon.Status</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Indikatoren für die Umweltbeeinflussung		<i>Pset_EnvironmentalImpactIndicators</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Einfluss auf den Klimawandel pro Einheit	Kennzeichen	<i>Pset_EnvironmentalImpactIndicators.ClimateChangePerUnit</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Einheit	Text	<i>Pset_EnvironmentalImpactIndicators.Unit</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dachbeläge		<i>IfcRoof</i>	<input type="checkbox"/>
Decke		<i>IfcSlab</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Attribute		-	
Eigenschaftssatz Decke		<i>Pset_SlabCommon</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aussenbauteil	Wahr/Falsch	<i>Pset_SlabCommon.IsExternal</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
ID-Identifikation	Identifizierungszeichen	<i>Pset_SlabCommon.Reference</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Status	Kennzeichen	<i>Pset_SlabCommon.Status</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tragend	Wahr/Falsch	<i>Pset_SlabCommon.LoadBearing</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Indikatoren für die Umweltbeeinflussung		<i>Pset_EnvironmentalImpactIndicators</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Einfluss auf den Klimawandel pro Einheit	Kennzeichen	<i>Pset_EnvironmentalImpactIndicators.ClimateChangePerUnit</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
Einheit	Text	<i>Pset_EnvironmentalImpactIndicators.Unit</i>	<input checked="" type="checkbox"/>

Abb. 51 Ökobilanz Bauteil - Zuweisung von Attributen zum entsprechenden Prozess (Quelle BimQ)

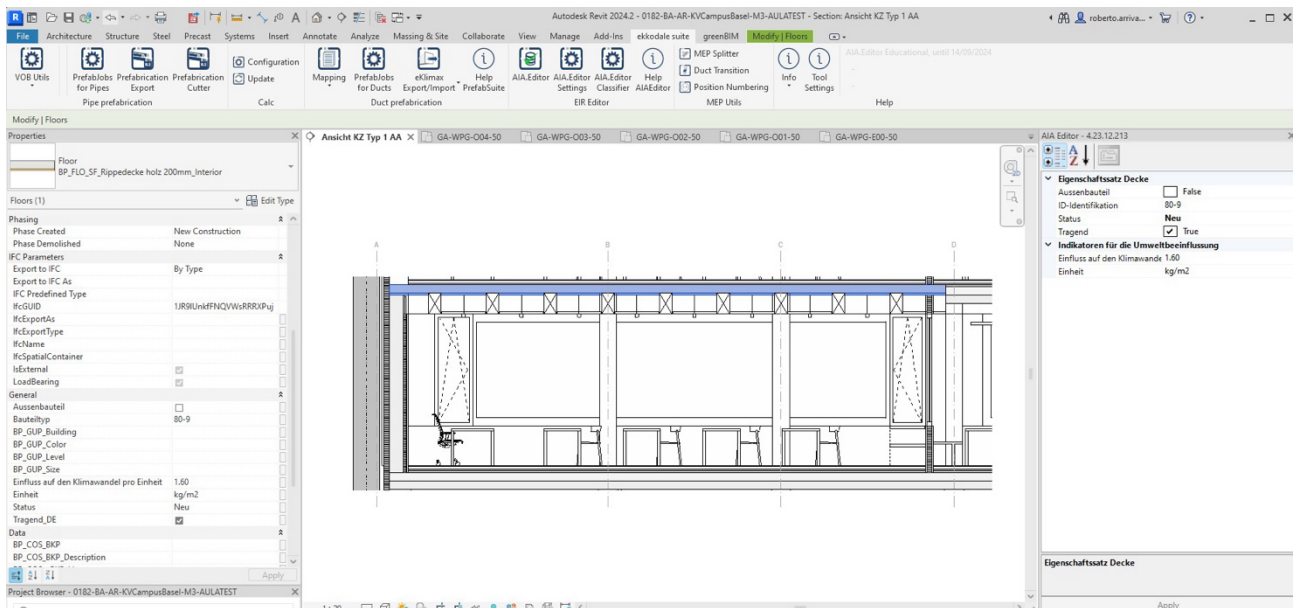


Abb. 52 Ökobilanz Bauteil - Verfassung und Zuweisung von IFC-Attributen im DBM (Quelle Revit)

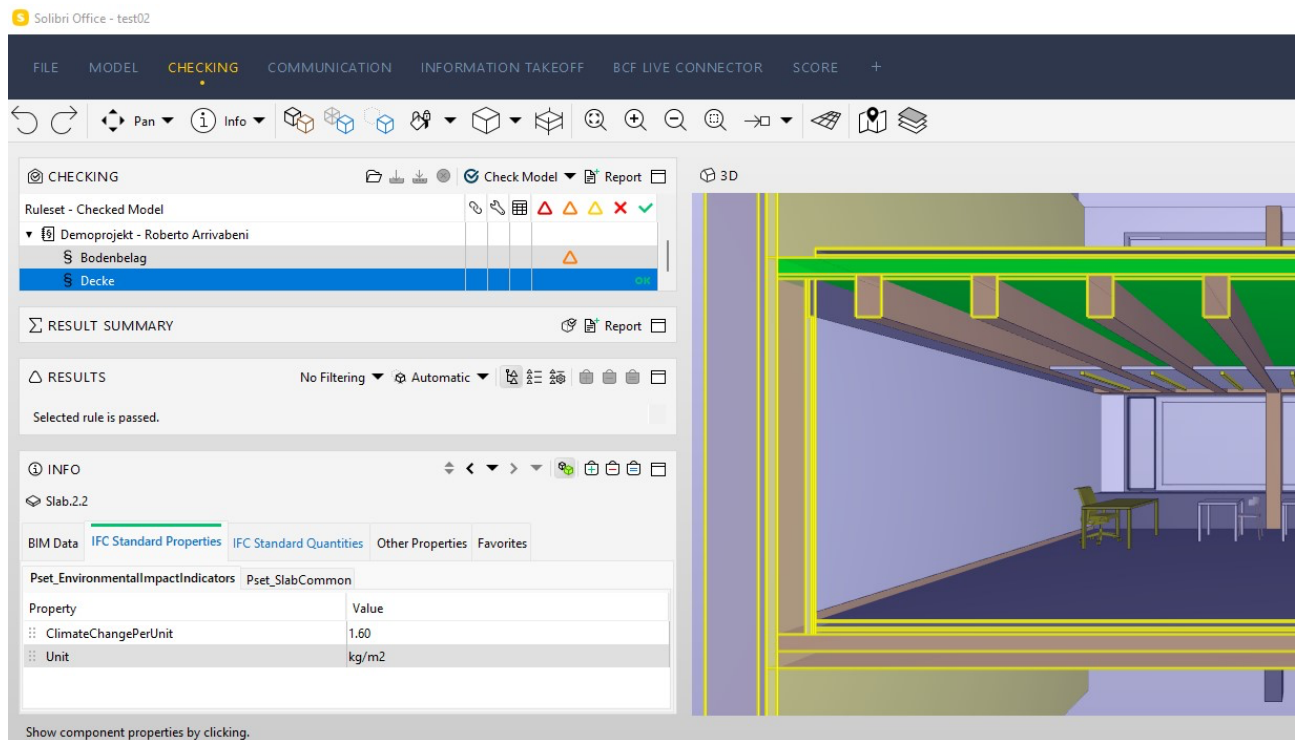


Abb. 53 Ökobilanz Bauteil - Ergebnis Check Model nach IDS-Regeln (Quelle Solibri)

N° 5 – Ökobilanz Baustoff

- Abb. 54: Attributzuweisung gemäss den Modellierungsrichtlinien in BimQ (Neue Custom Pset);
- Abb. 55: Population der Attribute mit Daten im DBM;
- Abb. 56: Informationsstruktur und Datenkonsistenz des IFC-Modells: Test teilweise bestanden.

Kommentar: Die Klasse IfcMaterial unterstützt BimQ derzeit nicht. Deshalb wurden die Attribute, die von dieser Klasse verwendet werden sollten, in die benutzerdefinierte Mset_MaterialLCA integriert. Der Test wurde teilweise validiert, da das benutzerdefinierte Mset im Modell vorhanden ist, aber laut Solibri-Check wird das IDS-Format für dieses Modell nicht unterstützt.

Demoprojekt - Roberto Arrivabeni

Anforderungstabelle >> Mehrfachzuweisung Anfordern Import Excel Import/Export

Spalten Software Austauschformat Klassifikation Phasen und Anwendungsfälle Andere

Ausgewählt 0 Ähnlichkeit Übereinstimmung

Referenzmodell PROJEKTIERUNG (Leistungsbild: BIM Koordinator ARCH)	Einheiten	IFC 4 Add2	PPH 3-Awf_Öko_3
Dachbeläge		IfcRoof	
Decke		IfcSlab	
Deckenbekleidung		IfcCovering_PredefinedType_CEILING	
Fenster		IfcWindow	
Flachdach		IfcSlab	
Flachgründung		IfcSlab_PredefinedType_BASESLAB	
Geneigtes Dach		IfcSlab	
Wand		IfcWall_PredefinedType_ELEMENTEDWALL	
Attribute		-	
Eigenschaftssatz Wände		Pset_Wall/Common	
Indikatoren für die Umweltbeeinflussung		Pset_EnvironmentalImpactIndicators	
Mset_Material.LCA		Mset_Material.LCA	
Category_Material	Kennzeichen	Mset_Material.LCA.Category_Material	✓
Einfluss auf den Klimawandel pro Einheit	Kennzeichen	Mset_Material.LCA.ClimateChangePerUnits	✓
Einheit	Text	Mset_Material.LCA.Unit	✓
ID_Identifikation Material	Identifizierungszeichen	Mset_Material.LCA.ID_Identification	✓
Name Material	Kennzeichen	Mset_Material.LCA.Name Material	✓
Mset_StatusElement		Mset_StatusElement	
Qto_WallBaseQuantities		Qto_WallBaseQuantities	

Abb. 54 Ökobilanz Baustoff - Zuweisung von Attributen zum entsprechenden Prozess (Quelle BimQ)

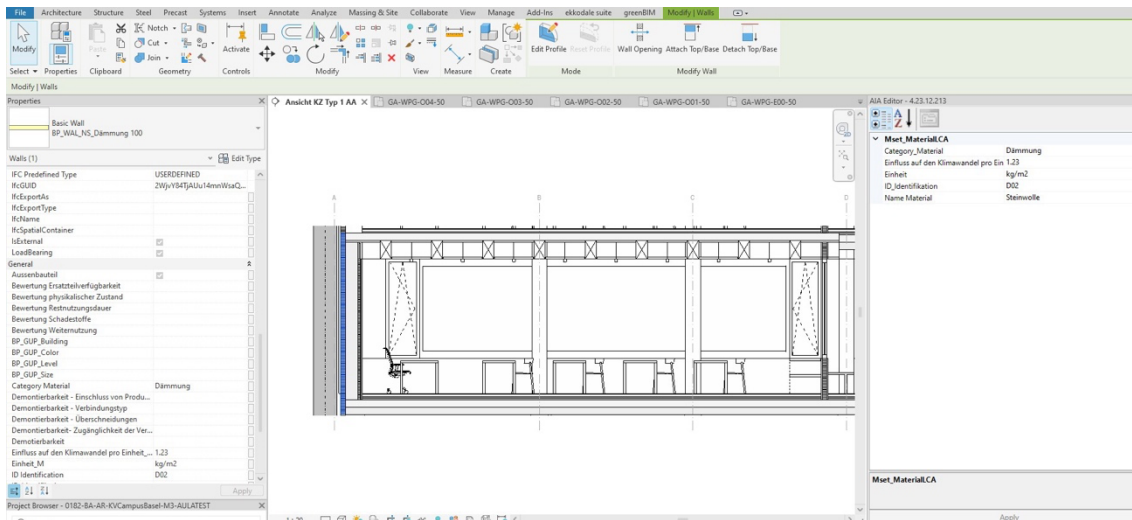


Abb. 55 Ökobilanz Baustoff- Verfassung und Zuweisung von IFC-Attributen im DBM (Quelle Revit)

