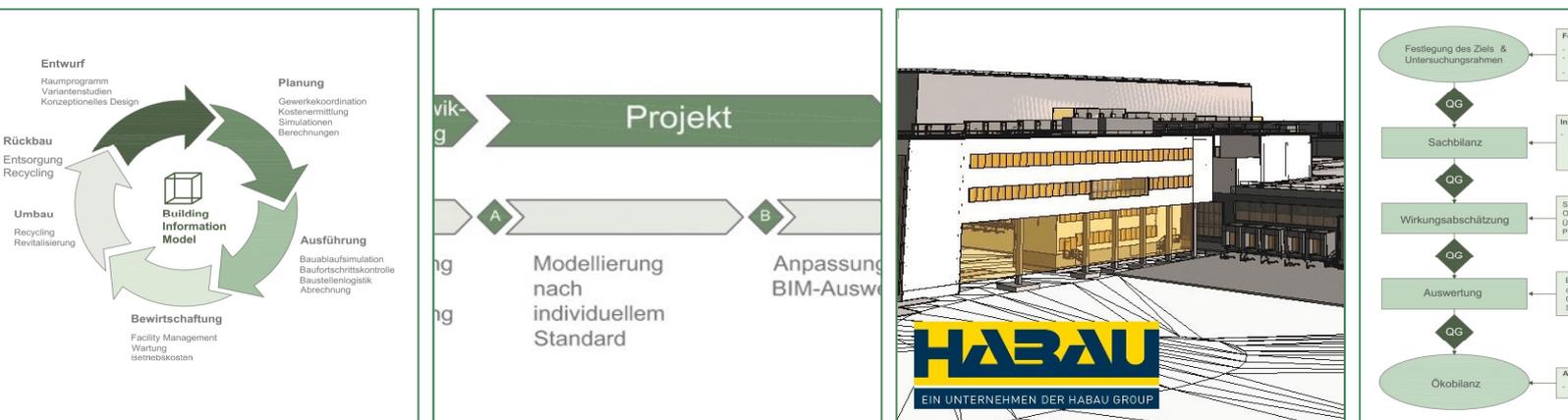


MASTERARBEIT



BUILDING INFORMATION MODELING ALS WERKZEUG LEBENSZYKLUS-ORIENTIERTEN PLANENS UND BAUENS

Dipl.-Ing. Lechner Regina

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Externer Mitarbeiter
DDipl.-Ing. Dr.techn. Johannes Wall

Dipl.-Ing. Irene Hauer-Karl

Graz am 03. Juni 2019



Dipl.-Ing. Regina Lechner

Building Information Modeling als Werkzeug lebenszyklusorientierten Planens und Bauens

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen - Bauingenieurwissenschaften

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,
date
(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler und Herrn DDipl.-Ing. Dr.techn. Johannes Wall. Weiters bedanke ich mich bei Frau Dipl.-Ing. Irene Hauer-Karl für die Unterstützung durch die Firma HABAU.

Danke für das großartige Engagement!

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte. Vor allem meiner Mutter und Martin möchte ich für ihre unglaubliche Unterstützung danken, ohne sie wäre es nicht möglich gewesen, die nötige Zeit aufzuwenden, um die gegenständliche Arbeit zu schreiben.

Ein besonderer Dank gilt auch Karin, die ihr Leben lang für mich da war: Du warst ein ganz besonderer Mensch, den ich für immer vermissen werde!

Leonding, am 03.06.2019

(Unterschrift des Studierenden)

Kurzfassung

Nachhaltigkeit ist ein immer wichtiger werdendes Thema, da die Folgen der voranschreitenden Umweltverschmutzung und des Klimawandels bereits sichtbar sind. Vor allem der Baubranche wird, durch die Langlebigkeit von Gebäuden und den enormen Emissionen, die sie verursacht, eine besondere Stellung hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung zugesprochen. Um den Nachhaltigkeitsgedanken quantifizieren zu können, ist es notwendig die drei Bewertungsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziokultur zu betrachten. Damit die durch die Bewertungsqualitäten sichtbarwerdenden, potenziellen Umweltwirkungen messbar und vergleichbar werden, bedarf es Hilfsmittel, die in Gebäudezertifizierungen gebündelt werden. Zu diesen Hilfsmitteln zählen Ökobilanzen, Lebenszyklusrechnungen, Simulationen, Messungen, etc.

Vor allem das Erstellen der Ökobilanz ist in der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden ein wichtiger Bestandteil. Die Ermittlungen der dafür benötigten Daten sind mit hohem Aufwand und hohen Kosten verbunden. Um diese Aspekte zu verringern, bedingt es Prozessoptimierungen, die durch die Weiterentwicklung des Planungs- und Bauprozesses anhand von Building Information Modeling (BIM) möglich werden.

Durch das Anwenden der BIM-Methode können Informationen durchgängig und verlustfrei anhand eines digitalen Informationsmodells über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks genutzt werden.

Die gegenständliche Masterarbeit beschäftigt sich mit dem praktischen Anwendungsfall der Nutzung eines BIM-Modells für den Zweck der Erstellung einer Ökobilanz, um den gesamtheitlichen Prozess der Ökobilanzierung transparenter, nachvollziehbarer und effizienter zu gestalten. Die Ermittlung der Ökobilanz beruht auf dem ÖGNI-Nachhaltigkeitszertifikat.

Abstract

Sustainability becomes more and more important as the consequences of rising pollution and climate change are already visible. The construction industry in particular plays an important role regarding sustainable development due to the longevity of buildings and the enormous emissions that cause. In order to be able to quantify the concept of sustainability, it is necessary to consider the three evaluation dimensions of ecology, economics and socioculture. In order for potential environmental impacts to become visible through evaluation criteria, certain means have to be applied in building certifications. Aids must be bundled in building certifications. These auxiliary instruments include eco-balances, life-cycle calculations, simulations, measurements, and more. Above all, the compilation of the LCA is an important component in the sustainability assessment of buildings. The investigation of the data required for this demands high effort and high costs. To reduce these issues, it requires process optimization that can be achieved through the advancement of the design and construction process through Building Information Modeling (BIM). By applying the BIM method, information can be used consistently and without loss through a digital information model over the life cycle of a building. The present master's thesis deals with the practical application of the use of a BIM-Model for the purpose of creating a life cycle assessment in order to make the holistic process of eco-balancing more transparent, comprehensible and efficient. The results of the life cycle assessment are based on the ÖGNI Sustainability Certificate.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Situationsanalyse	1
1.2	Zielsetzung	1
1.3	Methodische Vorgehensweise	2
1.4	Aufbau der Arbeit.....	3
2	Grundlagen lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen	5
2.1	Definition von Nachhaltigkeit.....	5
2.2	Geschichte der Nachhaltigkeit	6
2.2.1	Begriffsentstehung	6
2.2.2	Entwicklung im 20. Jahrhundert.....	6
2.3	Grundpfeiler der Nachhaltigkeit.....	9
2.3.1	Schutzgüter und Schutzziele der Nachhaltigkeit.....	9
2.4	Prinzipien des nachhaltigen Bauens	10
2.5	Die einzelnen Dimensionen und Qualitäten des nachhaltigen Bauens	12
2.5.1	Ökologische Dimension.....	14
2.5.2	Ökonomische Dimension.....	15
2.5.3	Soziokulturelle Dimension	16
2.5.4	Technische Qualitäten.....	16
2.5.5	Prozessqualität.....	16
2.5.6	Standortmerkmale.....	17
2.6	Lebenszyklusbetrachtung	17
2.6.1	Lebenszyklusphasen.....	18
2.7	Gesetzliche Rahmenbedingungen in Österreich für Nachhaltiges Bauen	20
2.7.1	Europäische Vorgaben.....	20
2.7.2	Nationale Vorgaben.....	22
2.7.3	Normen	23
2.8	Hilfsmittel und Werkzeuge für Lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen	27
2.8.1	Zertifizierungssysteme	28
2.8.2	Ökobilanz.....	30
2.8.3	Lebenszykluskostenrechnung	53
2.9	Zwischenfazit des lebenszyklusorientierten Bauens.....	54
3	Grundlagen Building Information Modeling	55
3.1	Integrale Planung	59
3.1.1	Vorteile der integralen Planung	60
3.1.2	Hindernisse der integralen Planung.....	62
3.2	Definition von Building Information Modeling (BIM).....	63
3.2.1	BIM Definition im US-amerikanischen National Building Information Modeling Standard.....	64
3.2.2	BIM Definition im Infopedia des Austrian Standards:.....	65
3.2.3	BIM Definition in der ÖNORM.....	65
3.3	Arbeitsweise mit Building Information Modeling	65
3.4	Vor- und Nachteile der BIM-Methode.....	69
3.4.1	Vorteile für Anwender.....	69
3.4.2	Vorteile für Projekte.....	71
3.4.3	Vorteile für Prozesse	72
3.4.4	Nachteile in der Anwendung.....	74

3.5	Norm	76
3.5.1	ÖNORM A 6241-1	76
3.5.2	ÖNORM A 6241-2	77
3.6	Merkmalsserver	79
3.7	BIM-Klassifizierungen	81
3.7.1	Level of BIM	81
3.7.2	Closed/open/ little/ big BIM	82
3.7.3	LOD/LOI/LOG	84
3.8	Datenaustausch - IFC	85
3.9	Die Einreihung der Nachhaltigkeit im BIM-Prozess	86
3.10	Zwischenfazit zur BIM-Methode	86
4	Anwendungsbeispiel in der Praxis	88
4.1	Entwicklung im Bereich BIM und Nachhaltigkeit	88
4.2	Mögliche Einsatzbereiche der BIM-Methode für die Nachhaltigkeit ...	89
4.2.1	Ökobilanz	89
4.2.2	Lebenszykluskostenberechnung	90
4.2.3	Thermische Simulationen und Tageslichtsimulationen	90
4.2.4	Variantenvergleich	90
4.2.5	Bauphysikalische Berechnungen	90
4.3	Wahl des Anwendungsbeispiels	90
4.4	Mögliche Prozesse für die Ökobilanz	92
4.4.1	Ökobilanzprozess durch den konventionellen Weg ohne BIM-Methode	92
4.4.2	BIM-Prozess für die Ökobilanz als closed-BIM Variante	94
4.4.3	BIM-Prozess für die Ökobilanz als open-BIM Variante	96
4.4.4	Ideal BIM-Prozess für die Ökobilanz - eine Zukunftsperspektive	98
4.5	Durchgeführtes Anwendungsbeispiel	99
4.5.1	Aufgabenstellung	100
4.5.2	Kurzvorstellung ÖGNI-System	102
4.5.3	ÖGNI Ökobilanz	104
4.5.4	Durchgeführter Prozess der ÖGNI-Ökobilanz mittels BIM-Methode	129
5	Zusammenfassung	141
5.1	Resümee zur Ökobilanz	141
5.2	SWOT-Analyse der BIM-gestützten Ökobilanz	141
5.2.1	Chancen (Opportunities)	141
5.2.2	Risiken (Threats)	142
5.2.3	Stärken (Strengths)	142
5.2.4	Schwächen (Weaknesses)	143
5.3	Zukünftige Handlungsfelder	143
A.1	Anhang	145
	Literaturverzeichnis	177

Abbildungsverzeichnis

Bild 1.1	Hermeneutischer Regelkreis	2
Bild 1.2	Gliederung der Masterarbeit.....	4
Bild 2.1	Meilensteine des Nachhaltigkeitsgedankens und der Bewertungsentwicklung.....	8
Bild 2.2	Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit.....	9
Bild 2.3	Die Bewertung und Kommunikation der Nachhaltigkeit.....	12
Bild 2.4	Qualitäten des nachhaltigen Bauens	14
Bild 2.5	Lebenszyklusphasen	19
Bild 2.6	Projektphasenbezogene Änderungsmöglichkeiten der Planung ...	29
Bild 2.7	Ökobilanzprozess.....	32
Bild 2.8	Aufbau der Ökobilanz mit Sachbilanzen und Umweltwirkungen....	33
Bild 2.9	Phasen einer Ökobilanz	35
Bild 2.10	In- und Output-Ströme eines Gebäudelebenszyklus	36
Bild 2.11	In- und Output Prozess von-Stoff- und Energieströmen.....	37
Bild 2.12	Wirkungsindikatoren der Ökobilanz.....	42
Bild 2.13	Prozessbilanz – gate-to-gate-Betrachtung	49
Bild 2.14	Sachbilanz – cradle-to-gate-Betrachtung	49
Bild 2.15	Sachbilanz – cradle-to-grave-Betrachtung	50
Bild 2.16	Prinzip der Wirkungsabschätzung am Beispiel des Treibhauspotenzials	53
Bild 3.1	Informationsverluste der konventionellen Planung durch Schnittstellen der Datenübergabe	56
Bild 3.2	Beeinflussbarkeit der integralen Planung auf die Projektphasen bezogen.....	59
Bild 3.3	Kernaspekte der integralen Planung	60
Bild 3.4	Schritte eines integrativen Planungsprozesses	60
Bild 3.5	BIM Lebenszyklus	63
Bild 3.6	Vergleich des Kosten- und Änderungsaufwandes zwischen BIM und konventioneller Planung	69
Bild 3.7	Phasenbezogener konventioneller Planungsprozess.....	73
Bild 3.8	Phasenbezogene Zeitersparnis eines integralen Planungsprozesses mit BIM	74
Bild 3.9	Aufwand und Nutzen einzelner BIM-Pakete	75
Bild 3.10	BIM-Geschoßentwicklung.....	78
Bild 3.11	Beispielhafter BIM-Workflow	79
Bild 3.12	Merkmalsserver.....	80
Bild 3.13	BIM-Klassifikation - Level of BIM.....	81
Bild 3.14	BIM-Definition: Open-BIM, Closed-BIM, LittleBIM und BigBIM.....	83
Bild 3.15	Level of Development (LOD)	85
Bild 3.16	Einreihung der Nachhaltigkeit im BIM-Prozess	86