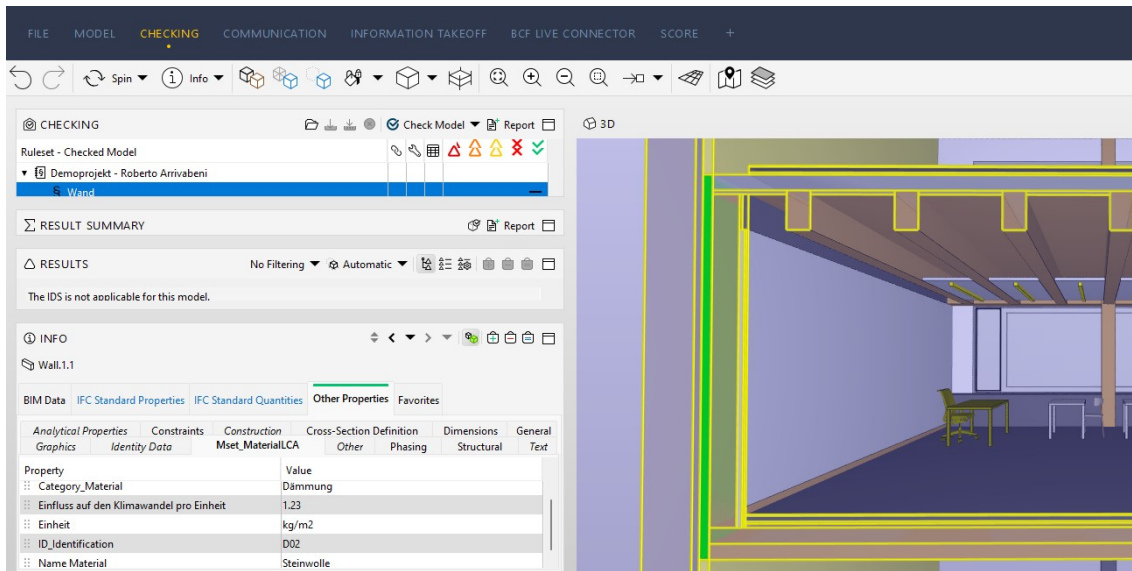


Abb. 56 Ökobilanz Baustoff - Ergebnis Check Model nach IDS-Regeln (Quelle Solibri)

N° 6 – Materialpass

- Abb. 57: Attributzuweisung gemäss den Modellierungsrichtlinien in BimQ (neue Custom Pset);
- Abb. 58: Population der Attribute mit Daten im DBM;
- Abb. 59: Informationsstruktur und Datenkonsistenz des IFC-Modells: Test bestanden.

Demoprojekt - Roberto Arrivabeni

Anforderungstabelle >> Mehrfachzuweisung > Anforderung Import > Excel Import/Export

Spalten Software Austauschformat Klassifikation Phasen und Anwendungsfälle Andere

Ausgewählt: 0 Ähnlichkeit Übereinstimmung

Referenzmodell PROJEKTIERUNG (Leistungsbild: BIM Koordinator ARCH)	Einheiten	IFC 4 Add2	PPH 3-AwF_GMP
Geneigtes Dach		IfcSlab	
Wand		IfcWall.PredefinedType.ELEMENTEDWALL	
Attribute		-	
Eigenschaftssatz Wände		Pset_WallCommon	
Indikatoren für die Umweltbeeinflussung		Pset_EnvironmentalImpactIndicators	
Mset_MaterialLCA		Mset_MaterialLCA	
Mset_StatusElement		Mset_StatusElement	
Bewertung Ersatzteilverfügbarkeit	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Ersatzteilverfügbarkeit	✓
Bewertung Funktionalität	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Funktionalität	-
Bewertung physikalischer Zustand	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung physikalischer Zustand	✓
Bewertung Restnutzungsdauer	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Restnutzungsdauer	✓
Bewertung Schadstoffe	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Schadstoffe	✓
Bewertung Weiternutzung	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Bewertung Weiternutzung	-
Demontierbarkeit - Einschluss von Produktkanten	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit - Einschluss von Produktkanten	✓
Demontierbarkeit - Überschneidungen	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit - Überschneidungen	✓
Demontierbarkeit - Verbindungstyp	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit - Verbindungstyp	✓
Demontierbarkeit- Zugänglichkeit der Verbindung	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demontierbarkeit- Zugänglichkeit der Verbindung	✓
Demotierbarkeit	Kennzeichen	Mset_StatusElement.Demotierbarkeit	-
Erstellungsdatum	ganze Zahl	Mset_StatusElement.Erstellungsdatum	-
Lebensdauer	ganze Zahl	Mset_StatusElement.Lebensdauer	-
Qto_WallBaseQuantities		Qto_WallBaseQuantities	

Abb. 57 Materialpass - Verfassung und Zuweisung von IFC-Attributen im DBM (Quelle BimQ)

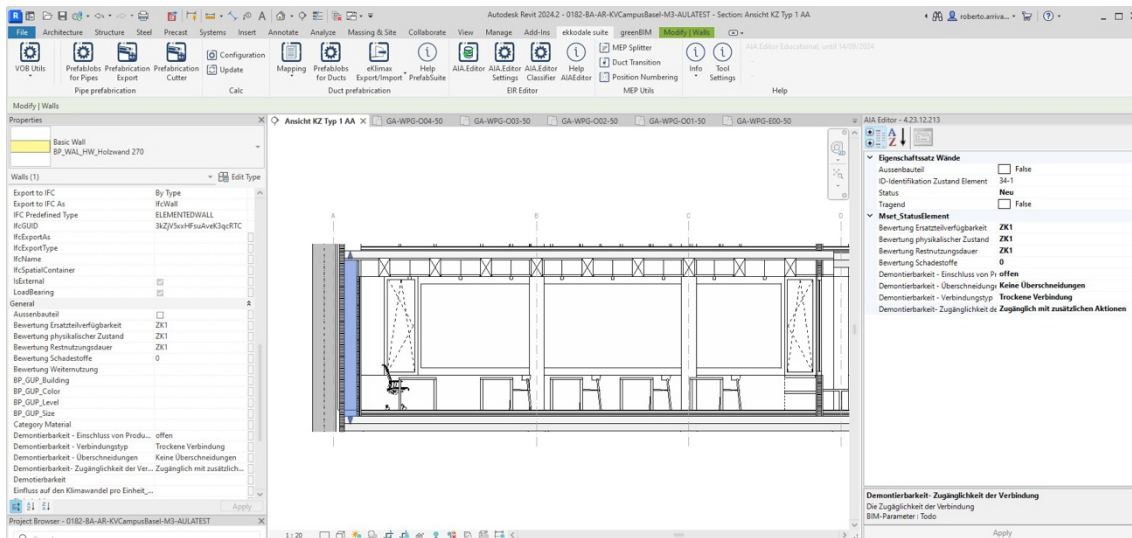


Abb. 58- Materialpass - Verfassung und Zuweisung von IFC-Attributen im DBM (Quelle Revit)

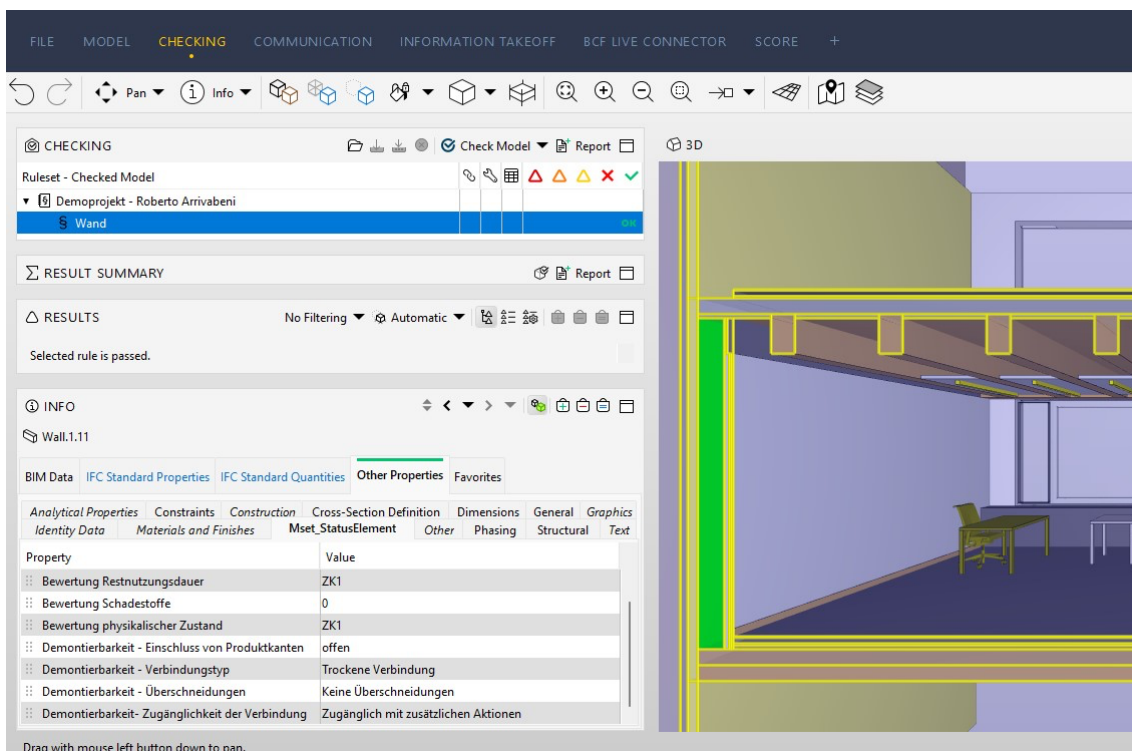


Abb. 59 Materialpass - Ergebnis Check Model nach IDS-Regeln (Quelle Solibri)

6 Diskussion

Der vorgeschlagene Leitfaden basiert auf bestehenden Anwendungsfällen, die von bSCH veröffentlicht wurden. Es wurden spezifische Prozesse verwendet und implementiert, die mit der OpenBIM-Methode in Verbindung stehen. Die Prozesse wurden so gewählt, dass der Planer und der BIM-Manager einen schnellen Überblick über die wichtigen Punkte für die Wartung und Pflege der Qualität des DBM haben. Die Qualität der Daten im DBM ist die Grundlage für zuverlässige Auswertungen, Benchmarks und andere Prozesse.

Für die verfügbaren Anwendungsfälle wurden zwei Szenarien erstellt. Neubau und Bestandsbau. Voraussetzung beim Neubau ist die kontinuierliche Überwachung der THGE-Werte in allen Planungsphasen. Dank der Zielwerte

in SIA 2040, SIA 2032 und KBOB ist es möglich, die Bewertungen mit drei verschiedenen Genauigkeitsstufen zu strukturieren.

Bei bestehenden Bauwerken bezieht sich der erste Ansatz auf die Kreislaufwirtschaft. In den ersten beiden Prozessen liegt der Schwerpunkt auf der Modellierungsqualität – insbesondere auf bestimmten Attributen, welche die DBM-Daten vervollständigen und auf den Planungsentscheidungen, die für das Management bestehender Bauteile und ihre Auswirkungen auf nachfolgende Anwendungsfällen wichtig sind. Die entscheidende Variable ist das Alter der Bauteile. Dieser Faktor bestimmt die Auswirkungen auf die nächste Ökobilanz, z. B. auf Ebene der Bauteile.

Die semantischen und organisatorische Informationen der Prozesse im Leitfaden werden im Handbuch beschrieben und für jeden Fall aufgeschlüsselt. Dazu wurde ein Layout entwickelt, das es ermöglicht, die Informationen systematisch und objektiv zu verstehen.

Um Planern einen nützlichen Rahmen für die Modellierung der DBM zu bieten, wurden Modellierungsrichtlinien entwickelt, die auf einem vorgeschlagenen Zerlegungsgrad basieren. Um das Konzept zu kontextualisieren, wurde die LOIN-Methode von bSCH aufgenommen. So ist es möglich, einen Bezug zum Detaillierungsgrad der geometrischen und alphanumerischen Informationen herzustellen, die in der BIM-Methodik verwendet werden.

Die Strukturierung der Informationen nach dem vorgeschlagenen Zerlegungsgrad wurde im Elementplan umgesetzt. Die hier entwickelten Informationen wurden in der Informationsstrukturierungssoftware BimQ für den Validierungstest verwendet.

Im technischen Bereich wurden für die beiden zentralen Themen des Leitfadens – die Ökobilanz und die Kreislaufwirtschaft – zwei Custom Pset entwickelt, welche die tatsächliche Bewertung von Bauteilen und Baustoffe direkt im DBM ermöglichen.