Bild 4.1	Informationszusammenführung im konventionellen Ökobilanz-Prozess	93
Bild 4.2	Einordnung des konventionellen Ökobilanz-Prozesses in den Projektphasen	93
Bild 4.3	Informationszusammenführung im Ökobilanz-Prozess mittels closed-BIM	94
Bild 4.4	Einordnung des Ökobilanz-Prozesses mittels closed-BIM in den Projektphasen	95
Bild 4.5	Closed-BIM-Prozess für die Ökobilanzierung.....	96
Bild 4.6	Informationszusammenführung im Ökobilanz-Prozess mittels open-BIM.....	97
Bild 4.7	Einordnung des Ökobilanz-Prozesses mittels open-BIM in den Projektphasen	97
Bild 4.8	Open-BIM-Prozess für die Ökobilanzierung	98
Bild 4.9	Idealer BIM-Prozess für die Ökobilanzierung	99
Bild 4.10	Einordnung der durchgeführten Ökobilanz in die Projektphasen	101
Bild 4.11	ÖGNI Logo	102
Bild 4.12	DGNB Gewichtung der Themenfelder der Systemversion 2018	103
Bild 4.13	Phasen der Ökobilanz	105
Bild 4.14	Prozess der durchgeführten Ökobilanz	130
Bild 4.15	Programmwahl für die durchgeführte Ökobilanz	131
Bild 4.16	Gebäudedatenmodell	132
Bild 4.17	BIM-Viewer - Eigenschaften einer Stütze	133
Bild 4.18	Struktur des IFC-Modells mit den Eigenschaften Material und Typ	133
Bild 4.19	Bauteilinformationen Lage und Geometrie	134
Bild 4.20	Bauteilinformationen Eigenschaften	134
Bild 4.21	Gliederung und Formelerstellung im iTWO	136
Bild 4.22	Gliederung im iTWO	137
Bild 4.23	Die eingegebenen Mengenformeln im iTWO.....	138
Bild 4.24	Zuweisung zur Ökobau.dat.....	138
Bild 4.25	Beispiel zur Zuweisung der Mengen zu den Wirkungsindikatoren	138
Bild 4.26	Beispiel zur Zuweisung Lebenszyklusphasen	139
Bild 4.27	Beispiel zur Zuweisung der Elemente zu den Kostenbereichen..	139

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Schutzgüter und Schutzziele der Nachhaltigkeit im Allgemeinen ..	10
Tabelle 2.2	Schutzgüter und Ziele des nachhaltigen Bauens	13
Tabelle 2.3	ÖNORMEN die der Bewertung von nachhaltigem Bauen dienen ..	23
Tabelle 2.4	Informationen für den Gebäudelebenszyklus mit Angaben der Phasen für die EPD-Erstellung in Anlehnung an die ÖNORM EN 15 978:2012	34
Tabelle 2.5	Unterschiedliche, frei verfügbare Baustoffinformationsplattformen	40
Tabelle 2.6	Beiträge klimarelevanter Gase zum anthropogenen Treibhauseffekt	43
Tabelle 2.7	Verteilung der Wasservorräte der Erde	51
Tabelle 3.1	Konventionelle Arbeitsweise mit getrennter Datenerfassung und -bearbeitung	67
Tabelle 3.2	Integrale Datenerfassung und -bearbeitung	67
Tabelle 3.3	Grundlagen für die Berechnung gebäudebezogener Daten	68
Tabelle 4.1	Vergleich der Nachhaltigkeitswerkzeuge die mit BIM vereinfacht genutzt werden können	91
Tabelle 4.2	Auswahl des Prozesses für das Pilotprojekt.....	100
Tabelle 4.3	Projektdateien	101
Tabelle 4.4	DGNB Zertifizierungsgrade	104
Tabelle 4.5	ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Treibhauspotenzial Version 2009 Neubau Industriebau	111
Tabelle 4.6	ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Ozonschichtabbaupotenzial Version 2009 Industriebau.....	113
Tabelle 4.7	ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Ozonbildungspotenzial Version 2009 Neubau Industriebau.....	116
Tabelle 4.8	ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Versauerungspotenzial Version 2009 Neubau Industriebau.....	119
Tabelle 4.9	ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Überdüngungspotenzial Version 2009 Neubau Industriebau	122
Tabelle 4.10	ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Risiken für die lokale Umwelt Version 2009 Neubau Industriebau.....	125
Tabelle 4.11	ÖGNI Punktevergabe für den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Version 2009 Neubau Industriebau	128
Tabelle 4.12	ÖGNI Punktevergabe für den Primärenergiebedarf erneuerbar Version 2009 Neubau Industriebau	129
Tabelle 4.13	Bauteilkategorien des IFC-Modells.....	132
Tabelle 4.14	Getroffene Annahmen für die Ökobilanz	135

Abkürzungsverzeichnis

AIM	Architects Information Model, Architekturmodell
AP	Acidification Potential, Versauerungspotenzial - Versauerung
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method, großbritannische Gebäudezertifizierung ¹
BRI	Bruttorauminhalt
BSIM	Building Services Information, Haustechnikmodell
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, japanisches Gebäudezertifikat ²
COBie	Construction Operations Building Information Exchange, britischer Standard für Informationsdatensätze des Gebäudebetriebs
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, deutsches Gebäudezertifikat ³
EP	Eudrophierungspotenzial, Eudrophierung - Überdüngung
EPD	Environmental Product Declarations, Umwelt-Produktdeklaration
FIM	Facility Information Model, Integration der Facility Daten in ein digitales Modell
GISCode	Gefahrstoff-Informations-System-Code
GWP	Global Warming Potential, Treibhauspotenzial
HQE	Haute Qualité Environnementale, französisches Gebäudezertifikat ⁴
IBO	Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie 5
IBU	Institut für Bau und Umwelt e.V., Zusammenschluss von Bauproduktherstellern die sich international für nachhaltiges Bauen einsetzen ⁶
IDM	Information Delivery Manual, standardisierte Methodik zur Beschreibung von Informationsanforderungen im Lebenszyklusprozessen
IFC	Industry Foundation Classes, offene Dateiformat für BIM
IFD	International Framework for. Dictionaries, Referenzierungsdatenbank zur Unterstützung der Interoperabilität im Bauwesen
LCA	Life Cycle Assessment, Lebenszyklusanalyse, Ökobilanz
LCC	Life-Cycle-Costing, Lebenszykluskostenrechnung
LCI	Life Cycle Inventory, Sachbilanz
LCIA	Life Cycle Impact Assessment, Wirkungsabschätzung

¹ <https://www.breeam.com/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

² <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/certificationE.htm>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

³ <https://www.dgnb.de/de/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

⁴ <https://www.behqe.com/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

⁵ <https://www.ibo.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

⁶ <https://ibu-epd.com/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

LDM	Lean Design Management
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design, US-amerikanisches Gebäudezertifikat ⁷
LOD	Level of Development oder Level of Detail
LOG	Level of Geometrie
LOI	Level of Information
NGF	Nettogeschossfläche
NIBS	National Building Information Modeling, US-amerikanischen Standard
NIN09	Nutzungsprofil Neubau Industriebau 2009, ÖGNI-Zertifizierung
ODP	Ozone Depletion Potential, Ozonabbaupotenzial - Stratosphärischer Ozonabbau
ÖGNI	Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft, österreichisches Gebäudezertifikat und Pendant zur DGNB ⁸
PCR	Product Category Rules, Produktkategorie-Regeln
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential, Photochemisches Ozonbildungspotenzial, Photooxidantienbildung - Sommersmog
R-Sätze	Risk Phrases, Risiko-Sätze, sind in der Gefahrstoffverordnung bzw. der REACH-Richtlinie aufgelistete Produkte, die besondere Risiken und Gefahren bei ihrer Verwendung bergen
SIM	Structural Information Model, Tragwerksmodell
TQB	Total Quality Bauen, österreichische Gebäudezertifizierung ⁹
TRGS	Technische Regeln für Gefahrenstoffe
UNEP	United Nations Environment Programme, das Umweltprogramm der Vereinten Nationen ¹⁰
UNO	United Nation Organisation, Vereinte Nationen ¹¹
VOC	Volatile Organic Compounds, flüchtige organische Verbindungen
WCED	World Commission on Environment and Development, Weltkommission für Umwelt und Entwicklung ¹²

⁷ <https://new.usgbc.org/leed>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

⁸ <https://www.ogni.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

⁹ <https://www.oegnb.net/tqb.htm>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

¹⁰ <https://www.unenvironment.org/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

¹¹ <https://www.un.org/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

¹² <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

1 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über die gegenständliche Arbeit geschaffen. Es wird dabei die Situationsanalyse, die Zielsetzung, die Methodik und die Gliederung der Arbeit beschrieben.

1.1 Situationsanalyse

Nachhaltigkeit ist eines der zukunftsreichsten Themen der Baubranche, doch leider wird ihre Wichtigkeit unterschätzt. Die stetig mehr belastete Umwelt, die größer werdenden Müllberge, die Verschwendung der Ressourcen und viele weitere negative Auswirkungen auf unseren Lebensraum führen zu Klimawandel, Umweltkatastrophen und zur Zerstörung unserer Welt. Ein bewusster Umgang mit unserer Umwelt ist dringend notwendig, damit auch zukünftige Generationen weiter bestehen können.

Vor allem Bauwerke haben eine beträchtliche Wirkung auf die Umwelt. Durch ihre Langlebigkeit und ihre enormen Stoff- und Energieströme machen sie einen erheblichen Teil der Emissionen aus.

Die Frage, die sich dabei stellt, ist wie können Nachhaltigkeitsziele schneller und einfacher in den Planungs- und Bauprozess integriert werden, um mehr Anklang zu finden? An dieser Stelle setzt Building Information Modeling (BIM) an. Der BIM-Methode liegt die durchgängige und verlustfreie Nutzung eines digitalen Informationsmodells über den gesamten Lebenszyklus zu Grunde. Mit dem Hintergrund der integralen Planung und der frühen Einbeziehung von Fachleuten verschiedener Disziplinen, kann bereits in den ersten Planungsphasen ein Fokus auf den Nachhaltigkeitsgedanken gelegt werden, der gerade zu Projektbeginn sein größtes Optimierungspotenzial besitzt. Building Information Modeling bietet durch seine Durchgängigkeit den Vorteil eines effizienteren Planungsprozesses und dient dazu Fehlerquellen zu verringern.

Die BIM-Methode steht im Moment am Anfang ihrer Entwicklung, doch sie bietet bereits jetzt enorme Vorteile für das nachhaltige Bauen, allerdings wird sie viel zu wenig genutzt. Es ist an der Zeit die konventionellen Planungs- und Bauprozesse zu überdenken und im Sinne eines lebenszyklusorientierten Denkens zu handeln.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit besteht darin, einen Überblick über die Themenbereiche Nachhaltigkeit und Building Information Modeling zu schaffen. Wobei anhand eines Praxisbeispiels die Unterstützung der BIM-Methode für einen Nachhaltigkeitsbereich dargestellt wird. Die Arbeit ist ausschließlich auf den Hochbau bezogen.

Die Arbeit hat primär die Schnittstelle Ökobilanzierung und Building Informationen zum Ziel, weitere für die Umsetzung nachhaltigen Bauens relevante Prozesse im Zusammenhang mit der Anwendung von Gebäudebewertungssystemen sind nicht Ziel der gegenständlichen Arbeit.