Das Custom Mset_MaterialsLCA hat den gleichen Zweck wie existierende Pset_EnvironmentalImpactIndicators mit dem Ziel, dem Baustoff den Wert THGE Total (Erstellung + Entsorgung) gemäss der KBOB-Liste zu zuweisen. In diesem Zusammenhang kann das DBM stellvertretend als Datenbank genutzt werden, indem dem Bauteil oder Baustoff der spezifische Wert und die ID zugewiesen werden und die IFC-Datei direkt als Informationsquelle in der Bewertungssoftware Verwendung findet. Die zweite Möglichkeit ist, dem Bauteil (oder Baustoff) die ID zuzuweisen und die IFC-Datei in der Auswertungssoftware abzugleichen, die wiederum mit einer dynamischen Datenbank verknüpft ist, welche die Bauteile mit der gleichen ID identifiziert. Das zweite Custom Pset ist «Mset_StatusElement», das die dynamischen Attribute zur Bewertung der Zirkularität enthält, die in den entsprechenden Anwendungsfällen vorgeschlagen werden. Weiter wurden Replikate desselben Msets erstellt, die sich jedoch auf Baustoffe beziehen. Die Zuweisung der Werte erfolgt direkt im DBM und kann später mit der korrekt gemappten IFC-Datei für die Bewertung der Zirkularität in proprietären Anwendungen verwendet werden. Die Attribute und Werte im Mset sind aus der Anwendungsfalldokumentation extrapoliert. Weitere Untersuchungen ergaben, dass sich die Attribute auf zwei Dokumente beziehen: die «Methodologie der Bewertung für die Zustandserfassung IBB» (2020) und «Zirkuläre Gebäude Messmethodik Trennbarkeit Version 2.0» (2021). Die beiden Dokumente schlagen zwei verschiedene Bewertungsmethoden vor. Die erste ist allgemein gehalten, die zweite orientiert sich speziell an der Bewertung der Demontierbarkeit. Beide Dokumente können als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen in diesem Bereich dienen. Laut Literatur Angaben sollte für die drei Stufen der Ökobilanzberechnung der Zersetzungsgrad verwendet werden. (Passer et al., 2023) Der Vorteil dabei ist die kontinuierliche Bewertung, die dem Prinzip der integralen Planung folgt. Die BIM-Methodik erfordert jedoch eine Standardisierung der Informationsstruktur, um die Zuverlässigkeit und Effizienz der Ergebnisse zu gewährleisten.

Der erste Schritt in diese Richtung ist, prozessspezifische Attribute zu verwenden. Die vorgeschlagenen digitalen Werkzeuge sind in der Praxis bereits in einer teilweise etablierten Form vorhanden.

Modellierungsrichtlinien mit alphanumerischer Ausrichtung sind dagegen selten, auch weil dies im Planungsteam Kenntnisse der BIM-Methodik voraussetzt. Der Validierungsprozess ermöglicht es, den Reifegrad von Werkzeugen und Arbeitsabläufen zu überprüfen. Werkzeuge wie Modellierungsrichtlinien sollten dabei nicht inhaltsneutral sein. Die Form (Layout) hängt zudem leicht von der Organisation ab.

Aus diesem Grund ist eine objektive Interpretation angebracht.

Der Leitfaden zeigt das Endergebnis; Werkzeuge wie Elementplan, Prozessbeschreibungen und Modellierungsrichtlinien welche den Bezugsrahmen im Detail unterstützen. Die Anwendungsfälle, die für die Entwicklung des Produkts verwendet wurden, legen nahe, dass ein Leitfaden für nachhaltige und zirkuläre Planung empfehlenswert ist. Die analysierte Literatur empfiehlt die Aufteilung des Gebäudes und die BIM-Methodik kann diesen Prozess unterstützen, indem sie die Ergebnisse, nach klar definierten Metriken ausrichtet. Die modellbasierte Planung ist für diesen Prozess zentral. Für die Praxis ist aber die Integration dieser Produkte in die projektspezifische Organisationsstruktur entscheidend. Dies setzt ein Nachdenken über die Bedeutung der Entwicklung interner (und firmenspezifischer) Auswertungswerkzeuge voraus. Wichtig sind in diesem Zusammenhang technische Details, wie die Bewertung von Baustoffen, die nicht direkt modelliert werden können. Ausserdem darf nicht unterschätzt werden, dass diese Prozesse zwar auf die Optimierung des Entscheidungsprozesses abzielen, sich aber noch in einem Entwicklungsstadium befinden und der Kosten-Nutzen-Effekt daher nicht sofort greifbar ist.

7 Fazit, Beschränkungen und Empfehlungen

7.1 Fazit

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit lautete: **Wie können auf der Grundlage eines etablierten DBM eines Projekts, die in der SIA 2040 beschriebenen Ziele und Anforderungen integriert werden und die Grundlage für die Entscheidungsfindung sein?**

Im Unterschied zu den im SIA-Merkblatt 2040 beschriebenen Zielen und Anforderungen beschränkte sich die vorliegende Arbeit auf die spezifischen Anforderungen des Faktors «Erstellung» aus dem Merkblatt. Die Anforderungen und Ziele dafür können gemäss den entsprechenden Anwendungsfällen in das DBM integriert werden. Die im DBM enthaltenen alphanumerischen Daten bilden die Grundlage für den Entscheidungsprozess, lassen sich aber ohne den Einsatz einer eigenen Auswertungstechnologie nicht direkt nutzen.

Weiter wurden zwei Unterfragen untersucht, die sich aus der zentralen Fragestellung ergeben:

Welche Methode ist am effizientesten für die Integration von LCA-Daten in das DBM in den einzelnen Projektphasen, um eine wichtige Entscheidungshilfe zu erhalten?

Derzeit ist die effizienteste Methode zur Integration von LCA-Daten in das DBM die Verwendung des IFC-Schemas, das durch die Informationsstruktursoftware korrekt gemappt werden muss und dann mit den LCA-Daten für jede Planungsphase gefüllt wird.

Wie wird der Prozess im Unternehmen mit welchen Hilfsmitteln etabliert, geschult und dokumentiert, um sicherzustellen, dass sich die Vorgehensweise rasch beweist?

Planerinnen und Planer sowie BIM-Koordinatorinnen und -Koordinatoren nutzen den Leitfaden als Orientierungshilfe. Für die semantischen und konzeptionellen Aspekte ermöglichen die Prozessbeschreibungen und der Elementplan dem BIM-Koordinator, Informationen über Prozesse, Referenzdaten und Beteiligte zu erhalten. Die konzeptionelle Umsetzung des DBM ist dann mithilfe des Elementplans möglich. Die Planer können sich auf die Modellierungsrichtlinien beziehen, in denen die Detaillierungsgrade für die geometrische und alphanumerische Modellierung des DBM für jeden Anwendungsfall angegeben sind. Die drei Werkzeuge bilden die wesentliche Dokumentation für die Ausführung von Prozessen in einer stabilen und anwendungsbereiten Form.

7.2 Beschränkungen

Fallstudie

Das Projekt, das als Fallstudie für diese Masterarbeit ausgewählt wurde, war mit verschiedenen Besonderheiten verbunden, die sich auf die Ökologie der Erstellungs- und Betriebsphase sowie auf die Kreislauffähigkeit von Materialien beziehen. Einschränkungen ergeben sich aus der Nichtanwendung der BIM-Methodik. Es war zudem nicht möglich, den Leitfaden und seine Auswirkungen auf die Verwaltung grosser Datenmengen, die in das DBM eingegeben wurden, zu testen. Daher liessen sich die tatsächliche Verwendung des Elementplans und die Integration mit anderen im DBM enthaltenen Attributen nicht prüfen. Darüber hinaus war es nicht möglich, die tatsächliche Wirksamkeit der nachhaltigkeitsorientierten Modellierungsrichtlinien zu überprüfen. Die genannten Designentscheidungen ermöglichten es jedoch, ein ideales Szenario zu definieren und das IFC-Mapping mithilfe der IDS-Validierung auf Machbarkeit und Korrektheit zu überprüfen.

Detaillierungsgrad

Der Detaillierungsgrad des Dekompositionsprinzips ermöglichte realitätsnahe Szenarien mit Bezug auf die Kataloge der Bauteile und Baustoffe, die in den SIA-Normen beschrieben sind. Das Dekompositionsszenario sollte mit dem BIM-Dekompositionssystem (LOIN) harmonisiert werden, vor allem in den Ebenen, in denen Informationen über Baustoffe eingeführt werden. Bei der LOIN-Methode macht die Einzigartigkeit jedes Bauelements die Harmonisierung des vorgeschlagenen Detaillierungsgrads sowie der Planungsstufen anspruchsvoll.

7.3 Empfehlungen

Nachhaltigkeit SIA-Standards

Die in SIA 2032 berücksichtigten Lebenszyklusphasen sind derzeit Herstellung und Errichtung (A), Nutzung (B) und Entsorgung (C). Die Norm SN EN 15804 beschreibt zusätzlich das Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und/oder Recyclingpotential (D). Dieses Modul sollte in der Gesetzgebung und in der Praxis wesentlich stärker berücksichtigt werden. Die Überarbeitung der SIA-Norm 2040 mit der neuen SIA 390/1 gibt die Richtung für die Schweizer Bauwirtschaft vor, um die Netto-Null-Ziele 2050 zu erreichen. In diesem Zusammenhang sollten die Vorschriften auch in Bezug auf die Datenverfügbarkeit aktualisiert werden. Zum Beispiel ist der Katalog der Bauteile in SIA 2032 begrenzt. Diese Einschränkung kann dazu führen, dass private Unternehmen ihre eigenen Datenbanken entwickeln, was im OpenBIM-Kontext eine Einschränkung ist. Die Datenbanken sollten nach dem Prinzip der Identifikation (ID) strukturiert sein. Dieses Prinzip würde eine Standardisierung der relevanten Informationen sowie der Nutzungsmethode ermöglichen. In diesem Zusammenhang sollte die Zugänglichkeit über das API-System gewährleistet sein.

BIM-Methodologie

Empfehlungen zu BIM sind schwierig, weil aus der Literatur ersichtlich ist, dass die Vereine buildingSMART Schweiz, Deutschland und Österreich mehrere Projekte mit Nachhaltigkeitsfokus durchführen. Einige dieser Projekte wurden bereits umgesetzt und in dieser Arbeit erwähnt. Die drei in dieser Arbeit hervorgehobenen Themen, auf die sich weitere Entwicklungen konzentrieren müssen, sind das IFC-Schema, das spezifischer auf Themen wie Ökobilanz und Kreislaufwirtschaft ausgerichtet werden sollte. Zentral ist schliesslich die Harmonisierung von Zerlegungsprinzipien für Gebäude, die auf standardisierte, zuverlässige und effektiv wiederholbare Bewertungen ausgerichtet sind.