1.3 Methodische Vorgehensweise

Basis der vorliegenden Arbeit ist eine zu Beginn erstellte Mindmap, welche durch Brainstorming über die Themenbereiche Nachhaltigkeit und Building Information Modeling entstanden ist. Darauf folgte eine umfassende Internet- und Literaturrecherche als Methode der qualitativen Forschung, deren Erkenntnisse in die Arbeit einfließen, unterstützt durch die Anwendung des hermeneutischen Regelkreises. Dieser basiert auf einem Vorverständnis, welches sich durch Analysen, Recherchen und empirischen Untersuchungen entwickelt hat und zu einer Erkenntniserweiterung führt. Es kommt zu einem erweiterten Vorverständnis, welches sich weiter entwickelt und das Wissen Schritt für Schritt aufbaut. Das Entwickeln der Arbeit wird weiters durch das Systems Engineerings unterstützt.¹³

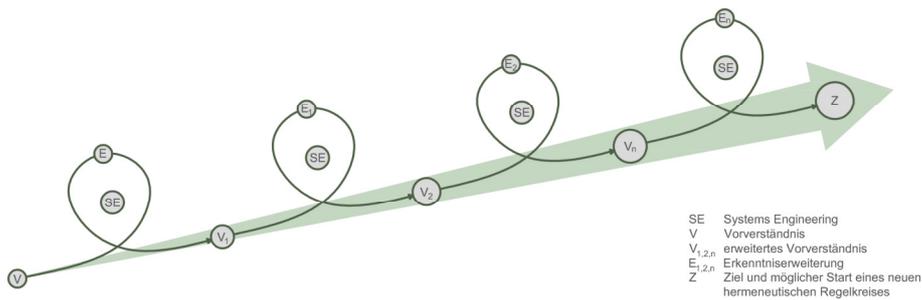


Bild 1.1 Hermeneutischer Regelkreis¹⁴

Um den praktischen Nutzen der Arbeit zu unterstreichen, erfolgte nach Abschluss des theoretischen Teils über lebenszyklusorientiertes Bauen und die Unterstützung durch Building Information Modeling, die Umsetzung einer BIM-gestützten Ökobilanzierung. Diese wurde in Zusammenarbeit mit der österreichischen HABAU GROUP¹⁵, durchgeführt.

Für die vorliegende Arbeit stellten besonders folgende Beiträge eine wichtige Grundlage dar:

¹³ Vgl. WALL, J.: Lebenszyklusorientierte Modellierung von Planungs-, Ausschreibungs- und Vergabeprozessen. Dissertation. S. 7

¹⁴ Abbildung nach Hofstadler, C.: Wissenschaftlichesarbeiten. Präsentation Baubetrieb FS. S. 18

¹⁵ <https://www.habau.at/de>. Datum des Zugriffs: 01.05.2019

- Leitfaden Nachhaltiges Bauen des deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktionssicherheit (BMUB)¹⁶
- Die Themen Reihe GreenBooks von DETAIL¹⁷
- Die Normenreihe: ÖNORM EN ISO 14040, 14044 und ÖNORM EN 15978
- Die Normenreihe: ÖNORM A 6241
- Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis von André Borrmann¹⁸

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in folgende vier Kapitel: Einleitung, Grundlagen lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen, Grundlagen Building Information Modeling und das Anwendungsbeispiel in der Praxis gegliedert.

Die Einleitung gibt einen aktuellen Einblick über den Einsatz von BIM für Prozesse der Nachhaltigkeit in der Praxis, welche Zielsetzung mit dieser Arbeit verbunden ist und welche methodischen Vorgehensweisen für die Erreichung der Zielsetzung angewendet wurden.

Im Kapitel Grundlagen lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen wird beschrieben was Nachhaltigkeit bedeutet, welche geschichtliche Entwicklung die Nachhaltigkeit bis heute genommen hat, welche Prinzipien mit Nachhaltigkeit verbunden sind, warum es wichtig ist den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes zu betrachten, welche Unterschiede in verschiedenen Nationen existieren und welche Hilfsmittel und Werkzeuge für die Erstellung von unterschiedlichen Nachhaltigkeitszertifikaten benützt werden.

Das Kapitel der Grundlagen Building Information Modeling soll zum Verständnis beitragen wie tiefgreifend die Auswirkung auf konventionelle Prozesse des Planens und Bauens durch den Einsatz von BIM ist. Es wird erläutert warum BIM vor allem in Kombination mit der Anwendung von integraler Planung viele Vorteile hat und welche Nachteile bei der Einführung von BIM für die Beteiligten entstehen können. Um BIM anwenden zu können, werden die gängigen Klassifizierungsstandards und Datenaustauschformate beschrieben. In der digitalen Welt des Planen und Bauens wird der Begriff der Nachhaltigkeit häufig als die sechste Dimension (6D) eingereiht.

¹⁶ BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S.

¹⁷ EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. & EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. & KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S.

¹⁸ BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S.

Im praktischen Teil werden die möglichen Einsatzbereiche der BIM-Methode für die Nachhaltigkeit angeführt. Dazu gehören Ökobilanzen, Lebenszykluskostenberechnungen, Simulationen, Variantenvergleiche und bauphysikalische Berechnungen. Anhand einer praktischen Anwendung, in Kooperation mit der Firma HABAU, wurde bei der Erstellung einer Ökobilanz die Umsetzung mit BIM vertieft.

In der Zusammenfassung wird erläutert zu welchen Ergebnissen die Ökobilanz durch die Anwendung von BIM geführt hat und welche zukünftigen Potenziale auf Grund von Standardisierungen mit BIM möglich sind.



Bild 1.2 Gliederung der Masterarbeit

2 Grundlagen lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen des lebenszyklusorientierten Planens und Bauens, dazu zählt die geschichtliche Entwicklung, die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit, sowie Gesetze und Normen und die Instrumente mit deren Unterstützung sich nachhaltiges Bauen umsetzen lässt.

"Eine neue Art von Denken ist notwendig, wenn die Menschheit weiterleben will."

Albert Einstein¹⁹

Die Industrialisierung, sowie der Fortschritt der Technik und der damit einhergehende Wohlstand führt dazu, dass die Menschheit verschwenderischer lebt, ständig mehr Energie benötigt, zu viel Abfall und Treibhausgase produziert und zu viele Ressourcen verbraucht.²⁰ Die Ökosysteme der Erde werden damit enorm belastet. Sie sind für die Regenerierung der Welt verantwortlich und stellen das „natürliche Kapital“ der Erde dar. Eine Studie der Vereinten Nationen zeigt, dass die Nutzung der Ökosysteme, derzeit weltweit zu etwa 60 % nicht nachhaltig sind.²¹ Die Folgen der global voranschreitenden kritischen Veränderung der natürlichen Umwelt sind: der Klimawandel, der Verlust der Biodiversität, das Sinken des Grundwasserspiegels, die übermäßige Flächeninanspruchnahme und die zunehmende Verschlechterung von Luft-, Wasser und Bodenqualität. Ein Umdenken ist notwendig, um auch in Zukunft weiter bestehen zu können und die Lebensqualität kommender Generationen zu sichern.²²

2.1 Definition von Nachhaltigkeit

Eine der gebräuchlichsten Definition des Nachhaltigkeitsbegriffs, geht auf den Brundtland-Bericht der Vereinten Nationen von 1987 zurück. In dem es heißt:

„Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“²³

¹⁹ <https://zitatezumnachdenken.com/albert-einstein/543>. Datum des Zugriffs: 21.05.2019

²⁰ vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 4

²¹ vgl. <https://www.usgbc.org/guide/om>. Datum des Zugriffs: 06.11.2018

²² vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 8

²³ BRUNDTLAND KOMMISSION: Report of the world commission on environment and development: Our common future. Report. S. 16

Dies bedeutet:

„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation zufrieden stellt, ohne zu gefährden, dass die Bedürfnisse zukünftiger Generationen nicht mehr sichergestellt werden können.²⁴

Nachhaltigkeit steht für ökologisches und ökonomisches Handeln, welches der heutigen wie der zukünftigen Generation gleichwertige oder bessere Lebensumstände bietet, indem Ressourcen geschont und deren Fortbestand gesichert werden. Zentrale Aspekte für Nachhaltigkeit sind Umwelt, Wirtschaft und Sozialkulturelles.²⁵

2.2 Geschichte der Nachhaltigkeit

Der folgende Teil behandelt die geschichtliche Entwicklung der Nachhaltigkeit.

2.2.1 Begriffsentstehung

Im 17. Jahrhundert wurde der Begriff der Nachhaltigkeit erstmals in der Forstwirtschaft verwendet. Das Ziel war eine durchgängige, hochwertige Nutzung von Holz zu sichern, in dem die Ressource „Wald“ nachhaltig genutzt wird. Die folgende vier Komponenten sind dabei entscheidend:

- *Langfristig: stetige Erbringung der Wirkungen*
- *Sozialpflichtigkeit: Einschränkung der Nutzungsrechte der Eigentümer im Interesse der Allgemeinheit*
- *Ökonomie: Mitteleinsatz aufgrund des ökonomischen Prinzips*
- *Verantwortung: Verpflichtung des Bewirtschafters gegenüber der Zukunft, Vorsorge²⁶*

2.2.2 Entwicklung im 20. Jahrhundert

Da die internationalen Konferenzen der Vereinten Nationen im 20. Jahrhundert mit dem Begriff „sustainable development“ den Nachhaltigkeitsbegriff zu prägen begannen, gewannen die Themen wie Umweltverschmutzung, Überbevölkerung und schonungsloser Umgang mit Ressourcen mehr an Bedeutung.²⁷

²⁴Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 8

²⁵Vgl. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm. Datum des Zugriffs: 14.10.2018

²⁶KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 8

²⁷Vgl. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/geschichte_748.htm. Datum des Zugriffs: 24.10.2018

Doch erst durch die Energiekrise in den 1970er-Jahren kam es zu einem Umdenken und einem größeren Umweltbewusstsein der Weltbevölkerung. Das Bedürfnis nach einer nachhaltigen Entwicklung, die auch die Baubranche erfasste, wurde stärker.²⁸ Nach der ersten Ölkrise entstanden zahlreiche Umweltinitiativen.²⁹

Ein wichtiger Meilenstein, wie in Bild 2.1 dargestellt, fand 1972 statt. Die im Zuge durch die United Nation Organisation (UNO) durchgeführte weltweite erste Umweltkonferenz in Stockholm. In diesem Jahr wurde auch das Umweltprogramm der Vereinten Nationen, United Nations Environment Programme (UNEP), gegründet.³⁰

In den 1980er-Jahren wurden besonders in Mittel- und Nordeuropa zahlreiche Umweltgesetze, wie beispielsweise zur Energieeinsparung, Mülltrennung und Wasserbewirtschaftung erlassen³¹. Des Weiteren entstanden zahlreiche Untersuchungen und Berichte, die die zukünftige Entwicklung der Umwelt zum Thema hatten. Die bekanntesten sind:

- Der Brandt-Report "Das Überleben sichern. Gemeinsame Interessen der Industrie- und Entwicklungsländer", 1980, untersucht das wirtschaftliche und soziale Ungleichgewicht der Industrie- und Entwicklungsstaaten und zeigt Lösungsvorschläge wie Entwicklungsprobleme und Armut angemessen eingedämmt werden können. Dieser Report gilt bis heute als Wendepunkt in der Entwicklungspolitik.
- Der Bericht Global 2000 „Bericht an den Präsidenten der USA“, 1980, stellt die globale voraussichtliche Veränderung der Bevölkerung, der natürlichen Ressourcen und der Umwelt bis zum Ende des 20. Jahrhunderts dar. Es wurden eine Vielzahl von Zukunftsproblemen analysiert und beschrieben. Der Brundtland-Report „Our Common Future“, von der World Commission on Environment and Development (WCED), 1987, gilt als Meilenstein für die nachhaltige Entwicklung. Er enthält zum ersten Mal den Gedanken, dass die Bedürfnisbefriedigung heutiger Generationen, die Bedürfnisbefriedigung künftiger Generationen nicht gefährden darf.

Im Jahr 1992 fand die größte Gipfelkonferenz des 20. Jahrhunderts statt, die Umweltkonferenz der UNO in Rio de Janeiro. Die Erkenntnis des Weltgipfels war, wenn Armut und Umweltschäden im gleichen Ausmaß bestehen bleiben, kann es keine heile Gesellschaft und Ökonomie geben. Dies führt zu dem gemeinsamen Ziel einer nachhaltigen Entwicklung

²⁸ Vgl. König, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 6

²⁹ Vgl. Ebert, T.; Eßig, N.; Hauser, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 23

³⁰ Vgl. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/geschichte_748.htm. Datum des Zugriffs: 24.10.2018

³¹ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 23

(sustainable development). Grundlage ist die Erfüllung der menschlichen Grundbedürfnisse im Einklang mit der Umwelt für die gesamte Menschheit. Keinem Staat ist es möglich, dies allein in die Wege zu leiten. Um nachhaltige Entwicklung zu leisten, ist ein weltweites Bündnis notwendig.