8 VERZEICHNISSE

8.1 Literaturverzeichnis

- Artus, M., Koch, C., König, M., 2021. *Datenmodellierung*, Springer Fachmedien Wiesbaden, in: Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen Und Industrielle Praxis*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, pp. 53–72. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4_3
- Astour, H., Strotmann, H., 2022. *Lehrbuch Grundlagen der BIM-Arbeitsmethode: Fragen, Übungen, Fallbeispiele, erfolgreich studieren*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-37239-2>
- Bartels, N., Höper, J., Theißen, S., Wimmer, R., 2022. *Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen: Status quo von Einsatzmöglichkeiten in der Praxis*, essentials. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36502-8>
- Bauen digital Schweiz, 2024a. *Whitepaper - Digital vernetzte Bauprodukt-daten als Grundlage für die Zirkularität*.
- Bauen digital Schweiz, 2024b. *Level of Information Need Grundlagen*.
- Bauen digital Schweiz, 2022. *BIM-Abwicklungsmodell Verständigung*.
- Bauen digital Schweiz, 2019. *BIM-Projekt-entwicklungsplan Practice*.
- Bauforumstahl, 2024. *Integrale Planung [WWW Document]*. URL <https://archiv.bauforumstahl.de/wissen/nachhaltigkeit/nachhaltigkeit-glossar/integrale-planung> (accessed 5.18.24).
- BauNetz, 2024a. *Digitales Bauwerksmodell | Integrales Planen | Glossar | Baunetz_Wissen [WWW Document]*. Baunetz Wissen. URL <https://www.baunetzwissen.de/glossar/d/digitales-bauwerksmodell-5314315> (accessed 5.18.24).
- BauNetz, 2024b. *Integrale Planung | Integrales Planen | Glossar | Baunetz_Wissen [WWW Document]*. Baunetz Wissen. URL <https://www.baunetzwissen.de/glossar/i/integrale-planung-8436144> (accessed 5.18.24).
- BMVDI, 2019. *BIM3INFRA2020 Anhang Glossar*.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J., 2018. *Building Information Modeling : Technology Foundations and Industry Practice*. Springer International Publishing, Imprint: Springer,.
- bSCH, 2024a. *Use Case Bestandsinventarisierung*.
- bSCH, 2024b. *Use Case Materialpass mit Produktklassifikationen*.
- bSCH, 2024c. *Use Case Lean Deconstruction*.
- bSCH, 2024d. *Level of Information Need Hochbau Anwendung*.
- bSCH, 2021. *Use Case Integration der grauen Energie und weiterer Ökobilanzdaten in die BIM-Methodik*.
- bSI, 2024. *Use Case Management | Use Case Management [WWW Document]*. URL <https://ucm.buildingsmart.org/use-case-management> (accessed 4.21.24).
- Building Digital Schweiz, SIA, SBB CFF FFS, CRB, 2022. *Nationales Glossar zur Digitalisierung in der Bau- und Immobilienwirtschaft*.
- Bundesamt für Strasse ASTRA, 2020. *Dokumentation Methodologie für Bewertung für die Zustanderfassung*
- Institut Digitales Bauen | MSc FHNW VDC | | www.fhnw.ch/msc-vdc

IBB.

Bundesamt für Energie BFE, 2023. *Medienmitteilung Neuerungen Gebaeudelabel.*

Bundesministerium der Verteidigung (BMVg), 2022. *BIM-Handbuch Arbeitshilfe Muster-AIA.*

bwl-lexikon, 2024. Best Practice » Definition, Erklärung & Beispiele + Übungsfragen [WWW Document]. *BWL-Lexikon.de*. URL <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/best-practice/>

Cavalliere, C., Habert, G., Dell'Osso, G.R., Hollberg, A., 2019. *Continuous BIM-based assessment of embodied environmental impacts throughout the design process*. *Journal of Cleaner Production* 211, 941–952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.247>

CEN, 2019. *Nachhaltigkeit von Bauwerken Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.*

CRB, 2023. *Withepaper Stammdatenpflege Bauprodukte.*

DAUB, 2022. *Empfehlung Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten.*

de Saussure Arabelle, Maurer Christoph, Kellenberger Daniel, Olender Margarete, Zogg Daniel, Geiser Florine, Bernegger Heinz, Luthiger Joe, Schneider Jürg, Schwieta Katharina, Rogenhofer Lennart, Wüest Markus, Fischer Marloes, Bohren Michel, Pöll Michael, Eberhard Patrick, Meglin Ronny, Frei Sidney, 2024. *Zirkularität messbar machen Ein Schweizer Zirkularitäts-Indikator*, Circularhub.

Digitale Trasformation Bau, KBOB, 2023. *Anwendung der Methode BIM im Hochbau bei Einzelplanermmandaten. Informationsanforderungen des Auftraggebers (EIR).*

Eichler, C., Curschellas, P., 2020. *BIM Regelwerk AIA Informationsanforderungen des Auftraggebers BAP BIM – Projektentwicklungsplan*, buildingSMART Austria, Bauen digital Schweiz.

Eichler, C.C., Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., Hopferwieser, M., Fischer, S., 2024. *BIMcert Handbuch: Grundlagenwissen openBIM*. Mironde-Verlag. <https://doi.org/10.34726/5384>

Forth, K., Hollberg, A., Borrmann, A., 2023. *BIM4EarlyLCA: An interactive visualization approach for early design support based on uncertain LCA results using open BIM.*

Forum, 2023. *The Carbon Challenge*. Carbon Leadership Forum. URL <https://carbonleadershipforum.org/the-carbon-challenge/> (accessed 5.19.24).

Gantner, J., Von Both, P., Rexroth, K., Ebertshäuser, S., Horn, R., Jorgji, O., Schmid, C., Fischer, M., 2018. *Ökobilanz – Integration in den Entwurfsprozess: BIM-basierte entwurfsbegleitende Ökobilanz in frühen Phasen einer Integralen Gebäudeplanung*. *Bauphysik* 40, 286–297. <https://doi.org/10.1002/bapi.201800016>

Hildenbrand-Severo, T., 2023. *Visualize CO2, Open-BIM Possibilities for the Optimization of Embodied Energy in the Design Phase.*

Huber, K., 2023. *Datenstrukturwerkzeuge im openBIM-Prozess – Prozessoptimierung – Fallstudie mit Allplan und BIMQ.*

Kölzer, T. (Ed.), 2022. *Nachhaltige und digitale Baukonzepte: Methoden und Wege zu einer ökologisch ausgerichteten Baubranche*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36776-3>

Mevisio, 2024. Was ist Lean? Methodik und Prinzipien [WWW Document]. URL <https://www.mevisio.de/blog/was-ist-lean-methodik-und-prinzipien> (accessed 5.21.24).

- Miro, 2024. Was ist ein Entity Relationship Diagramm? | Miro [WWW Document]. URL <https://miro.com/de/diagramm/was-ist-ein-er-diagramm/>
- myclimate, 2024. Klimawissen [WWW Document]. URL <https://www.myclimate.org/de-ch/informieren/faq/faq-detail/was-bedeutet-netto-null-emissionen/>
- Näf, P., Sacher, P., 2021. Klimapositives Bauen – Ein Beitrag zum Pariser Absenkpfad. Novaenergie.
- Passer, A., Potrc Obrecht, T., Alaux, N., Lützkendorf, T., Röck, M., Soust-Verdaguer, B., García-Martinez, A., Rutsch Mendes Saade, M., Frischknecht, R., Hoxha, E., Szalay, Z., Kiss, B., Wastiels, L., Hollberg, A., Houlihan Wiberg, A., Lasvaux, S., Galimshina, A., Habert, G., Horn, R., Di Bari, R., Lenz, K., Llatas, C., Gómez de Cózar, J.C., Veselka, J., Birgisdottir, H., Balouktsi, M., Piazza, D., Ortman, M., Kaushal, D., Dowdell, D., Butler, J., Ouellet-Plamondon, C., Peupartier, B., Reisinger, T., 2023. Guidelines for design decision-makers. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7468687>
- Plannerly, 2024. BIM und IFC – Was sind IFC-Modelle und wie hängen BIM und IFC zusammen? - Planmässig. URL <https://plannerly.com/bim-and-ifc-models/>
- Salza, 2020. Wiederverwendung, Bauen. Aktuelle Situation und Perspektiven : Der Fahrplan.
- Schweizerischer Bundesrat, 2021. Strategie Nachhaltige Entwicklung 2030, Bern.
- SIA, 2023. Klimapfad – Treibhausgas- und Energiebilanz von Gebäuden, Commission SIA 390.
- SIA, 2020. Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden.
- SIA, 2017a. Building Information Modelling (BIM) – Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode.
- SIA, 2017b. SIA 2040 Merkblatt, Commission SIA 2040.
- Uni Wuppertal, 2021. Leitfaden für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells. Anlage 3: Anforderungskatalog Räume und Bauelemente - Architektur.
- United Nations Environment Programme, 2022. 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. s.72.
- van Vliet, M., van Grinsven, J., Teunzies, J., 2021. Zirkuläre Gebäude Messmethodik Trennbarkeit Version 2.0 - Original Titel: Circular Buildings Meetmethodiek Losmaakbaarheid Versie 2.0 Circular Buildings.
- Wikipedia, 2024. 2000-Watt-Gesellschaft. Wikipedia.

8.2 Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: 30 WOHNBAUTEN, DIE ZU UNTERSCHIEDLICHEN ZEITRÄUMEN GEBAUT WURDEN, HABEN JE NACH ALTER EINE DEUTLICH VERBESSERTE LEISTUNG IN BEZUG AUF DIE BETRIEBSENERGIE, WÄHREND DIE AUSWIRKUNGEN AUF DIE GRAUE ENERGIE UNVERÄNDERT GEBLIEBEN IST. (SALZA, 2020)	1
ABB. 2: ÜBERBLICK ÜBER DEN RECYCLINGGRAD VON BAUSTOFFEN IN DER SCHWEIZ. QUELLEN: GRAFIK: (BETONSUISSE, 2022)	2
ABB. 3: STRUKTUR DIESER MASTERTHESIS (EIGENE GRAFIK)	4
ABB. 4: DIE 17 NACHHALTIGKEITZIELE («SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS») DER AGENDA 2030. (NETZWERK NACHHALTIGES BAUEN SCHWEIZ NNBS, 2021)	5
ABB. 5: BEZIEHUNG ZWISCHEN DEN DREI DIMENSIONEN DER NACHHALTIGKEIT UND DEN VOM SNBS FÜR DIE ZERTIFIZIERUNG VERWENDETEN BETRACHTUNGEN. GELB HINTERLEGT SIND DIE REFERENZINDIKATOREN AUS DEM SIA-MERKBLATT 2040. QUELLE: SNBS	6
ABB. 6: DIE DREI DIMENSIONEN DER NACHHALTIGKEIT IM ZUSAMMENHANG MIT DEN ANWENDUNGSFÄLLEN	7