Nach der Weltkonferenz in Rio de Janeiro wurden zahlreiche Folgekonferenzen abgehalten, die alle eine nachhaltige Entwicklung zum Ziel hatten.³²Ein weiterer Höhepunkt war die UN Klimakonferenz in Kyoto 1997 mit dem Kyoto-Protokoll. Erstmals gab es ein Abkommen der Industriestaaten zur Einhaltung der Reduktion der Treibhausgase, die den Klimawandel zur Folge haben. Erst im Jahr 2005 trat das Kyoto-Protokoll in Kraft und ab 2013 bis 2020 wurde es durch Kyoto II ersetzt.³³

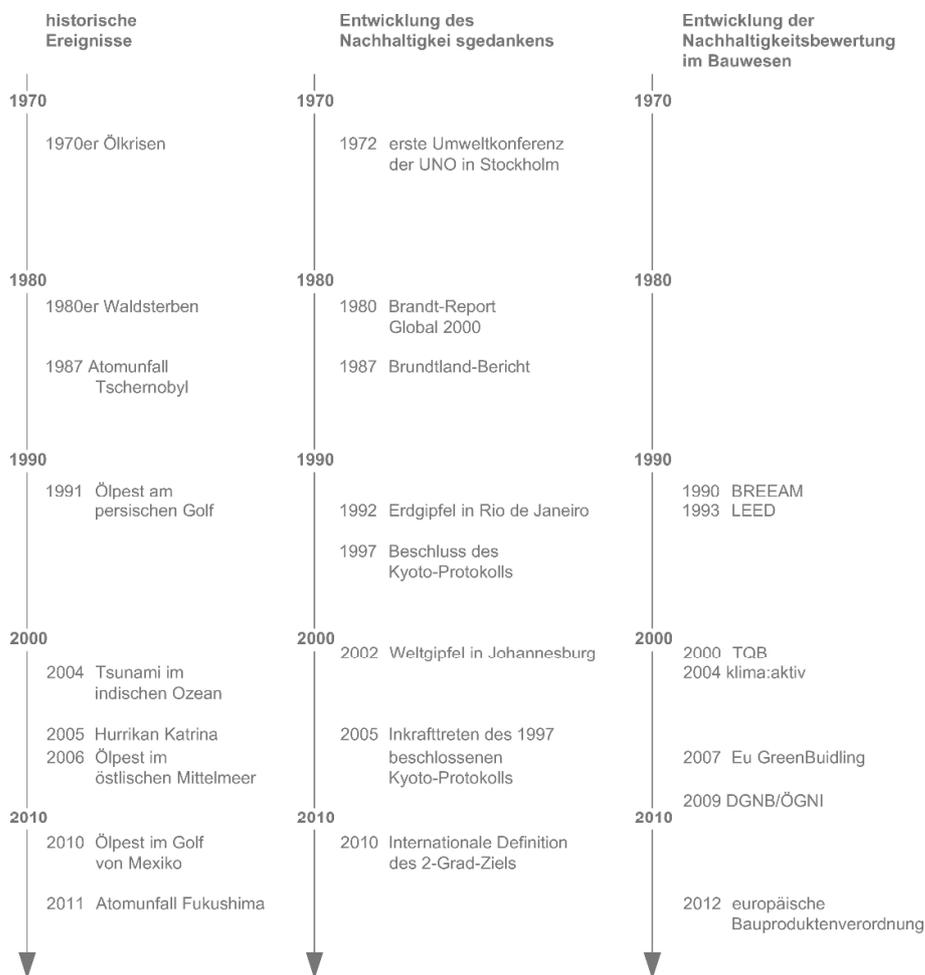


Bild 2.1 Meilensteine des Nachhaltigkeitsgedankens und der Bewertungsentwicklung³⁴

³² Vgl. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/geschichte_748.htm. Datum des Zugriffs: 24.10.2018

³³ Vgl. https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/kyoto_protokoll_1108.htm. Datum des Zugriffs: 26.11.2018

³⁴ Tabelle in Anlehnung an EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 13

2.3 Grundpfeiler der Nachhaltigkeit

Grundpfeiler der Nachhaltigkeit sind die drei Dimensionen: Ökologie, Ökonomie und Soziokultur, wie in der folgenden Grafik abgebildet. Diese drei Aspekte sind gemäß der ÖNORM EN 15643 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“ gleichwertig zu betrachten und für eine nachhaltige Entwicklung gleichzeitig und in gleichen Teilen miteinzubeziehen.³⁵



Bild 2.2 Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit³⁶

2.3.1 Schutzgüter und Schutzziele der Nachhaltigkeit

Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit lassen sich in Schutzgüter und Schutzziele gliedern, wie Tabelle 2.1 darstellt. Wobei als Schutzgut all jenes betrachtet wird, was vor Schaden bewahrt werden soll³⁷ und Schutzziele die zu erreichenden Intentionen darstellen.

³⁵ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 15

³⁶ Abbildung nach BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. , S.15

³⁷ Vgl. BIRKMANN, J.; VOLLMER, M.; SCHANZE, J.: Raumentwicklung im Klimawandel: Herausforderungen für die räumliche Planung. S. 214

Tabelle 2.1 Schutzgüter und Schutzziele der Nachhaltigkeit im Allgemeinen³⁸

	Ökologie	Ökonomie	Soziokulturelles
Schutzgüter	-Natürliche Ressourcen -Natürliche Umwelt	-Kapital und Werte -Ökonomische Leistungsfähigkeit	-Menschliche Gesundheit -Soziale und kulturelle Werte
Schutzziele	-Schutz der natürlichen Ressourcen (sparsamer und schonender Umgang) -Effizienzsteigerung -Reduktion von Schadstoffbelastungen und Umweltwirkungen -Schutz der Erdatmosphäre, des Bodens, des Grundwassers und der Gewässer -Förderung einer umweltverträglichen Produktion	-Lebenszykluskosten senken -Verringerung des Subventionsaufwandes -Schuldenverringerung -Förderung verantwortungsbewusster Unternehmerschaft -Schaffung nachhaltiger Konsumgewohnheiten -Schaffung dynamischer und kooperativer internationaler wirtschaftlicher Rahmenbedingungen	-Schutz und Förderung der menschlichen Gesundheit -Sozialen Zusammenhalt und Solidarität stärken -Kulturelle Werte erhalten -Chancengleichheit -Sicherung von Erwerbstätigkeit und Arbeitsplätzen -Armutsbekämpfung -Bildung und Ausbildung -Gleichberechtigung -Integration -Sicherheit und lebenswertes Umfeld

2.4 Prinzipien des nachhaltigen Bauens

Vor allem dem Bausektor kommt eine besondere Stellung in Bezug auf Nachhaltigkeit zu, denn die größten vom Menschen verursachten Energie- und Stoffströme finden dort statt und die Dauerhaftigkeit von Bauwerken wirkt auf einen langen Zeitraum auf die gesamte Umgebung ein.³⁹ Bauten schaffen Lebensraum und verkörpern das größte finanzielle, physische und kulturelle Kapital der industriellen Gesellschaften, jedoch sorgen sie auch für die Versiegelung der Böden sowie, den Anstieg von Abfall und Umweltschäden.⁴⁰

Die folgenden Zahlen verdeutlichen die enormen Auswirkungen auf die Umwelt.

Durch die Herstellung, die Errichtung, die Nutzung und den Betrieb von Bauten entstehen heutzutage 30 % der Energie- und Stoffströme.⁴¹ 40 % des globalen Treibhausgasausstoßes entsteht bei der Errichtung und dem

³⁸ Tabelle BMUB; REFERAT B I.5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 16

³⁹ Vgl. Ebert, T.; Eßig, N.; Hauser, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 6

⁴⁰ Vgl. König, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 9

⁴¹ Vgl. König, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 6

Betrieb von Gebäuden. 60 % aller Abfälle werden vom Bausektor verursacht, 50 % der natürlichen Ressourcen sowie 40 % der Energie und 16 % des Wassers werden von der europäischen Bauindustrie verbraucht.⁴²

Der Klimawandel führt zu einem Anstieg von Naturkatastrophen wie Überschwemmungen, Schlammlawinen und Unwettern. Dabei entstehen enorme Schäden, die sich wirtschaftlich auswirken und am Bruttoinlandsprodukt abzeichnen. Nur durch ein nachhaltiges Denken sowohl im Konsumverhalten als auch in der Baupraxis kann möglicherweise das Vorschreiten der Klimaveränderung reduziert werden.⁴³

Nachhaltiges Bauen steht für die Errichtung von Bauprojekten, die wirtschaftlich, ökologisch, gesellschaftlich und städtebaulich zukunftsfähig sind.⁴⁴ Die Einhaltung nachhaltiger Kriterien ist bedeutungsvoll für einen langfristigen Werteerhalt und einen schonenden Umgang mit der Umwelt. Die heutigen und zukünftigen Ziele sind eine langfristige Nutzung und ein optimaler Ressourcenverbrauch unter Berücksichtigung einer sorgsamem Ressourcennutzung, dem bestmöglichen Ressourceneinsatz und einer maßgeblichen Reduktion von Emissionen um eine maximale Architekturqualität zu erreichen.⁴⁵

Um nachhaltiges Bauen messbar zu machen, dienen die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit als Grundlage für die Entwicklung von Bewertungsmaßstäben⁴⁶, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

⁴² Vgl. Ebert, T.; Eßig, N.; Hauser, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 12

⁴³ Vgl. Ebert, T.; Eßig, N.; Hauser, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 13

⁴⁴ Vgl. BMVBS; REFERAT B 13; REFERAT II 5: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Leitfaden. S. Vorwort

⁴⁵ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 9

⁴⁶ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 15

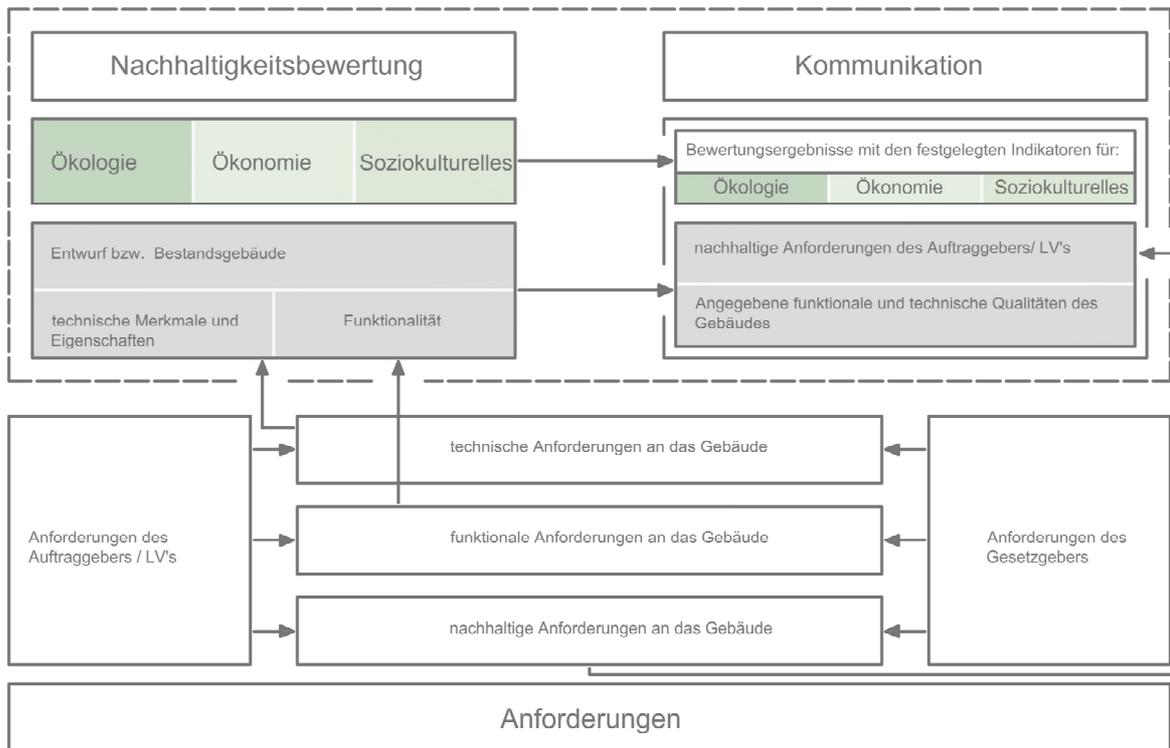


Bild 2.3 Die Bewertung und Kommunikation der Nachhaltigkeit⁴⁷

2.5 Die einzelnen Dimensionen und Qualitäten des nachhaltigen Bauens

Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit, nämlich die Ökologie, die Ökonomie und die Soziokultur sind auch für nachhaltiges Bauen entscheidend und lassen sich in spezifische Schutzgüter und Schutzziele wie in der folgenden Tabelle gliedern.