ABB. 7: DIE GRAFIK ZEIGT DEN GANZHEITLICHEN ANSATZ DER BIM-METHODE UND DIE ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN WÄHREND DER VERSCHIEDENEN LEBENSPHASEN EINES BAUWERKS. (BORRMANN ET AL., 2018)	8
ABB. 8: BEEINFLUSSBARKEIT BZW. AUFWAND DER ÄNDERUNGEN IN VERSCHIEDENE PLANUNGSPHASEN VON BAUPROJEKTEN (BARTELS ET AL., 2022).....	8
ABB. 9: TREIBHAUSGASEMISSIONEN WOHNEN NEUBAU (ERSTELLUNG, BETRIEB) PRO M2 ENERGIEBEZUGSFLÄCHE IM VERGLEICH ZU DEN BEIDEN ABSENKPFADEN (SIA, 2023)	10
ABB. 10: LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG EINES GEBÄUDES (SIA, 2020).....	12
ABB. 11: DER BEREICH ERSTELLUNG GEMÄSS MERKBLATT UMFASST DIE MIT X BEZEICHNETEN PHASEN DES LEBENSZYKLUS GEMÄSS SN EN 15804. (SIA, 2020)	13
ABB. 12: LEBENSZYKLUS GEMÄSS SN EN 15804 (CEN, 2019)	13
ABB. 13 ZIELWERTE SCHULE (SIA, 2017b).....	15
ABB. 14 ABSTUFUNG DER INFORMATIONSGRANULARITÄT DER BAUTEILE (EIGENE GRAFIK).....	16
ABB. 15: GRAFIK IN ANLEHNUNG AN SN EN ISO 19650-1 (BAUEN DIGITAL SCHWEIZ, 2022)	18
ABB. 16: BESTANDTEILE DES BIM-INFORMATIONSMANAGEMENTS NACH DIN EN 19650 (DAUB, 2022)	19
ABB. 17: ORGANIGRAMM DER PROJEKTORGANISATION.....	20
ABB. 18: DIE DREI KERNELEMENTE DES USE-CASE NACH bS USE CASES MANAGEMENT (bSI, 2024).....	21
ABB. 19: ÜBERBLICK ÜBER DIE DREI OBEN GENANNT ANWENDUNGSFÄLLE, KONTEXTUALISIERT ZU DEN PLANUNGSPHASEN (bSCH, 2024A) 22	
ABB. 20: ARTEN DER BIM – APPLIKATIONEN (EICHLER ET AL., 2024).....	24
ABB. 21: LCA PLUGIN FÜR BIM- SOFTWARE (BARTELS ET AL., 2022)	25
ABB. 22: GEOMETRISCHER IFC IMPORT – LCA (BARTELS ET AL., 2022).....	25
ABB. 23: GEOMETRISCHER IFC-IMPORT GEBÄUDEPASS (BARTELS ET AL., 2022)	25
ABB. 24: BIM WERKZEUGE ZUR VERKNÜPFUNG DER LCA DATENSÄTZE (BARTELS ET AL., 2022)	26
ABB. 25: METHODE ZUR DEFINITION DER INFORMATIONSBEDARFSTIEFE «LEVEL OF INFORMATION NEED» IN ZWEI SCHRITTEN NACH DER NORM, SN EN 17412-1:2020 (BAUEN DIGITAL SCHWEIZ, 2024B)	27
ABB. 26: METHODE DER DEKOMPOSITION VON BAUELEMENTEN, DIE IN DER STUDIE “ CONTINUOUS BIM-BASED ASSESSMENT OF EMBODIED ENVIRONMENTAL IMPACTS THROUGHOUT THE DESIGN PROCESS ” VORGESCHLAGEN WURDE. (CAVALLIERE ET AL., 2019B)	28
ABB. 27: ELEMENTPLAN; INFORMATIONSBEDARFSTIEFE – BENÖTIGTE ALPHANUMERISCHE INFORMATION PRO BAUTEIL (EICHLER ET AL., 2024)	28
ABB. 28: VERWENDUNG VON DATENSTRUKTURWERKZEUG ZUR VERWALTUNG VON MODELLINFORMATIONSANFORDERUNGEN (EICHLER ET AL., 2024).....	30
ABB. 29: DARSTELLUNG DES WORKFLOWS. QUELLE: BIMQ.....	31
ABB. 30: IDS WORKFLOW (EICHLER ET AL., 2024)	32
ABB. 31: GRAFIK – ANTWORTEN PLANUNGSTEAM (3 PERSONEN).....	34
ABB. 32: GRAFIK – ANTWORT BERATER NACHHALTIGKEIT	34
ABB. 33: ANTWORT AUF FRAGE – BEWERTUNGSMETHODEN ÖKOBILANZ	34
ABB. 34: ANTWORT AUF FRAGE – BEWERTUNGSMETHODEN MATERIALPASS.....	35
ABB. 35: DIE ANTWORTEN DES PL-TEAMS AUF FRAGE 3	35
ABB. 36: ALLGEMEINER ARBEITSABLAUF ZUR VISUALISIERUNG UNSICHERER VERKÖRPERTER THG-EMISSIONEN ZUR UNTERSTÜTZUNG VON PLANUNGSENTSCHEIDUNGEN IN FRÜHEN PLANUNGSPHASEN UNTER VERWENDUNG VON OPEN BIM. (FORTH ET AL., 2023)	38
ABB. 37: PROZESSDEFINITION AWF bSCH CHE.5311.05. IN GRÜN HERVORGEHOBENER DBM-QUALITÄTSKONTROLLPROZESS.....	39
ABB. 38: KONTEXTUALISIERUNG VON DOKUMENTEN - HILFSMITTEL TEIL DES HANDBUCHS. (EIGENE GRAFIK).....	40
ABB. 39:LEITFADEN: DARSTELLUNG DER VERWENDUNG VON PROZESSE UND DEREN KONTEXT. (EIGENE GRAFIK)	43
ABB. 40 LAYOUT DER DOKUMENTATION "PROZESSBESCHREIBUNG" IM HANDBUCH (EIGENE GRAFIK).....	46
ABB. 41: VISUALISIERUNG DER ABSTUFUNG DER BAUTEILE MIT DER ERD-METHODE (EIGENE GRAFIK)	47
ABB. 42 ERD-DIAGRAMM, DAS ALLE ENTITÄTEN DARSTELLT, DIE FÜR DEN EINSATZ DER LEITFÄDEN ERFORDERLICH SIND. (EIGENE GRAFIK)...	47
ABB. 43 ANSATZ DER INFORMATIONSSTRUKTUR IM ELEMENTPLAN (EIGENE GRAFIK)	49
ABB. 44 IFC SCHEMA WO ES DURCH DIE FARBEN GRAU - ROSA UND GRÜN MÖGLICH IST, DIE DREI GRUPPEN VON ENTITÄTEN IM ERD-DIAGRAMM (ABB. 42) ZU IDENTIFIZIEREN (EIGENE GRAFIK).....	50

ABB. 45: LAYOUT DER MODELLIERUNGSRICHTLINIEN (EIGENE GRAFIK).....	55
ABB. 46: DARSTELLUNG DER VERBINDUNG VON BAUTEILEN IN DER LOIN-DOKUMENTATION UND DER DETAILABSTUFUNGEN DES BAUTEILES. (EIGENE GRAFIK)	57
ABB. 47 BESTANDSINVENTARISIERUNG - ZUWEISUNG VON ATTRIBUTEN ZUM ENTSPRECHENDEN PROZESS (QUELLE BIMQ)	58
ABB. 48 BESTANDINVENTARISIERUNG - VERFASSUNG UND ZUWEISUNG VON IFC-ATTRIBUTEN IM DBM (QUELLE REVIT)	58
ABB. 49 BESTANDINVENTARISIERUNG - ERGEBNIS CHECK MODEL NACH IDS-REGELN N°1 (QUELLE SOLIBRI)	59
ABB. 50 BESTANDINVENTARISIERUNG - ERGEBNIS CHECK MODEL NACH IDS-REGELN N°2 (QUELLE SOLIBRI)	59
ABB. 51 ÖKOBILANZ BAUTEIL - ZUWEISUNG VON ATTRIBUTEN ZUM ENTSPRECHENDEN PROZESS (QUELLE BIMQ)	60
ABB. 52 ÖKOBILANZ BAUTEIL - VERFASSUNG UND ZUWEISUNG VON IFC-ATTRIBUTEN IM DBM (QUELLE REVIT)	60
ABB. 53 ÖKOBILANZ BAUTEIL - ERGEBNIS CHECK MODEL NACH IDS-REGELN (QUELLE SOLIBRI)	61
ABB. 54 ÖKOBILANZ BAUSTOFF - ZUWEISUNG VON ATTRIBUTEN ZUM ENTSPRECHENDEN PROZESS (QUELLE BIMQ)	62
ABB. 55 ÖKOBILANZ BAUSTOFF- VERFASSUNG UND ZUWEISUNG VON IFC-ATTRIBUTEN IM DBM (QUELLE REVIT).....	62
ABB. 56 ÖKOBILANZ BAUSTOFF - ERGEBNIS CHECK MODEL NACH IDS-REGELN (QUELLE SOLIBRI).....	63
ABB. 57 MATERIALPASS - VERFASSUNG UND ZUWEISUNG VON IFC-ATTRIBUTEN IM DBM (QUELLE BIMQ).....	63
ABB. 58- MATERIALPASS - VERFASSUNG UND ZUWEISUNG VON IFC-ATTRIBUTEN IM DBM (QUELLE REVIT).....	64
ABB. 59 MATERIALPASS - ERGEBNIS CHECK MODEL NACH IDS-REGELN (QUELLE SOLIBRI).....	64

8.3 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: UMFASSENDE UND VEREINFACHTE ÜBERSICHT ÜBER DIE BEZIEHUNGE ZWISCHEN ROLLEN, ANWENDUNGSFÄLLE UND AUFGABEN .. 21

9 ANHANG

- A1 Fragenbogen Planungsteam
- A2 Fragenbogen Nachhaltigkeitsberater
- A3 Grafik Antwort Frage 4 Planungsteam
- A4 Grafik Antwort Frage 4 Nachhaltigkeitsberater
- B1 Verzeichnis verwendete Hilfsmittel

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Umfrage

Student: Roberto Arrivabeni

Titel Masterthesis: Konsolidierung und Implementierung der Entscheidungsprozesse für eine nachhaltige Gebäudeplanung durch den Einsatz digitaler Werkzeuge.

Interview mit: Architektur Team Erweiterungsprojekt des Handelschule KV (Kaufmännischer Verband), Basel .

Datum: Januar 2024

Dauert: 20-30 min.

Ort: Online

* **Gibt eine erforderliche Frage an**

Einwilligungserklärung



1. In diese Umfrage geht es um das Thema "Konsolidierung und Implementierung der Entscheidungsprozesse für eine nachhaltige Gebäudeplanung durch den Einsatz digitaler Werkzeuge." *

Die Teilnahme an der Umfrage ist freiwillig und benötigt keine Registrierung. Ausserdem werden keine Kontaktdaten oder Namen erfasst.

Rückschlüsse auf die Personen, die den Fragebogen ausfüllen, sind nicht möglich.

Zur Ausübung deiner Rechte (Auskunft, Korrektur, Löschung, Widerruf, etc.) oder Fragen zur Umfrage kannst du mich unter roberto.arrivabeni@students.fhnw.ch kontaktieren.

Markieren Sie nur ein Oval.

Ich willige ein und möchte an der Umfrage teilnehmen

EINLEITUNG

Ausgangslage

Die für das Erweiterungsprojekt des Handelschule KV in Basel (ab jetzt KV Basel) definierten Ziele für eine nachhaltige Planung lauten:

- Die Reduktion der grauen Energie beim Bau (Ökobilanz)
- Die Reduktion der Emissionen im Betrieb (Energiebilanz)
- die Wiederverwendung bestehender Baustoffe

sind in den Anforderungen für die Ziele des technischen Merkblatts SIA 2040 in den folgenden Bereichen definiert:

1. Erstellung
2. Betrieb

Ziel und Zweck

Die Ziele dieses Interviews sind wie folgt:

- Zu verstehen, wie die Punkte 1 und 2 in der Projektplanung der KV Basel berücksichtigt wurden.
- das Verständnis der Bewertungsmethodik auf der Basis des OpenBIM-Workflows.
- wann und welche Bauteile bewertet werden sollten, um eine effektive Entscheidung treffen zu können.

Gliederung Interview

- Einsteigfrage
- Fakten und Praxis
- BIM Basierter Projekttablauf Methode
- Schlussfrage
- Ausblick

EINSTEIGFRAGE

Die Ökobilanz des KV-Projekts bezieht sich insbesondere auf:

- Wiederverwendung/Recycling vorhandener Baustoffe
- Planung von emissionsarmen Bausystemen

Darüber hinaus wird die Reduzierung von Treibhausgasen durch die Planung des Einsatzes emissionsarmer Energieträger sichergestellt.

2. **Frage:** Auf einer Skala von 1 bis 3, wie viel Priorität würden Sie den folgenden Themen bei der Planung geben? *

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	1	2	3
Wiederverwendung/Recycling vorhandener Baustoffe (Ökobilanz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planung von emissionsarmen Bausystemen (Ökobilanz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planung des Einsatzes von Energieträgern für einen emissionsarmen Gebäudebetrieb (Energiebilanz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PROJEKtablauf in der Praxis

Die Anforderungen zur Erreichung der Ziele, die im SIA 2040 Merkblatt sind in 2 Bewertungsmethoden unterteilt:

- Referenzwerte
- Einflussfaktoren

Referenzwerte können mit digitalen Werkzeugen wie dem GreenBIM-Plugin oder dem SIA2040-Tool berechnet werden. Einflussfaktoren hingegen sind Faktoren, die den Planer zu bestimmten Gestaltungsentscheidungen veranlassen können.

In diesem Teil des Interviews wollen wir untersuchen, wie und wann Einflussfaktoren für die Bereiche "Erstellung" und "Betrieb" bei der Planung des KV Basel-Projekts berücksichtigt wurden.

3. **Frage:** Für die genannten Einflussfaktoren für den Bereich "Erstellung":
auf einer Skala von 1 bis 3, wie viel Priorität wurde diesen Faktoren in den verschiedenen Entwurfsphasen
zugewiesen?