⁴⁷ Abbildung nach BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 17

Tabelle 2.2 Schutzgüter und Ziele des nachhaltigen Bauens⁴⁸

	Ökologie	Ökonomie	Soziokulturelles
Schutzgüter	-Natürliche Ressourcen -Globale und lokale Umwelt	-Kapital und Werte	-Gesundheit -Nutzerzufriedenheit -Funktionalität -kulturelle Werte
Schutzziele	-Schutz der natürlichen Ressourcen -Schutz des Ökosystems	-Reduktion der Lebenszykluskosten -Verbesserung der Wirtschaftlichkeit -Erhalt von Kapital und Wert	-Bewahrung von Gesundheit, Sicherheit und Behaglichkeit -Gewährleistung von Funktionalität -Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität

Neben den drei klassischen Dimensionen sind drei weitere Punkte für die Qualität einer zukunftsfähigen Architektur entscheidend: die technischen Eigenschaften, die Planung und Ausführung, sowie soziokulturelle und funktionale als auch standortspezifische Aspekte. Daraus ergeben sich sechs Kategorien, die das lebenszyklusorientierte Bauen bestimmen und welche in der folgenden Abbildung dargestellt werden.⁴⁹

⁴⁸ Tabelle BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 16

⁴⁹ Vgl. Ebert, T.; Eßig, N.; Hauser, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 8

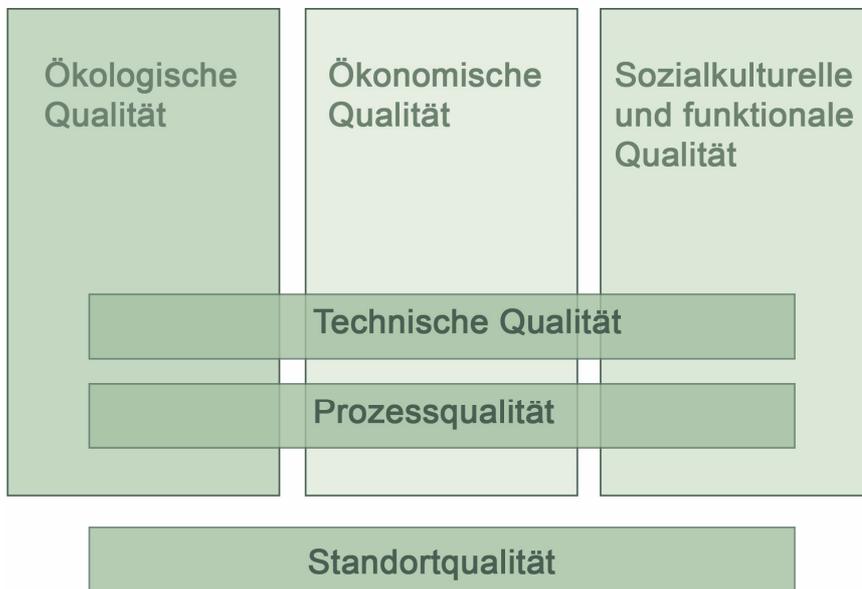


Bild 2.4 Qualitäten des nachhaltigen Bauens⁵⁰

2.5.1 Ökologische Dimension

Die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit steht für den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlage.⁵¹ Ziele sind der Schutz der natürlichen Ressourcen und des Ökosystems sowie der damit verbundenen Minimierung der Umweltbelastung. Im Vordergrund stehen die bestmögliche Nutzung von Baumaterialien, eine langfristige Nutzbarkeit, die Verringerung von Flächeninanspruchnahme, der Schutz der biologischen Vielfalt und die Minimierung des Energie- und Wasserbedarfs. Zum Betrachtungsraum zählen die gesamten Massenströme und der Energieverbrauch von der Erzeugung und dem Transport bis zum Einbau, der Nutzungsdauer und dem Rückbau sowie ihre Auswirkungen auf die Umwelt im lokalen und globalen Bereich.⁵²

2.5.1.1 Ressourcen was versteht man darunter?

Ressourcen gelten als Schutzgüter der ökologischen Dimension.

⁵⁰ Abbildung nach BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 18

⁵¹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 8

⁵² Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 15

„Im Wesentlichen ist nachhaltige Entwicklung ein Wandlungsprozess, in dem die Nutzung von Ressourcen, das Ziel von Investitionen, die Richtung technologischer Entwicklung und institutioneller Wandel miteinander harmonieren und das derzeitige und künftige Potenzial vergrößern, menschliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen.“ - Bericht der Brundtland-Kommission der Vereinten Nationen.“⁵³

Demnach soll der Ressourcenverbrauch zielgerichtet sein. Der prinzipielle Einsatz von Ressourcen an sich hat keine ökologische Wirkung. Wenn genügend Ressourcen vorhanden sind, werden ausschließlich der benötigte Energieverbrauch und die Umweltwirkung zur Erzeugung der Ressource berücksichtigt. Sollte es sich jedoch um ein knappes Gut handeln, so gewinnt der Verbrauch an Bedeutung. Je geringer die Ressource vorhanden ist, desto mehr Aufwand ist für die Gewinnung nötig und desto mehr sind zukünftige Generationen in ihrer Entwicklungsmöglichkeit eingeschränkt.

Knappheit tritt dann ein, wenn das Angebot die Nachfrage nicht mehr befriedigen kann.⁵⁴

Es gibt unterschiedliche Kategorien von Ressourcen:

- *Endliche abiotische Ressourcen wie Erze, Mineralien oder fossilen Energieträger*
- *Endliche biotische Ressourcen wie Holz aus Primärwäldern oder vom Aussterben bedrohte Arten*
- *Erneuerbare abiotische Ressourcen wie Frischwasser*
- *Erneuerbare biotische Ressourcen wie Wildpflanzen und Wildtiere*
- *Naturraum bzw. die damit verbundene nutzbare Fläche⁵⁵*

2.5.2 Ökonomische Dimension

Für die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit sind die Schutzziele die Reduktion der Lebenszykluskosten, die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und der Kapital- und Werteeerhalt. Das Augenmerk liegt nicht ausschließlich auf den Herstellkosten, sondern ebenso auf den Baunutzungs- und den Abrisskosten,⁵⁶ sodass eine ganzheitliche Optimierung mit einem angemessenen Werteeerhalt des Gebäudes angestrebt wird.⁵⁷ Bereits

⁵³ KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 42

⁵⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 42

⁵⁵ KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. , S.42

⁵⁶ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 15

⁵⁷ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 22

während der Planung können mittels einer Lebenszykluskostenanalyse enorme Kosten eingespart werden.⁵⁸

2.5.3 Soziokulturelle Dimension

Die Bewahrung der Gesundheit, der Sicherheit und der Behaglichkeit sowie, Gewährleistung von Funktionalität und der Gestaltungsqualität stellen die Schutzziele der sozialen und kulturellen Dimension dar. Die Einhaltung dieser Kriterien beeinflusst das Werteempfinden des Menschen und verdeutlicht sich im Ausmaß des Wohlbefindens und der Motivation. Vor allem immaterielle Werte wie Gesundheit, Integration, Bildung, Chancengleichheit und Lebensqualität sind Teil dieses Aspekts. Wobei die sozialen Bedürfnisse des Einzelnen und die Wertvorstellungen des Kollektivs gleichermaßen von Bedeutung sind. Die Nutzungszufriedenheit führt zu einer Wertschätzung und Wertbeständigkeit des Gebäudes.⁵⁹

2.5.4 Technische Qualitäten

Die Qualitäten der technischen Ausführung und Anlagen haben Auswirkung auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes. Von Bedeutung sind dabei insbesondere der Brandschutz, der Schallschutz, der Wärme- und Feuchteschutz, die Reinigung und Instandhaltung, die Bedienungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der technischen Gebäudeausführung sowie, die Rückbaufähigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren. Die durch Bauordnungen allgemein anerkannten Regeln der Technik, Normen usw. vorgegebenen Rahmenbedingungen, sowie die Dauerhaftigkeit, Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit des Gebäudes und seiner technischen Anlagen, bestimmen hierbei den Grad der Nachhaltigkeit.⁶⁰

2.5.5 Prozessqualität

Zu den Prozessqualitäten zählen die Qualität des Planungsprozesses, die Qualität der Bauausführung und die Qualität der Vorbereitung der Betriebsführung. Die Art und Weise wie Leistungen erbracht werden, stellen die Grundlage für diesen Aspekt dar. Bereits zu Beginn des Projekts werden die anderen Qualitäten der Nachhaltigkeit von der Planungsqualität beeinflusst.⁶¹

⁵⁸ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 15

⁵⁹ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 28

⁶⁰ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 43

⁶¹ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 45

2.5.6 Standortmerkmale

Der Standort nimmt bedeutenden Einfluss auf das Gebäude und stellt somit auch ein entscheidendes Kriterium für die Nachhaltigkeit dar. Es gibt sowohl politische als auch strategische Aspekte für die Standortentscheidung, wozu das Unterbringungskonzept, verwaltungstechnische oder militärische Anforderungen, infrastrukturelle Entscheidungen, Restrukturierung belasteter Branchen sowie, regionale Stärkung des Arbeitsmarktes zählen.⁶²

2.6 Lebenszyklusbetrachtung

Die Ressourceninanspruchnahme und ihre Umweltwirkung, sowie die Kosten, die während eines Gebäudebetriebes anfallen, übertreffen diejenigen, die bei der Herstellung und Errichtung entstehen bei weitem, vor allem der Energieaufwand und die damit verbundenen CO₂-Emissionen.⁶³ Daher gelten als Ziele für nachhaltiges Bauen, die Verringerung des Energie- und Ressourcenverbrauchs, sowie der Umweltbelastung und die Optimierung der Gesamtwirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.⁶⁴ Diese Lebenszyklusbetrachtung wird auch als Life Cycle Thinking betrachtet.⁶⁵ Eine Gesamtbewertung ist notwendig, da die unterschiedlichen Nachhaltigkeitsaspekte in direkter Wechselwirkung zueinanderstehen. Um zusätzlich eine Erhöhung der Lebensqualität und der Leistungsfähigkeit der Nutzer eines Gebäudes zu erlangen, sind gleichermaßen auch die Verbesserung der soziokulturellen Aspekte und die Sicherstellung gesundheits- und behaglichkeitsfördernder Aspekte zu berücksichtigen.⁶⁶ Um dies zu erreichen wird eine ganzheitliche und integrale Planung vorausgesetzt.⁶⁷ Insbesondere zu Beginn des Planungsprozesses ist der Einfluss der Entscheidungen am größten, auch wenn verhältnismäßig wenig Informationen zur Verfügung stehen.⁶⁸ Der zu erreichende Qualitätsstandard eines Gebäudes wird bereits in der Anfangsphase entscheidend geprägt.⁶⁹

⁶² Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 47

⁶³ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 6

⁶⁴ Vgl. BMVBS; REFERAT B 13; REFERAT II 5: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Leitfaden. S. 15

⁶⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 38

⁶⁶ Vgl. BMVBS; REFERAT B 13; REFERAT II 5: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Leitfaden. S. 15

⁶⁷ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 18

⁶⁸ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 19

⁶⁹ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 18

2.6.1 Lebenszyklusphasen

Es gibt die zwei Achsen, Lebenszyklusphasen und -prozesse, entlang derer der Lebenszyklus eines Gebäudes dargestellt werden kann.

1. Die erste Achse stellt die Strukturierung des Gebäudes nach den vier Lebenszyklusphasen dar:⁷⁰
 - Neubauphase: Diese Phase beinhaltet die Planungs- und Bauphase. Sie startet mit der Absicht eines Projekts und endet mit der Inbetriebnahme und Übergabe des Gebäudes.
 - Nutzungsphase: In dieser Phase findet die Nutzung, der Betrieb und die Instandhaltung statt; Start ist die Inbetriebnahme und Abnahme des Bauwerks und Ende die Absicht, eine (periodische) Modernisierung vorzunehmen.
 - Erneuerungs-/Modernisierungsphase: Wenn ein Gebäude umgebaut, teilerneuert oder komplett erneuert wird tritt diese Phase in Kraft.
 - Rückbau- und Entsorgungsphase: Diese Phase tritt in Kraft, wenn die Absicht besteht, das Gebäude nicht mehr zu nutzen und ist zu Ende, wenn alle Baustoffe entfernt wurden (Weiterverwendung, Recycling, energetische Verwertung, Deponie etc.)⁷¹

Die Erneuerungs- und die Nutzungsphasen sind nicht auf einmal beschränkt, sondern sie können öfter stattfinden.

2. Die zweite Achse dient der Strukturierung jeder Lebenszyklusphase nach Prozessschritten⁷²:
 - *Strategie: Festlegen der Ziele, Randbedingungen, Vorgehen, Kriterien*
 - *Projektierung: Beschreibung des Objekts im Zielzustand, Planung der Ausführungsprozesse, Kosten-, Termin- und Qualitätskontrolle*
 - *Durchführung: Ablauf der Bau- oder Nutzungsprozesse*⁷³

⁷⁰ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 18

⁷¹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 10f

⁷² Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 18

⁷³ KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 10f

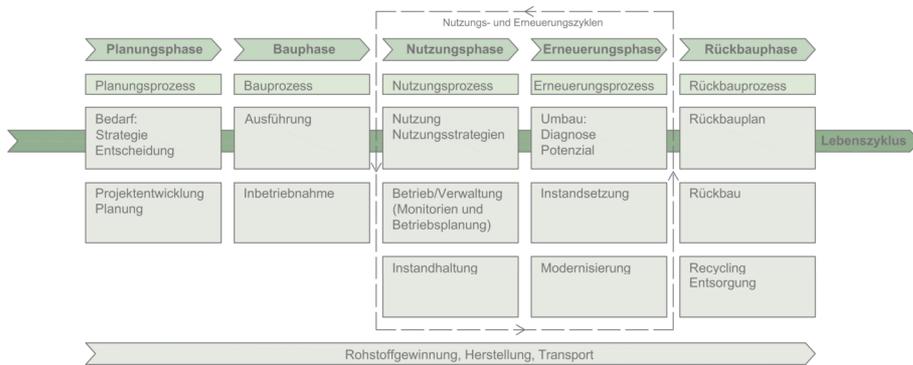


Bild 2.5 Lebenszyklusphasen ⁷⁴

Es gilt die unterschiedlichen Phasen in Bezug auf Nachhaltigkeit zu analysieren und zu optimieren.

Ziel sind möglichst wenig Aufwand und Umweltwirkungen sowie eine hohe Gebäude- und Nutzungsqualität auf Dauer zu erzielen und beizubehalten. Der gesamte Lebenszyklus ist für die Beurteilungs- und Bewertungsmaßstäbe der Schutzziele heranzuziehen, wobei die Nutzung und der Gebäudetyp den Betrachtungszeitraum vorgeben.

Eine langfristige Gebäudenutzung und eine Reduktion des Betriebs- und Sanierungsaufwandes werden vor allem durch die Langlebigkeit von Baustoffen und Bauteilen herbeigeführt.⁷⁵

Lebenszyklusorientiertes Planen ist die Darstellung und Qualifizierung von Szenarien über die Entwicklung der Anforderungen, der Alterungsprozesse und der Wertverlustprozesse. In unterschiedlichen Detailgraden werden ihre Beziehungen zu einander abgebildet. Schäden und Wertverluste werden abgeschätzt und Abmilderungsmaßnahmen werden hinzugefügt und mit einander verglichen.⁷⁶

Zukunftsfähige Architektur bedeutet mehr als ökologisches, ressourcenschonendes und energieeffizientes Bauen. Aspekte wie Ästhetik, Entwurfsmethodik, integrale Planung, Standortfragen und soziokulturelle Kriterien müssen ebenso betrachtet werden wie die ökonomischen, funktionalen und technischen Eigenschaften eines Gebäudes. Aus diesem Grund kann nachhaltiges Bauen nicht nach einem fixen Konzept erfolgen.⁷⁷ Es gibt keine Musterlösung für nachhaltiges Bauen, sondern jedes

⁷⁴ Abbildung nach BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 19 & KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 19

⁷⁵ Vgl. BMVBS; REFERAT B 13; REFERAT II 5: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Leitfaden. S. 16

⁷⁶ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 19

⁷⁷ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 23

Vorhaben erfordert einen eigenen Plan sowie verschiedene Lösungen, Wahlmöglichkeiten und Maßnahmen.⁷⁸

2.7 Gesetzliche Rahmenbedingungen in Österreich für Nachhaltiges Bauen

Seit Beginn der 1990er-Jahre haben energieeffiziente Konzepte sowie der Einsatz erneuerbarer Energien Einzug in der Baupraxis gefunden. Deutschland und Österreich haben sich für die Einhaltung ihrer Umweltziele im Bauwesen Ende der 1980er-Jahre für einen wissenschaftlich orientierten ökologischen Ansatz entschieden. Die Einführung der Energieeinsparungsverordnung und der Bau von Niedrigenergiebauten und Passivhäusern stellt hierbei wesentliche Meilensteine dar. Andere Länder (wie beispielsweise Großbritannien, Frankreich und die USA) halten sich an Kriterienkataloge für die Umsetzung nachhaltiger Aspekte, die stetig aktualisiert und an den Stand der Technik angepasst werden.⁷⁹

2.7.1 Europäische Vorgaben

Im folgenden Teil der gegenständlichen Arbeit wird ein kurzer Überblick über die europäischen Vorgaben zum Thema Umweltschutz und Nachhaltigkeit im Bauwesen gegeben.

2.7.1.1 Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle – Abfallrahmenrichtlinie

Die Abfallrichtlinie der europäischen Union legt einen Rechtsrahmen für die Behandlung von Abfällen fest. Diese beinhaltet eine fünfstufige Abfallhierarchie, die einzuhalten ist. Dabei steht an erster Stelle die Vermeidung von Abfall, danach folgt die Vorbereitung zur Wiederverwendung, an dritter Stelle folgt das Recycling, anschließend kommt es zu sonstigen Verwertungen (wie beispielsweise energetische Verwertung) und an letzter Stelle steht die Beseitigung. Ziele der Richtlinie sind die Bevölkerung hin zu einer Recycling-Gesellschaft zu lenken, das Recyclingmaterial nicht zu verbrennen oder deponieren, eine Reduktion der Abfallmenge und Steigerung des Recyclingmaterials, eine Klarheit in der Rechtssetzung zu schaffen, eine moderne, angepasste Abfallwirtschaft und die Entkopplung des Wirtschaftswachstums von den damit verbundenen Umweltauswirkungen. Es gilt Bau- und Abbruchabfälle der Mitgliedsstaaten bis 2020 auf 70 Masseprozent zu steigern.⁸⁰

⁷⁸ Vgl. BMVBS; REFERAT B 13; REFERAT II 5: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Leitfaden. S. 17

⁷⁹ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 23

⁸⁰ Vgl. EUROPÄISCHES PARLAMENT: RICHTLINIE 2008 Abfallrahmenrichtlinie. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aev0010>. Datum des Zugriffs: 05.11.2018

2.7.1.2 Leitfaden zur Architekturpolitik der Kommission (2009)

Bei amtlichen Ausschreibungen, an denen die EU-Kommission beteiligt ist, ist der aus zehn Bezugselementen bestehende Leitfaden zu berücksichtigen. Wobei vor allem die folgenden vier die folgenden Bezugselemente für die Nachhaltigkeit relevant sind.⁸¹

4.3 Umweltschutz und Energieeffizienz

4.4 Bauqualität und Wohlbefinden

4.8 Funktionalität, Modularität und Flexibilität

4.9 Kosten⁸²

2.7.1.3 Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Die Richtlinie 2010/31/EU wurde beschlossen, um die Senkung des Energieverbrauchs von Gebäuden zu bewirken. 2018 wurde die Richtlinie überarbeitet. Wesentliche Punkte der Richtlinie sind die Mindestanforderungen für neue und bestehende Gebäude und gebäudetechnische Systeme, sowie die Grundlage zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Weiters gilt die Kostenoptimierung als Schlüsselkriterium. Ab 31.12.2018 bei neuen Gebäuden, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, sowie ab 31.12.2020 bei allen neuen Gebäuden müssen die Anforderungen des „Niedrigstenergiegebäudes“ („nearly zero-energy buildings“) erfüllt werden. Laut Artikel 9 soll dabei die fast bei Null liegende Energie hauptsächlich aus erneuerbarer Energie stammen. Die Vorbildfunktion öffentlicher Stellen ist dabei besonders hervorzuheben. Weiters sind die Qualifikation der Institutionen, die Energieausweise ausstellen und Überprüfungen vornehmen und die Einführung eines unabhängigen Kontrollsystems zu überprüfen. Die Mitgliedsstaaten sollten den Anpassungen an den technischen Fortschritt folgen, ansonsten drohen Sanktionen.⁸³

2.7.1.4 Bauprodukteverordnung (2011, 2013)

In der EU muss eine sogenannte „Leistungserklärung“ erstellt werden, bevor ein Bauprodukt auf den Markt kommt. Um diese zu vereinheitlichen und vergleichbar zu machen, wurde die EU-Bauproduktverordnung erstellt. Sie ersetzt die aus dem Jahr 1989 stammende Richtlinie

⁸¹ Vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION: Leitfaden zur Architekturpolitik der Kommission. http://ec.europa.eu/oib/doc/architectural-policy-guide_de.pdf. Datum des Zugriffs: 05.11.2018

⁸² EUROPÄISCHE KOMMISSION: Leitfaden zur Architekturpolitik der Kommission. http://ec.europa.eu/oib/doc/architectural-policy-guide_de.pdf. Datum des Zugriffs: 05.11.2018

⁸³ Vgl. EUROPÄISCHES PARLAMENT: RICHTLINIE 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>. Datum des Zugriffs: 09.11.2018

89/106/EWG und wurde dem heutigen Standard angepasst. Für die Nachhaltigkeit ist vor allem der Absatz (55) auf die Recyclingfähigkeit eines Gebäudes, der in Absatz (56) mit dem Verweis auf die Umwelterklärungen (Environmental Product Declarations EPD), die im Anhang I ergänzte Grundanforderung 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ und die neue Grundanforderung 7 „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“ von Bedeutung.⁸⁴

2.7.2 Nationale Vorgaben

Die nationalen Vorgaben sind ergänzend zu den EU Vorgaben anzuwenden. Zu den nationalen Vorgaben zählen unter anderem die Wohnbauförderung und der Energieausweis.

2.7.2.1 Wohnbauförderung

Die Wohnbauförderung dient zur Errichtung von Wohnraum, darunter fallen Neubauten, Umbauten, Renovierungen oder Zubauten. Sie ermöglicht einem Großteil der Bevölkerung leistbares Wohnen und gibt den Menschen Anreiz einen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu leisten und nachhaltig zu handeln. Die Förderung besteht darin, günstige Darlehen oder Zuschüsse zu vergeben. Allerdings sind die Anreize für Klimageschütztes Bauen in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich.⁸⁵

2.7.2.2 Energieausweis

Der Energieausweis beurteilt die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes und gilt als Gütesiegel der Energie-Qualität eines Gebäudes. Er wurde von der EU durch die „EU-Gebäuderichtlinie 2002“ (Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden) vorgeschrieben, diese wurde durch die „EU-Gebäuderichtlinie 2010“ (Richtlinie 2010/31/EU) ersetzt. Durch den Energieausweis besteht mehr Transparenz und Vergleichbarkeit und es werden Energieoptimierungen aufgezeigt.⁸⁶ Zahlreiche Normen, darunter die ÖNORM B 8110-1 – 6 und die ÖNORM H 5055 stellen die Berechnungsgrundlagen dar. Die wichtigsten Kennzahlen sind: der Heizwärmebedarf, der Primärenergiebedarf, die CO₂-Emissionen und

⁸⁴ Vgl. EUROPÄISCHES PARLAMENT: VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 Bauproduktverordnung, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=DE>. Datum des Zugriffs: 05.11.2018

⁸⁵ Vgl. <https://www.foerderportal.at/wohnbaufoerderung-in-oesterreich-im-ueberblick/>. Datum des Zugriffs: 14.10.2018

⁸⁶ Vgl. <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/80545.htm>. Datum des Zugriffs: 14.10.2018

der Gesamtenergieeffizienzfaktor, dadurch lassen sich zukünftige Energiekosten abschätzen, allerdings wird das Nutzerverhalten nicht miteingerechnet, dass einen entscheidenden Einfluss hat.⁸⁷

2.7.3 Normen

Folgende Normen, wie in der folgenden Tabelle aufgelistet, dienen dem lebenszyklusorientierten Bauen. Sie stellen eine Grundlage für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden dar.