*

Bereich Erstellung		SIA Phasen				
		21	31-33	41-53	6	
	Rahmen- bedingungen	Strategische Planung	Vorstudien	Projektierung	Ausschreibung Realisierung	Bewirtschaftung
Geeignete politische Rahmenbedingungen schaffen:	X					
- Verdichtetes Bauen mit hoher Ausnützung fördern						
Bedarf senken durch Massnahmen wie:		X	X			
- Hohe Ausnützung, Verdichtung		X	X			
- Entscheid, ob Umbau oder Abbruch und Neubau unter Berücksichtigung der Grauen Energie		X	X			
- Grosse und kompakte Volumen, wenig gegliedert			X	X		
- Wenig Unterterrainbauten			X	X		
- Bedarf an Flächen reduzieren. Flächeneffiziente Grundrisse, welche hohe Belegungen zulassen		X	X	X		
- Angemessener Fensteranteil			X	X		
- Ressourcenschonende Bauweise			X	X		
- Einfaches Tragwerk mit angemessenen Spannweiten				X		
- Angemessene Fassadenbekleidung (beständig, wenig Masse)				X		
- Systemtrennung für gute Zugänglichkeit und Austauschbarkeit (Fenster, Gebäudetechnik, Sonnenschutz)				X		
- Hohe Nutzungsflexibilität				X		
- Massvoller Einsatz von Glas- und Metallfassaden				X		
- Beständige und unterhaltsarme Baustoffe und Bauteile				X	X	
- Kurze Transportdistanzen					X	
Qualitätssicherung:						
- Projektierung und Ausführung auf Zielerreichung prüfen			X	X	X	
- Bei Erneuerungen und Sanierungen Vorleistungen durch Systemtrennung beachten						X

Quelle: SIA 2040, Copyright © 2017 by SIA Zurich

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	1	2	3
Phase 21	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase 31-33	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase 41-53	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. **Frage:** Für die genannten Einflussfaktoren für den Bereich "Betrieb":

*

Auf einer Skala von 1 bis 3, wie viel Priorität wurde diesen Faktoren in den verschiedenen Entwurfsphasen zugewiesen?

Bereich Betrieb	SIA Phasen					
	Rahmenbedingungen	Strategische Planung	21 Vorstudien	31-33 Projektierung	41-53 Ausschreibung Realisierung	6 Bewirtschaftung
Geeignete politische Rahmenbedingungen schaffen:						
- Verdichtetes Bauen mit hoher Ausnützung fördern	X					
- Regionale Energieplanung fördern	X					
- Erneuerbare Energien fördern	X					
Bedarf senken durch Massnahmen wie:						
- Entscheid, ob Umbau oder Abbruch und Neubau unter Berücksichtigung der Betriebsenergie		X	X			
- Niedrige Gebäudehüllzahl, kompakte beheizte Volumen			X	X		
- Vermeidung eines Kühlenergiebedarfs durch optimierten Fensterflächenanteil, sommerlichen Wärmeschutz, Grünflächen		X	X	X		
- Optimale Tageslichtnutzung, hohe solare Gewinne			X	X		
- Gut wärmedämmende Gebäudehülle			X	X		
- Wenig Wärmebrücken (keine schweren Fassadenelemente, Balkone abgestellt)				X		
- Gut strukturierte Grundrisse, konzentrierte Nasszonen			X	X		
- Durchgängige Schächte und zugängliche Medienführung			X	X		
Bedarf optimal decken durch Massnahmen wie:						
- Grosser Anteil an erneuerbaren Energien			X	X		
- Erneuerbare Energie am Standort nutzen			X	X		
- Abwärme mittels Wärmerückgewinnung nutzen				X	X	
- Einfache und effiziente Betriebssysteme				X	X	
- Energieeffiziente Beleuchtung				X	X	
- Energieeffiziente Geräte mit Energieetikette					X	
Qualitätssicherung:						
- Planung, Ausführung, Betrieb auf Zielerreichung prüfen				X	X	X
- Inbetriebnahme und Optimierung der Gebäudetechnik-Systeme, Benutzerinstruktion					X	X

Quelle: SIA 2040, Copyright © 2017 by SIA Zurich

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	1	2	3
Phase 21	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase 31-33	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase 41-53	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phase 6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

BIM BASIERTE PROJEKTTABLAUF

Die Abbildung, die Teil der SIA-Norm 2051 Building Information Modelling (BIM) - Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode" ist, ermöglicht ein recht unmittelbares Verständnis der Vorteile, die der Datenfluss ermöglicht.

Zitat aus der Norm:

"Die BIM-Methode nutzt in ihren Prozessen Datenmodelle.

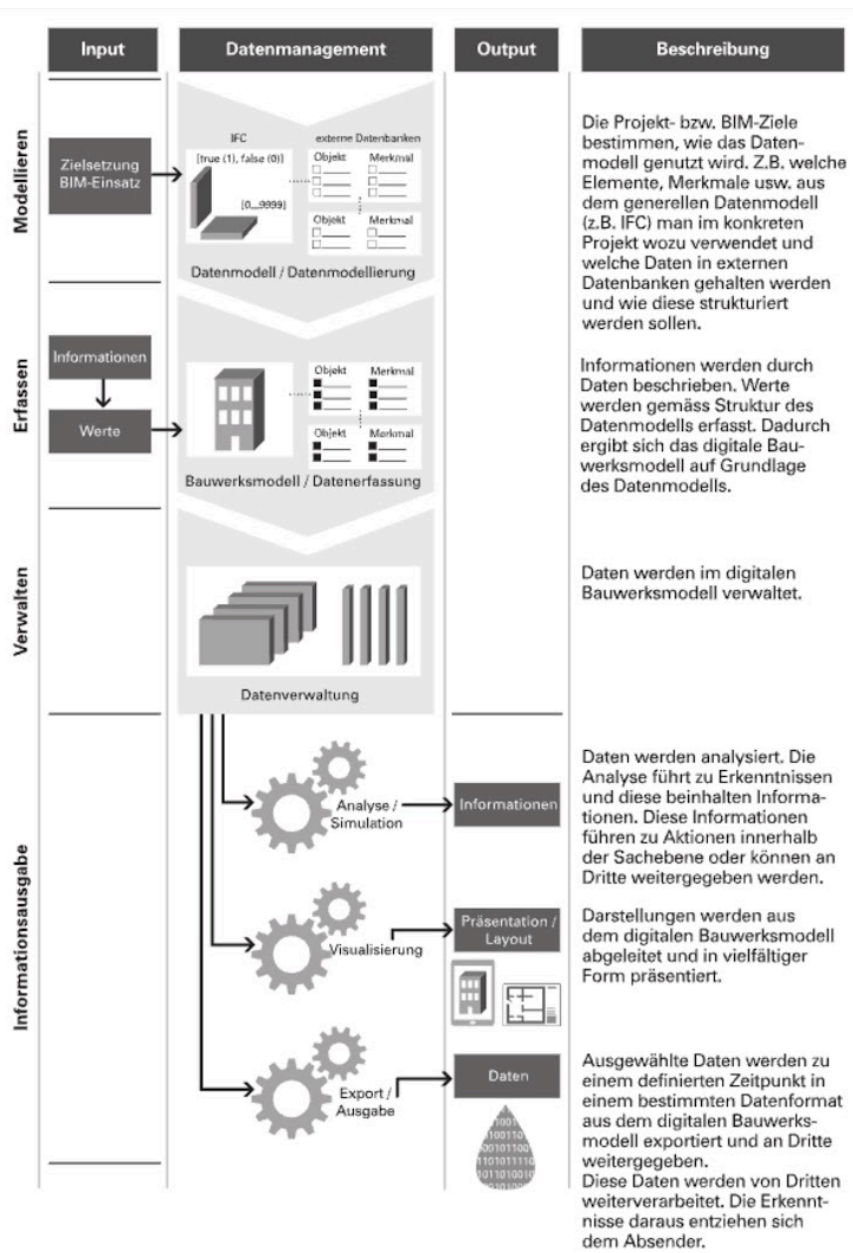
Diese werden mit Daten bestückt, wo- durch digitale Bauwerksmodelle entstehen. Mit diesen können Analysen erstellt, Simulationen durchgeführt und damit Informationen gewonnen werden.

Weiter können Darstellungen und Produkte abgeleitet oder ausgewählte Daten in bestimmten Dateiformaten an Dritte weitergegeben werden"

Dank des dargestellten Datenflusses ist es möglich, Visualisierungen zu realisieren, die logischerweise von der Messbarkeit der entsprechenden Werte abhängen.

Diese Visualisierungen können eine effiziente Entscheidungsfindung für sensible Themen der nachhaltigen Planung ermöglichen.

SIA 2051: Vom Datenmodell über das digitale Bauwerksmodell zur Datenweitergabe



Quelle: SIA 2051, Copyright © 2017 by SIA Zurich

5. **Frage:** Wie hoch schätzen Sie auf einer Skala von 1 bis 3 das Potenzial dieser Methode ein, bessere und effizientere Entscheidungen für eine nachhaltige Planung zu treffen? *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- 1
 2
 3

RÜCKBLICK und SCHLUSSFRAGE

Bislang können wir die folgenden Schlussfolgerungen festhalten:

- Projekte, die als "nachhaltig" definiert werden, müssen "messbare" Anforderungen erfüllen, wie z.B. die im SIA 2040 Merkblatt angegebenen Referenzwerte, und sie sollten Gestaltungsrichtlinien befolgen.
- Die BIM-Methodik kann die Strukturierung von Daten, deren Sammlung und die Auswertung von Werten ermöglichen, die die nachhaltige Planung eines Gebäudes effizienter machen können.

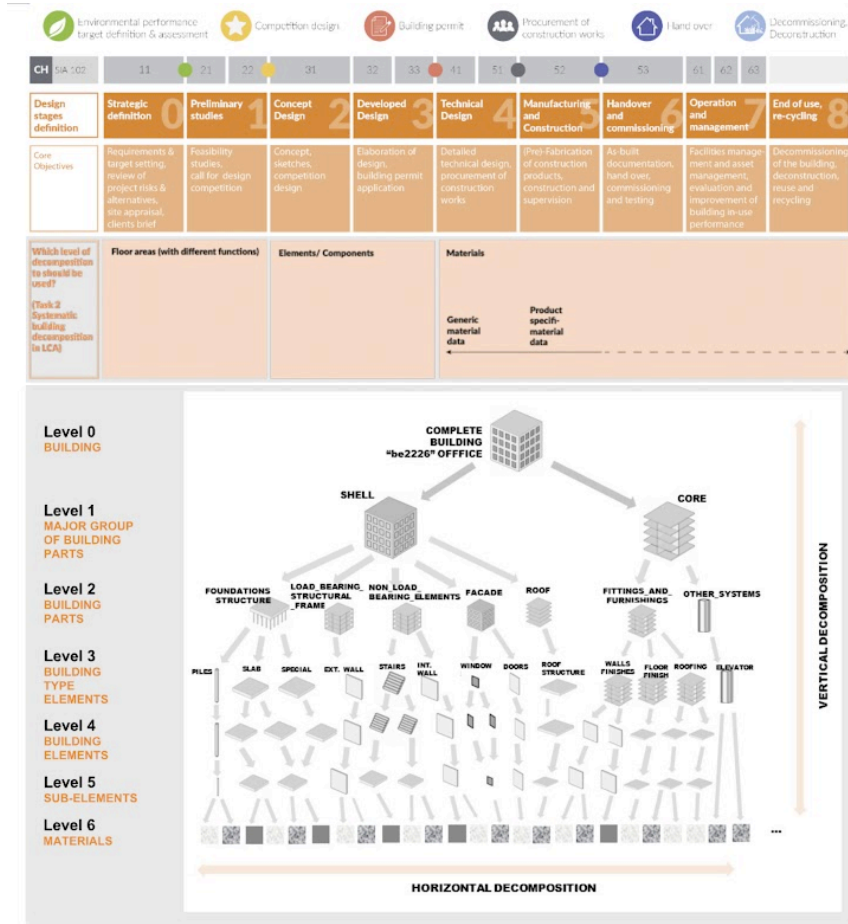
Die letzte Frage dieses Interviews fasst die beiden eben erwähnten Konzepte zusammen, nämlich:

Die Notwendigkeit, messbare Werte zu bewerten und zu vergleichen, die eine Bewertung durch Datenvisualisierungen auf der Grundlage des digitalen Bauwerksmodells ermöglicht.

6. Die Ökobilanz eines Gebäudes konzentriert sich auf die CO₂-Gehaltswerte der einzelnen Gebäudeelemente. Für eine effiziente Bewertung werden die gemessenen Werte mit zunehmender Planungsebene immer genauer. Aus der beigefügten Abbildung lassen sich 2 Themen ableiten:

- ein Schema für die Dekomposition eines Gebäudes in Bauelemente/Materialien.
- ein Ansatz, der definiert, welcher Grad der Dekomposition welcher Planungsphase zugeordnet wird.

Frage: Für eine sinnvolle Bewertung; welches Bauelement/Material würden Sie in welcher Planungsphase bewerten?