Tabelle 2.3 ÖNORMEN die der Bewertung von nachhaltigem Bauen dienen

Normen-Reihe	Norm	Inhalt
ÖNORM EN 15643-1 – 15643-4	ÖNORM EN 15643-1:2010	Allgemeine Rahmenbedingungen für die nachhaltige Bewertung von Gebäuden
	ÖNORM EN 15643-2:2011	Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualitäten
	ÖNORM EN 15643-3:2012	Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität
	ÖNORM EN 15643-4:2012	Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität
ÖNORM EN ISO 14 040 - 14 044	ÖNORM EN ISO 14040: 2009	Allgemeine Rahmenbedingungen für die Ökobilanz
	ÖNORM EN ISO 14044: 2018	Allgemeine Ökobilanzberechnung
ÖNORM EN 15978: 2012		Ökobilanzberechnung für Gebäude
ÖNORM EN 15804: 2014		Umweltdeklarationen für Produkte
ÖNORM EN ISO 14025:010		Umweltdeklarationen für Produkte für Bauprodukte

2.7.3.1 ÖNORM EN 15 643-1 – ÖNORM EN 15 643-4

Die ÖNORM EN 15 643-1 „Allgemeine Rahmenbedingungen“ ist Teil einer europäischen Normenreihe und enthält die allgemeinen Rahmenbedingungen für die nachhaltige Bewertung von Gebäuden. Es wird jener Beitrag gemessen, den bewertete Bauwerke zur Nachhaltigkeit leisten. Die

⁸⁷ Vgl. <https://www.energyagency.at/fakten-service/verbraucherinfos/energieausweis.html>. Datum des Zugriffs: 14.10.2018

Nachhaltigkeitsbewertung umfasst die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes. Regeln wie die unterschiedlichen Verfahren der Beurteilung zu Bewertungsverfahren weiterentwickelt werden können sind jedoch ebenso wenig enthalten wie Grenzwerte, Klassen oder Richtwerte. Dieser Sachverhalt gilt auch für die restlichen Normen diese Reihe.⁸⁸

Die ÖNORM EN 15 643-2 „Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität“ gehört zu einer europäischen Normenreihe und beinhaltet speziell die Anforderungen an die Bewertung von Gebäuden in Bezug auf ökologische Qualitäten. Berücksichtigt werden dabei auch die technischen Eigenschaften und die Funktionalität des Gebäudes. Betrachtet wird die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes. Diese Norm begrenzt die ökologische Dimension auf die Beschreibung der Umweltauswirkungen und -aspekte eines Gebäudes auf der lokalen, regionalen und globalen Umwelt. Die Analyse der Umweltrisiken ist nicht Teil dieser Norm.⁸⁹

Die ÖNORM EN 15 643 -3 „Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität“ ist Teil einer europäischen Normenreihe. Sie beinhaltet die Grundsätze und Anforderungen der Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden. Berücksichtigt werden dabei auch die technischen Eigenschaften und die Funktionalität. Gemessen wird die soziale Dimension, die Gebäude zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten.⁹⁰

Die ÖNORM EN 15 643-4 „Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität“, als Teil einer europäischen Normenreihe, bewertet die ökonomischen Qualitäten von Bauwerken und berücksichtigt auch die technischen Eigenschaften und Funktionalität der Gebäude. Betrachtungszeitraum ist die gesamte Lebensdauer des Bauwerks. Die Bewertung erfolgt über Lebenszykluskosten und weitere ökonomische Aspekte, wobei eine wirtschaftliche Risikoberechnung sowie Renditeberechnungen nicht Teil der Norm sind.⁹¹

⁸⁸ Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/376056/OENORM_EN_15643-1_2010_11_01. Datum des Zugriffs: 02.11.2018

⁸⁹ Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/388031/OENORM_EN_15643-2_2011_04_15;jsessionid=E1118AF78B7E2468469254B9E6EB6ACE. Datum des Zugriffs: 03.11.2018

⁹⁰ Vgl. - https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/418057/OENORM_EN_15643-3_2012_03_15. Datum des Zugriffs: 03.11.2018

⁹¹ Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/418086/OENORM_EN_15643-4_2012_03_15;jsessionid=940EDDFC22CB5C4D5BE9513FB62A5680. Datum des Zugriffs: 03.11.2018

2.7.3.2 ÖNORM EN ISO 14 040 und 14 044

Die ÖNORM EN ISO 14 040 „Umweltmanagement - Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“ ist Teil einer internationalen Normenreihe. Sie legt die Grundsätze und Rahmenbedingungen für die Ökobilanz im Allgemeinen fest. Die Norm beinhaltet:

- a) die Zusammenstellung und Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmen
- b) die Sachbilanz-Phase
- c) die Phase der Wirkungsabschätzung
- d) die Auswertungsphase
- e) die Berichterstattung der Ökobilanz und deren kritische Prüfung
- f) die Einschränkung der Ökobilanz
- g) den Zusammenhang zwischen den Phasen
- h) die Bedingungen der Anwendung von Werterhaltung und optionalen Bestandteilen

Ökobilanz-Studien und Sachbilanz-Studien sind in der Norm miteingeschlossen, nicht aber die Anwendung und die Beschreibung der Methodik. Die ÖNORM EN ISO 14 040 ist nicht für Verträge, Zulassungen und Zertifizierungen vorgesehen.⁹²

In der ÖNORM EN ISO 14 044 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen“, die Teil einer internationalen Normenreihe ist, werden die Rahmenbedingungen festgelegt und Möglichkeiten zur Erstellung geboten. Sie schließt die selben Phasen wie in der ÖNORM EN ISO 14 040 mit ein. Allerdings beinhaltet die Norm nicht die Anwendung und die Beschreibung sowie sie auch nicht für Verträge, Zulassungen und Zertifizierungen dient.⁹³ Diese Norm ist nicht speziell auf die Gebäudeökobilanz ausgelegt und lässt daher viel Raum für individuellen Interpretationen. Folge kann sein, dass es zu unterschiedlichen Ergebnissen von ein und dem selben Gebäude führen kann.⁹⁴

⁹² Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/347181/OENORM_EN_ISO_14040_2009_11_01.jsessionid=C68174EE1975E96024C8BC4AFF9B3856. Datum des Zugriffs: 03.11.2018

⁹³ Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/634637/OENORM_EN_ISO_14044_2018_06_15. Datum des Zugriffs: 03.11.2018

⁹⁴ EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 36

2.7.3.3 ÖNORM EN 15 978

Die europäische Norm EN 15 978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“ legt Berechnungsmethoden zur Bewertung der umweltbezogenen Qualitäten von Gebäuden dar und bietet Hilfsmittel für das Berichtswesen und die Kommunikation der Ergebnisse, wobei vor allem die Ökobilanz dargestellt wird.⁹⁵ Diese Norm wurde entwickelt, da in der ÖNORM EN ISO 14 044 nicht ausreichend auf die Gebäudeökobilanz eingegangen wird.⁹⁶

2.7.3.4 ÖNORM EN 15 804 und ÖNORM EN ISO 14 025

Die Umweltauswirkungen eines Gebäudes werden maßgeblich durch die verwendeten Baustoffe und Bauprodukte bestimmt. Um diese zu bewerten muss der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes berücksichtigt werden, was wiederum nicht ausschließlich die Errichtung, die Nutzung und den Abbruch des Gebäudes, sondern auch die Herstellung der einzelnen Produkte und das Recycling betrifft. Umweltdeklarationen von Bauprodukten, Environmental Product Declarations (EPD) sind umweltbezogene Daten. Sie enthalten Informationen zum Lebenszyklus eines Bauprodukts, Ökobilanzwerte und Prüfergebnisse für eine Detailbewertung (z.B. VOC-Emissionen für Innenraumklima). Sie stellen die Informationsgrundlage für die Ökobilanz dar und sind Voraussetzung für Nachhaltigkeitszertifizierungen. Des Weiteren beinhalten sie relevante Produktinformationen und machen es möglich umweltbezogene Vorgaben für die Gebäudeplanung zu prüfen.⁹⁷

EPD's stellen sicher, dass Produkte die Grundanforderungen der europäischen Bauprodukteverordnung erfüllen. Inhalt und Erstellung der EPD's ist in der ISO 14 025 „Umweltkennzeichnungen und –deklarationen -Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren“ sowie in der ÖNORM EN 15 804 “Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Kategorie Bauprodukte” geregelt.⁹⁸

Die Produktkategorie-Regeln, Product Category Rules (PCR), sind Regeln, Anforderungen und Leitlinien, die EPD's für Produktkategorien erstellen. Sie sind Teil der ISO 14025 und stellen die Transparenz und Vergleichbarkeit von EPD's sicher.⁹⁹

⁹⁵ Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/446812/OENORM_EN_15978_2012_10_01 . Datum des Zugriffs: 02.11.2018

⁹⁶ EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 36

⁹⁷ Vgl. <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/Angewandte-Methoden/Umweltproduktdeklarationen.html>. Datum des Zugriffs: 03.03.2019

⁹⁸ Vgl. <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/umweltproduktdeklarationen-epd/>. Datum des Zugriffs: 03.03.2019

⁹⁹ Vgl. <https://ibu-epd.com/?s=PCR&lang=de>. Datum des Zugriffs: 07.03.2019

2.8 Hilfsmittel und Werkzeuge für Lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen

Um den gesamten Lebenszyklus von Gebäude nachhaltig zu planen und zu beurteilen sind Werkzeuge und Behelfe erforderlich. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche dieser Hilfsmittel, die an die klimatischen, kulturellen und gesetzlichen Rahmenbedingungen der jeweiligen Länder angepasst sind, entwickelt. Sie unterscheiden sich in unterschiedlichen Kategorien wie z.B. beim Bewertungsziel (ökologische, ökonomische, soziale Aspekte), in der Bewertungseinheit (Qualitäten, Kriterien, Indikatoren, quantitative Kategorien), bei der Methodik zur Ermittlung (gesetzliche Anforderungen, Grenz- und Zielwerte, Datenbanken, spezielle Gewichtungen), in der Darstellung (Tabelle, Vektor, Punkte, Noten), beim Bewertungsgegenstand (Wohnbau, Büro, Geschäft) usw.

Um die unterschiedlichen Einflüsse der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit auf einander zu erkennen und diese in den verschiedenen Phasen zu berücksichtigen, benötigte es greifbare Schutzziele und Leitindikatoren, die dafür zur Verfügung stehenden Werkzeuge werden in Teilbereiche gegliedert:¹⁰⁰

- *Produktdeklarationen: Bauprodukte und -hilfsstoffe z.B.: EPD (Environmental Product Declaration)*
- *Element- bzw. Bauteilkataloge: Bewertung von Bauteilen und -elementen (Umweltkennwerte, bauphysikalische Größen etc.) z.B.: Regeldetails von Software-Programmen für Energieausweise oder Bauteilkataloge SIA D 0123 des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins*
- *Ausschreibungshilfen: ökologisch orientierte Leistungsbeschreibung z.B.: WECOBIS/WINGS (Deutschland), ECO-DEVIS (Schweiz)*
- *Energieausweis: Beschreibung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden z.B.: Energieausweis (Deutschland)*
- *Checkliste und Leitlinien: Formulierung von Zielen, Grundsätzen und Leitbildern für energiegerechtes, ökologisches Planen und Bauen z.B.: Leitfaden für nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen*
- *Ganzheitliche Planungs- und Bewertungshilfsmittel: interaktive Werkzeuge zur Entscheidungsfindung wie Ökobilanzierung oder Lebenszykluskosten z.B.: LEGEP, GaBi*
- *Gebäudelabel, -evaluation bzw. -zertifikate: Gebäudebewertung hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte z.B.: LEED, BREEAM, DGNB¹⁰¹*

¹⁰⁰ Vgl. EBERT, T.; E&IG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 24

¹⁰¹ EBERT, T.; E&IG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 24

2.8.1 Zertifizierungssysteme

Zertifizierungen dienen der ganzheitlichen Bewertung der nachhaltigen Gebäudequalität. Aufgrund der großen Komplexität war lange Zeit eine umfassende Betrachtung und transparente Bewertung von nachhaltigen Gebäuden nicht möglich. Erst in den frühen 1990er-Jahren lag der Beginn der heutigen Bewertungs- und Zertifizierungssysteme.