Quelle: Soust-Verdaguer et al., 2020, Passer et al. - 2023 - Guidelines for design decision-makers

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	Phase 21-22	Phase 31-33	Phase 41-53
Energiebezugsfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Raum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundament	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wandkostruktion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stütze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Decken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Treppe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elektro-Schaltschrank	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elektro-Verteilungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leuchte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Heizzentrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmehauptverteilung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmetechnische Anlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wassertechnische Anlage Armatur, Apparat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungszentrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Luftabgabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungskanal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GIS Wand Installationselement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lift	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Äussere Wandbekleidung (unter Terrain)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fassadebekleidung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Systemfassade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aussentür	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonnenschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nicht tragende Innenwände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterlagsboden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abgehängte Decke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geländer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betonsorte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzsorten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dämmstoffe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deckenbekleidungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bödenbeläge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

AUSBLICK

Diese Interviews bilden die Grundlage für einen Wissens- und Bewusstseinsfundus, der für die folgenden Zwecke genutzt werden kann:

- Wissensbasis für die Erstellung Modellierungsrichtlinien Prototyp

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme.

Dieser Inhalt wurde nicht von Google erstellt und wird von Google auch nicht unterstützt.

Google Formulare

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Umfrage

Student: Roberto Arrivabeni

Titel Masterthesis: Konsolidierung und Implementierung der Entscheidungsprozesse für eine nachhaltige Gebäudeplanung durch den Einsatz digitaler Werkzeuge.

Interview mit: Berater Nachhaltigkeit Erweiterungsprojekt des Handelschule KV (Kaufmännischer Verband), Basel

Datum: Januar 2024

Dauert: 30 min.

Ort: Online

* **Gibt eine erforderliche Frage an**

Einwilligungserklärung



1. In diese Umfrage geht es um das Thema "Konsolidierung und Implementierung der Entscheidungsprozesse für eine nachhaltige Gebäudeplanung durch den Einsatz digitaler Werkzeuge." *

Die Teilnahme an der Umfrage ist freiwillig und benötigt keine Registrierung. Ausserdem werden keine Kontaktdaten oder Namen erfasst.

Rückschlüsse auf die Personen, die den Fragebogen ausfüllen, sind nicht möglich.

Zur Ausübung deiner Rechte (Auskunft, Korrektur, Löschung, Widerruf, etc.) oder Fragen zur Umfrage kannst du mich unter roberto.arrivabeni@students.fhnw.ch kontaktieren.

Markieren Sie nur ein Oval.

Ich willige ein und möchte an der Umfrage teilnehmen

EINLEITUNG

Ausgangslage

Die für das Erweiterungsprojekt des Handelschule KV in Basel (ab jetzt KV Basel) definierten Ziele für eine nachhaltige Planung lauten:

- Die Reduktion der grauen Energie beim Bau (Ökobilanz)
- Die Reduktion der Emissionen im Betrieb (Energiebilanz)
- die Wiederverwendung bestehender Baustoffe

Ziel und Zweck

Die Ziele dieses Interviews sind wie folgt:

- Kenntnis der während der Zusammenarbeit verwendeten digitalen Werkzeuge, mit Ausnahme derjenigen für die SNBS-Zertifizierung
- Kenntnis der BIM-Methodik zur Auswertung und Visualisierung von Daten auf der Grundlage des digitalen Bauwerksmodells
- Idealer Ansatz für die Auswahl der zu bewertenden Bauteile in Bezug auf die Planungsphase

Gliederung Interview

- Einsteigfrage
- BIM Basierter Projektablauf Methode
- Schlussfrage
- Ausblick

EINSTEIGFRAGEN

Mit die Einstiegsfragen wollen wir die Methodik der Zusammenarbeit zwischen dem Planungsteam und dem Nachhaltigkeitsberater besser verstehen.

2. Im Rahmen des SNBS-Zertifizierungsverfahrens werden verschiedene Werkzeuge eingesetzt, die nicht auf dem Digitalen Bauwerksmodell basieren. *

Frage: Haben Sie für Ihre Beratung und Zusammenarbeit im Projekt "KV Basel" Bewertungsinstrumente (Digitale Werkzeuge) verwendet, die auf dem Digitalen Bauwerksmodell basieren?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- Ja
 Nein

3. Wenn **JA**, welche?
-

BIM BASIERTE PROJEKtablauf

Die Abbildung, die Teil der SIA-Norm 2051 Building Information Modelling (BIM) - Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode" ist, ermöglicht ein recht unmittelbares Verständnis der Vorteile, die der Datenfluss ermöglicht.

Zitat aus der Norm:

"Die BIM-Methode nutzt in ihren Prozessen Datenmodelle.

Diese

werden mit Daten bestückt, wo- durch digitale Bauwerksmodelle entstehen. Mit diesen können Analysen erstellt, Simulationen durchgeführt und damit Informationen gewonnen werden.

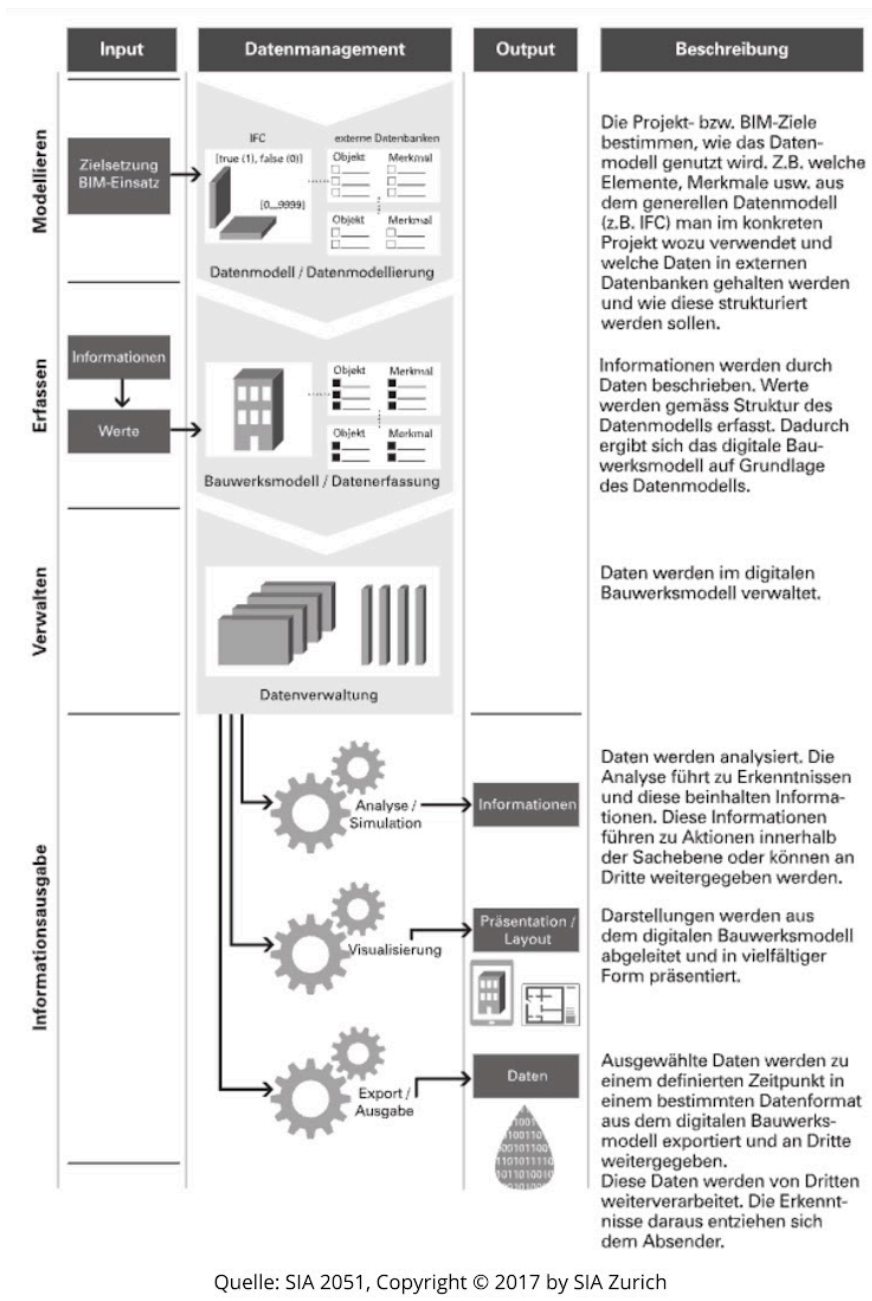
Weiter

können Darstellungen und Produkte abgeleitet oder ausgewählte Daten in bestimmten Dateiformaten an Dritte weitergegeben werden"

Dank

des dargestellten Datenflusses ist es möglich, Visualisierungen zu realisieren, die logischerweise von der Messbarkeit der entsprechenden Werte abhängen.

Diese Visualisierungen können eine effiziente Entscheidungsfindung für sensible Themen der nachhaltigen Planung ermöglichen.



Quelle: SIA 2051, Copyright © 2017 by SIA Zurich

4. **Frage:** Wie hoch schätzen Sie auf einer Skala von 1 bis 3 das Potenzial dieser Methode ein, bessere und effizientere Entscheidungen für eine nachhaltige Planung zu treffen? *

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- 1
- 2
- 3

5. Hier werden verschiedene Ansätze zur Bewertung von LCA-Werten (Life Cycle Assessment) durch die BIM-Methodik vorgestellt. *

Frage: Haben Sie eine dieser Methoden für die LCA-Bewertung des KV Basel-Projekts verwendet?

<p>1 Massen und Mengen Export Im ersten sogenannten Workflow wird aus den BIM-Autorentools ein Volumina/Massen/Mengen-Export (engl. Bill of Materials) exportiert und in die Gebäudeökobilanzsoftware importiert, in welcher die Gebäudeökobilanz erstellt wird, nachdem manuell die Verknüpfung der Ökobilanzdaten durchgeführt wurde</p>	
<p>2 Geometrischer IFC Import Im zweiten Workflow wird das BIM-Modell als „Ganzes“ per geeigneten Dateiaustausch, herstellerneutral oder nativ, in die Gebäudeökobilanzsoftware importiert. Anschließend findet ebenfalls manuell die Verknüpfung der Ökobilanzdatensätze statt</p>	
<p>3 BIM-Werkzeuge zur Verknüpfung der LCA Datensätze Im dritten Workflow wird das BIM-Modell zuerst in ein BIM-Informationsmanagementtool übergeben, in welchem die Ökobilanzdatensätze den Bauteilen und Materialien zugeordnet werden. Danach findet eine weitere Übergabe in die Gebäudeökobilanzsoftware statt, mit der die Berechnung i. d. R. automatisiert, erfolgen kann</p>	
<p>4 LCA plugin für BIM-Software Im vierten Workflow wird über ein Plugin innerhalb der BIM-Autorentools die Ökobilanz direkt durchgeführt. Je nach Software und Plugin wird dabei ermöglicht die Verknüpfung mit den Bauteilen und Materialien weitestgehend (teil-)auto-matisiert durchzuführen</p>	
<p>5 Mit LCA-Datensatzinformationen angereicherte BIM-Objekte Im fünften Workflow wird die Strategie verfolgt die Ökobilanzinformationen in BIM Objekte bzw. Bibliotheken der BIM-Autorentools zu integrieren. Dadurch kann die Verknüpfung ebenfalls der Bauteile und Materialien nahezu vollständig automatisiert, entweder mithilfe eines Plugins oder nach Dateixport in eine Gebäudeökobilanzsoftware, erfolgen</p>	

Quelle: N. Bartels et al., Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen

Markieren Sie nur ein Oval.

JA

NEIN

6. Wenn **JA**, welche?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

7. Wenn **NEIN**, Welche Methode wäre Ihrer Meinung nach am wirksamsten und effizientesten?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

8. Hier werden verschiedene Methoden zur Erstellung des Materielle Gebäudepass (MGP) vorgestellt. *

Frage: Haben Sie eine dieser Methoden für das Projekt KV Basel verwendet?

<p>1 Massen und Mengen Export In diesem Workflow können die Informationen zu Mengen und Massen sowie Materialinformationen aus einem BIM Modell exportiert und anschließend in die MGP Software importiert werden. Die MGP Software nimmt basierend auf den importierten Informationen eine Zuordnung mit hinterlegten bzw. verlinkten Datenbanken vor, um die Zirkularität und weitere Aussagen, z. B. zum finanziellen Wert bei Wiederverwendung oder Recycling, berechnen zu können</p>	
<p>2 Geometrischer IFC Import Bei dem zweiten Workflow wird ein IFC-Import in die zugehörige MGP Software getätigt. Bei der Modellierung gilt es bestimmte Anforderungen zu beachten. Beispielsweise in puncto Klassifizierungsmethode gemäß DIN 276, damit eine Verortung der Materialien durchgeführt werden kann. Weiterhin ist es essenziell Materialinformationen zu integrieren, damit weitestgehend automatisierte Materialverknüpfungen zu Datensätzen der Zirkularität mit den BIM Objekten durchgeführt werden können</p>	
<p>3 BIM-Werkzeuge zur Verknüpfung der MGP Datensätze Dieser Workflow sieht vor, dass während der Modellierung in der BIM Software, Informationen bzw. Links aus einer vorgefertigten Bibliothek genutzt werden. Über ein Datenaustausch, z. B. per IFC, kann optional in einem Informationsmanagementtool geprüft werden, ob beispielsweise alle Informationen aus der vorgefertigten Bibliothek korrekt verwendet wurden. Danach wird ein Datenaustausch mit der zugehörigen MGP Software durchgeführt. Diese erkennt neben den Mengen und Massen auch Informationen aus den vorfertigten BIM Objekten, z. B. über einen Globally Unique Identifier, und gleicht diese mit hinterlegten MGP-Datenbank ab, um Bewertungen hinsichtlich Zirkularität durchzuführen. Anschließend können Ergebnisse des MGP im Modell visualisiert und/oder als PDF-Datei bereitgestellt werden</p>	

Quelle: N. Bartels et al., Anwendung der BIM-Methode im nachhaltigen Bauen

Markieren Sie nur ein Oval.

JA

NEIN

9. Wenn **JA**, welche?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- 1
- 2 (Ersatz DIN 276 mit eBKP-H)
- 3

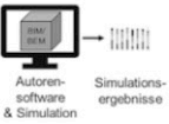
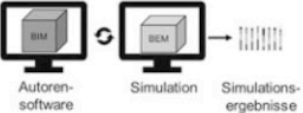
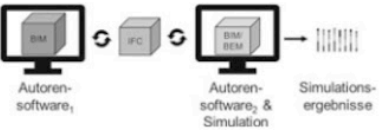

10. Wenn **NEIN**, Welche Methode wäre Ihrer Meinung nach am wirksamsten und effizientesten?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

- 1
- 2 (Ersatz DIN 276 mit eBKP-H)
- 3

11. Hier werden verschiedene BIM-Methoden zur Durchführung der Simulationen (z. B. Energie, Wärme, Akustik) vorgestellt.

Frage: Haben Sie eine dieser Methoden für das Projekt KV Basel verwendet?

<p>1 Simulation im Autorensystem (closed BIM Einsatzmethode) In diesem Beispiel wird die Simulation im Autorensystem durchgeführt. Hierbei werden die relevanten Informationen direkt vom nativen Modell verwendet. Dieser Workflow ist bisher nur für simple, meist statische Simulationen möglich, da die gängigen Autorensysteme (noch) nicht derartige Funktionen implementiert und gemäß nationaler Standards definiert haben. Die Ergebnisse werden bei diesem Ansatz direkt im BIM-Modell abgespeichert und basierend darauf werden die Ergebnisse generiert</p>	
<p>2 Simulation innerhalb der Software-Umgebung des Autorensystems (closed BIM Einsatzmethode) Das BIM-Modell wird innerhalb der (meist proprietären) Software-Umgebung zu einem BEM-Modell umgewandelt und in einem speziell für diese Schnittstelle ausgelegten Werkzeug für die Simulation verwendet. Das BEM-Modell stellt in diesem Zusammenhang eine für den jeweiligen Anwendungsfall spezialisierte Interpretation des BIM-Modells dar. Dieser Workflow erlaubt meist komplexere, ebenfalls dynamische Simulationen. Die Ergebnisse werden bei diesem Ansatz aus dem BEM-Modell generiert und können bei entsprechender Implementierung in das BIM-Modell zurückgeführt werden</p>	
<p>3 Simulation mit einem nicht proprietären Simulationswerkzeug (big open BIM Einsatzmethode) Dieser Workflow sieht vor, dass auf Grundlage des nativen Modells des ersten Autorensystems ein Datenaustausch zu einem herstellerunabhängigen zweiten Autorensystem und damit verbundenen Simulationswerkzeug mithilfe des IFC-Modells etabliert wird. Hierbei müssen zwei Transformationsvorgänge für einen erfolgreichen Austausch beherrscht werden. Die Ergebnisse werden hierbei vom Simulationswerkzeug auf Basis des BEM Modells generiert und müssen für eine Integration im BIM Modell des ersten Autorensystem speziell konfiguriert werden</p>	
<p>4 Simulation mit einem Autorensystem unabhängigen Simulationswerkzeug (big open BIM Einsatzmethode) Dieser Workflow ist vergleichsweise identisch zu Workflow 3, hierbei wird jedoch zusätzlich nach dem zweiten Autorensystem eine weitere Schnittstelle zu einem weiteren unabhängigen Simulationswerkzeug integriert. Innerhalb dieser Schnittstelle könnten weitere, für die Abbildung von BEM-Modellen, spezialisierte Austauschformate (in Ergänzung zum IFC-Modell) integriert werden</p>	

Markieren Sie nur ein Oval.

JA

NEIN

12. Wenn **JA**, welche?

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.

1

2

3

4

13. Wenn **NEIN**, Welche Methode wäre Ihrer Meinung nach am wirksamsten und effizientesten?

Markieren Sie nur ein Oval.

1

2

3

4

RÜCKBLICK und SCHLUSSFRAGE

Bislang können wir die folgenden Schlussfolgerungen festhalten:

- Welche modellbasierten digitalen Werkzeuge wurden verwendet.
- Die BIM-Methodik kann die Strukturierung von Daten, deren Sammlung und die Auswertung von Werten ermöglichen, die die nachhaltige Planung eines Gebäudes effizienter machen können.
- Welche Methoden wurden verwendet oder werden als die effizientesten bewertet

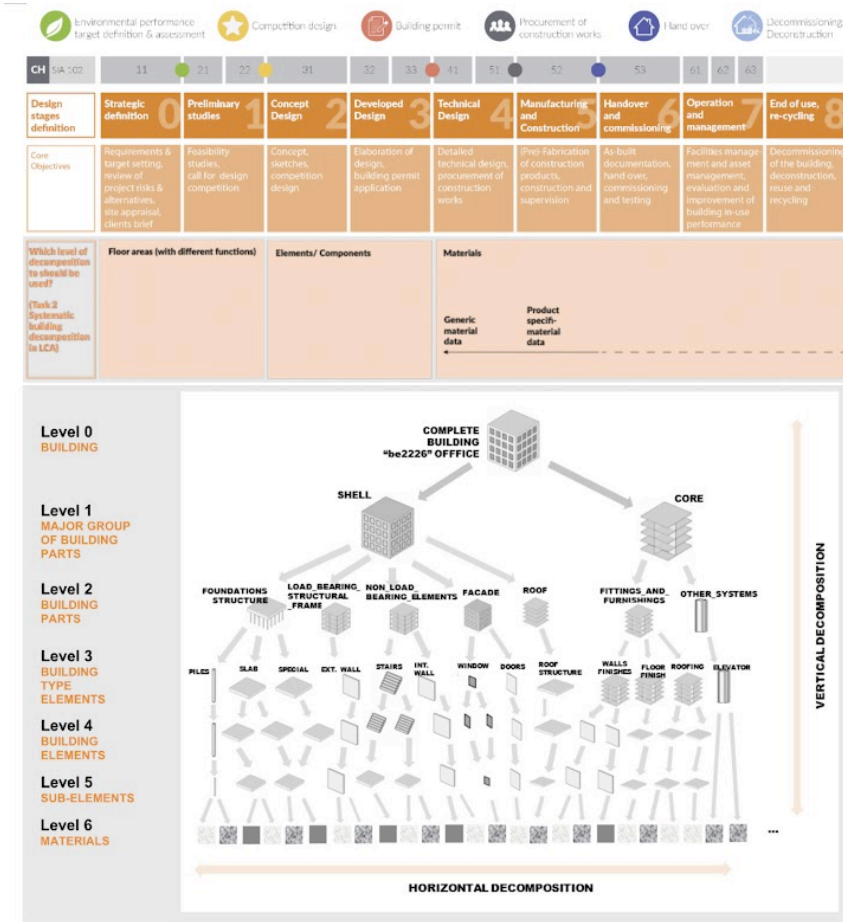
In Bezug auf die Lebenszyklusanalyse (LCA);

Die letzte Frage zielt darauf ab, aus der Sicht des Nachhaltigkeitsberaters zu untersuchen, welche Bauteile/Bauelement in jeder Planungsphase sinnvollerweise bewertet werden sollten.

14. Die Ökobilanz eines Gebäudes konzentriert sich auf die CO₂-Gehaltswerte der einzelnen Gebäudeelemente. Für eine effiziente Bewertung werden die gemessenen Werte mit zunehmender Planungsebene immer genauer. Aus der beigefügten Abbildung lassen sich 2 Themen ableiten:

- ein Schema für die Dekomposition eines Gebäudes in Bauelemente/Materialien.
- ein Ansatz, der definiert, welcher Grad der Dekomposition welcher Planungsphase zugeordnet wird.

Frage: Für eine sinnvolle Bewertung; welches Bauelement/Material würden Sie in welcher Planungsphase bewerten?



Quelle: Soust-Verdaguer et al., 2020, Passer et al. - 2023 - Guidelines for design decision-makers

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	Phase 21-22	Phase 31-33	Phase 41-53
Energiebezugsfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Raum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundament	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wandkonstruktion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stütze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Decken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Treppe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elektro-Schaltschrank	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elektro-Verteileitungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leuchte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Heizzentrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmehauptverteilung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmetechnische Anlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wassertechnische Anlage Armatur, Apparat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungszentrale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Luftabgabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungskanal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GIS Wand Installationselement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lift	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Äussere Wandbekleidung (unter Terrain)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fassadebekleidung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Systemfassade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aussentür	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonnenschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nicht tragende Innenwände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterlagsboden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abgehängte Decke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geländer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betonsorte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzsorten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dämmstoffe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deckenbekleidungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bödenbeläge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

AUSBLICK

Diese Interviews bilden die Grundlage für einen Wissens- und Bewusstseinsfundus, der für die folgenden Zwecke genutzt werden kann:

- Wissensbasis für die Erstellung Modellierungsrichtlinien Prototyp

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme.

Dieser Inhalt wurde nicht von Google erstellt und wird von Google auch nicht unterstützt.

Google Formulare

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction (MSc FHNW VDC)

Verzeichnis verwendete Hilfsmittel

Assistenzsystem	Teile / Stelle(n) in der Arbeit	Art des Einsatzes
Research Gate	Vorrecherche und Recherche Gesamte Arbeit	Suchmaschine für wissenschaftliche Literatur und Quelle (Online)
IFC Documentation - bSI	Kapitel 4 Konzept	Suche nach IFC-Attribut-Informationen
Swisscovery FHNW	Kapitel 2 Literaturrecherche	Suchmaschine für wissenschaftliche Literatur (Bücher)
SNV standards connect the world	Kapitel 2 Literaturrecherche	SIA- und SN-Normen verwenden und herunterladen
Google FORMS	Kapitel 3 Umfrage	Benutzung von Anfrageformularen (Online)
MIRO	Gesamte Arbeit	Erstellung Grafiken
Software BIMQ	Kapitel 5 Validation	Test Validation
Software Revit + AIA Editor	Kapitel 5 Validation	Test Validation
Software Solibri	Kapitel 5 Validation	Test Validation
Vogt Text-Christoph Vogt	Gesamte Arbeit	Lektorat
Vogt Text-Christoph Vogt	Gesamte Arbeit	Plagiatcheck
DeepL	Abschnitt 2.3.5. S. 23	Übersetzung des Quellentitels NL>DE
DeepL	Abschnitt 4.3.3. S 48-51	Übersetzung der Beschreibungen von bSI- Doc ENG>DE
DeepL	Abstract ENG	Partielle Übersetzung DE>ENG