Die Nachhaltigkeit von Gebäuden wird durch Zertifikate transparent und nachvollziehbar, sowie wirtschaftlich einsetzbar.¹⁰² Zertifizierungssysteme bauen für die Bewertung der Gebäudequalität auf nationalen Standards und Gesetzen auf. Sie nutzen bereits existierende Planungsmethoden und erfassen die einzelnen Teilbereiche des nachhaltigen Bauens wie Energieeffizienz, Ökobilanz, Lebenszykluskosten und Bewertung des Standortes. Ein Zertifikat dient als überprüfbare Bestätigung über die Nachhaltigkeit eines Bauwerks¹⁰³, da die nachhaltige Qualität eines Gebäudes mess- und vergleichbar gemacht wird.¹⁰⁴ Die Zertifizierungen ermöglichen von Anfang an eine nachhaltige Bewertung des Gebäudes in Bezug auf nachhaltige Planungsziele und deren Optimierung.¹⁰⁵ Auch kann ein Zertifizierungssystem durch die Definition und Beschreibung des Kriterienkatalogs ein wertvolles Planungshilfsmittel darstellen,¹⁰⁶ denn es werden klare, über den gesamten Prozess messbare, Zielvorgaben definiert.¹⁰⁷ Zusätzlich sind Zertifikate auch ein Qualitätssicherungsinstrument, da die Gebäudedokumentation von verschiedenen Stellen geprüft wird.¹⁰⁸ und diese gebündelt und übersichtlich vorliegen.¹⁰⁹

Zertifizierte Gebäude haben eine Vorbildwirkung und schaffen einen Markt für neue Produkte. Allerdings dürfen die Nachhaltigkeitszertifizierungen den Planungsprozess nicht erschweren. Um Anwendung zu finden müssen sie einen Mehrwert bieten und ihre Ergebnisse und Anforderungen für alle Beteiligten durchschaubar und übersichtlich machen.¹¹⁰ Vor allem die wirtschaftlichen Aspekte sind für den zukünftigen Erfolg von Zertifizierungssystemen wegweisend.¹¹¹ Es stehen die Kosten der Zertifizierung, der Reduktion der Betriebskosten, der Risikobegrenzung der Investoren

¹⁰² Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 6

¹⁰³ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 24

¹⁰⁴ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 6

¹⁰⁵ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 24

¹⁰⁶ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 6

¹⁰⁷ Vgl. <https://www.dgnb-system.de/de/zertifizierung/vorteile/>. Datum des Zugriffs: 24.02.2019

¹⁰⁸ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 24

¹⁰⁹ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 51

¹¹⁰ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 6

¹¹¹ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 7

und Entwickler, Schaffung attraktiver und besser vermietbarer Vermögenswerte und die Entwicklung eines produktiven und gesunden Ortes zum Leben und Arbeiten gegenüber.¹¹²

Je früher eine Zertifizierung in den Projektphasen durchgeführt wird, desto mehr Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, die Ökologie, die Materialienwahl usw. kann sie nehmen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Aus diesem Grund haben die meisten Gebäudezertifizierungssysteme auch sogenannte Vorzertifikate.

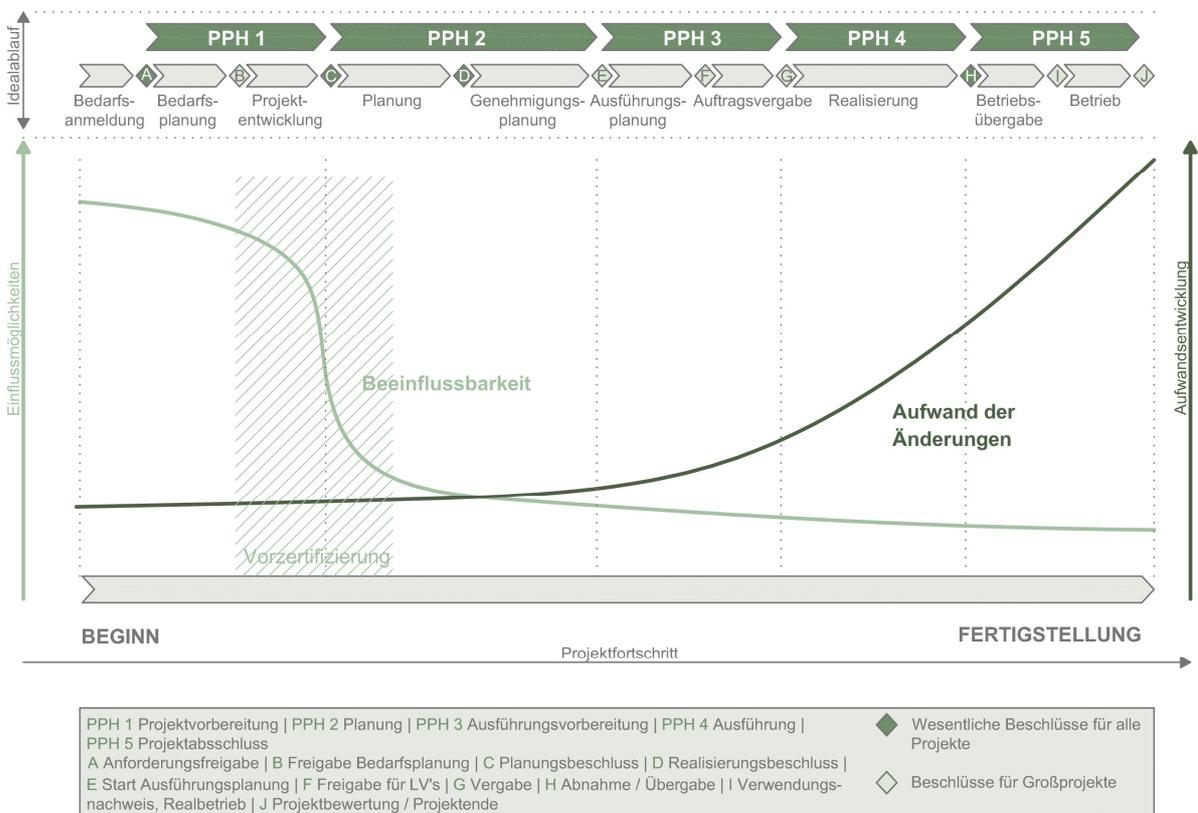


Bild 2.6 Projektphasenbezogene Änderungsmöglichkeiten der Planung¹¹³

Zertifizierungssysteme sind an die gesellschaftlichen, politischen, kulturellen und klimatischen Rahmenbedingungen ihrer direkten Umgebung, sei es national oder regional, anzupassen. Deshalb ist ein direkter Vergleich der unterschiedlichen Systeme eher schwer möglich.¹¹⁴ Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Gebäudezertifizierungen, zu ihnen zählen:

¹¹² Vgl. <https://www.breeam.com/discover/why-choose-breeam/>. Datum des Zugriffs: 18.01.2019

¹¹³ Abbildung nach <https://www.dgnb-system.de/de/zertifizierung/vorteile/>. Datum des Zugriffs: 24.02.2019 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

¹¹⁴ Vgl. EBERT, T.; E&IG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 6f

BREEAM (GB), LEED (USA), DGNB (D), CASBEE (JP), MINERGIE (CH), HQE (F), EU-GreenBuilding (EU)

Es gibt auch speziell österreichische Zertifizierungssysteme wie: TQB, klima:aktiv, ÖGNI, IBO-Ökopass

Um jedoch eine Möglichkeit der Vergleichbarkeit zu schaffen, haben viele dieser Zertifizierungen auch internationale Kernsysteme entwickelt, die losgelöst von den regionalen Gegebenheiten und mit internationalen Normen hinterlegt sind.

2.8.2 Ökobilanz

Die Ökobilanz, oder Lebenszyklusanalyse, Life Cycle Assessment (LCA), bewertet die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit und ist auch Teil von Gebäudezertifizierungssystemen. Sie stellt eine Analyse der Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus von Produkten dar, dabei werden Energie- und Stoffströme und deren Auswirkung erfasst und bewertet.¹¹⁵ Sie gilt als effektivste Methode zur Bewertung potenzieller Umweltwirkungen von Gebäuden und Bauteilen.¹¹⁶

- Grundgedanken der Ökobilanz sind folgende: Die Ökobilanz berücksichtigt sämtliche Lebensphasen von der Rohstoffgewinnung, der Aufbereitung und Herstellung über den Transport, die Nutzung und schließlich das Recycling und die Entsorgung. Die in der Zukunft liegenden Lebenszyklusphasen werden durch Szenarien abgebildet.
- Die gesamten Umweltwirkungen werden aufgezeigt und zusammengetragen.
- Die Wirkungen der Umweltbelastungen werden zusammengefasst und transparent gemacht, um bewertet zu werden.¹¹⁷

2.8.2.1 Normen/ Internationale Standards

Eine Standardisierung der Ökobilanz befindet sich in der ÖNORM EN ISO 14 000er Normenreihe zum Umweltmanagement.

¹¹⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 7

¹¹⁶ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 23

¹¹⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 38

Die ÖNORM EN ISO 14 040 „Umweltmanagement – Ökobilanz“ definiert den Begriff Ökobilanz folgendermaßen: „Ökobilanz ist die Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkung eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges.“¹¹⁸

Die Ökobilanzierung laut ÖNORM EN ISO 14 040 gliedert sich in vier aufeinander abgestimmte Phasen, dies wird auch in der folgenden Abbildung dargestellt:

- *Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmen*
- *Sachbilanz*
- *Wirkungsabschätzung*
- *Auswertung*¹¹⁹

¹¹⁸ KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 38

¹¹⁹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 24

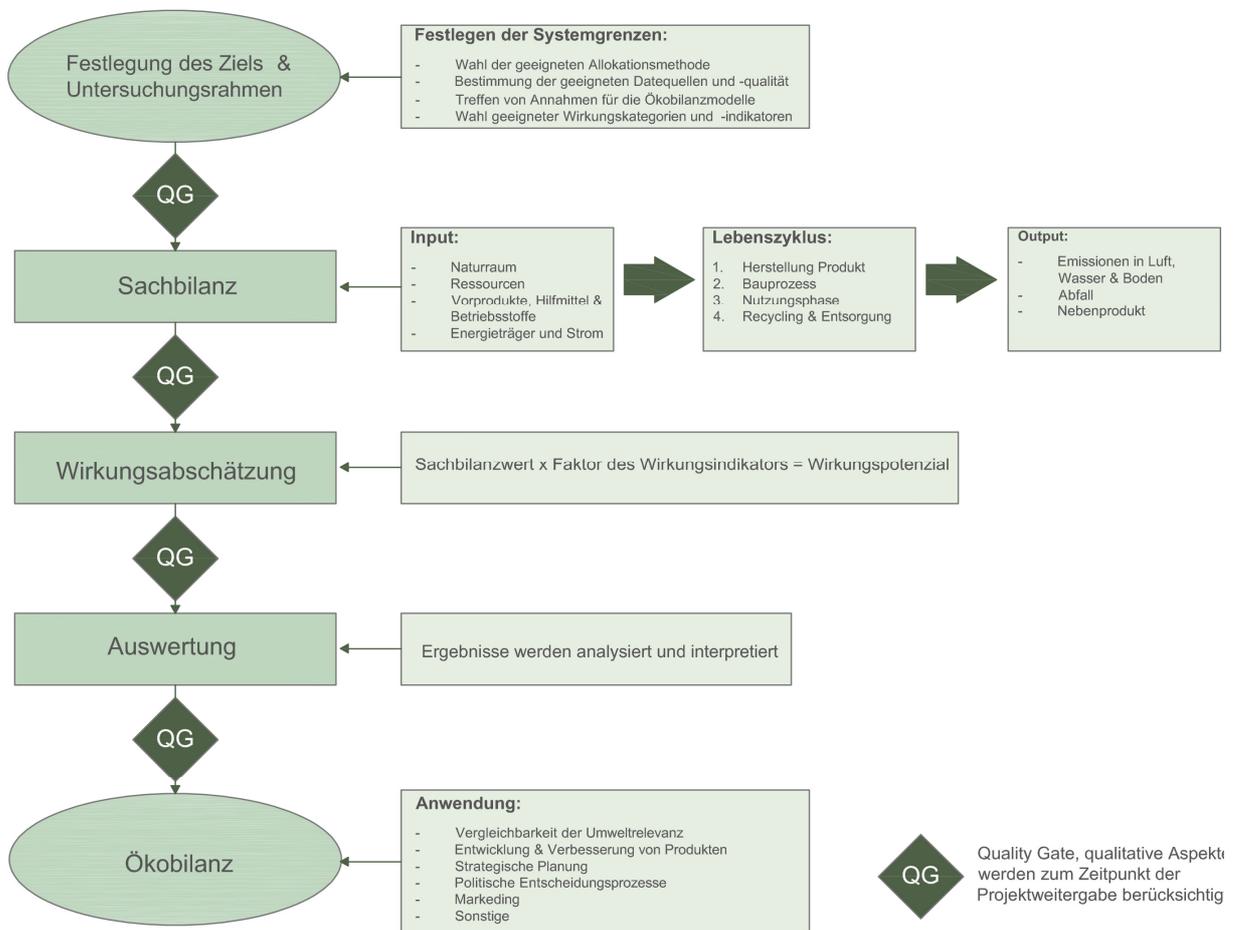


Bild 2.7 Ökobilanzprozess¹²⁰

Allerdings ist die Normenreihe 14 040 -14 044 nicht speziell an die Gebäude-Ökobilanz angepasst und gibt viel Interpretationsspielraum.

Die ÖNORM EN 15 978, von der europäischen Union 2011 veröffentlicht, wurde speziell für die Gebäude-Ökobilanz entwickelt und enthält Berechnungsmethode für die umweltbezogene Qualität von Gebäuden. Bestandteil der Norm sind Neubauten, Bestandsgebäude und Sanierungen.

Die Ökobilanz besteht aus einem modularen Aufbau, der im folgenden Bild abgebildet wird.

¹²⁰ Abbildung in Anlehnung an KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung, S. 40

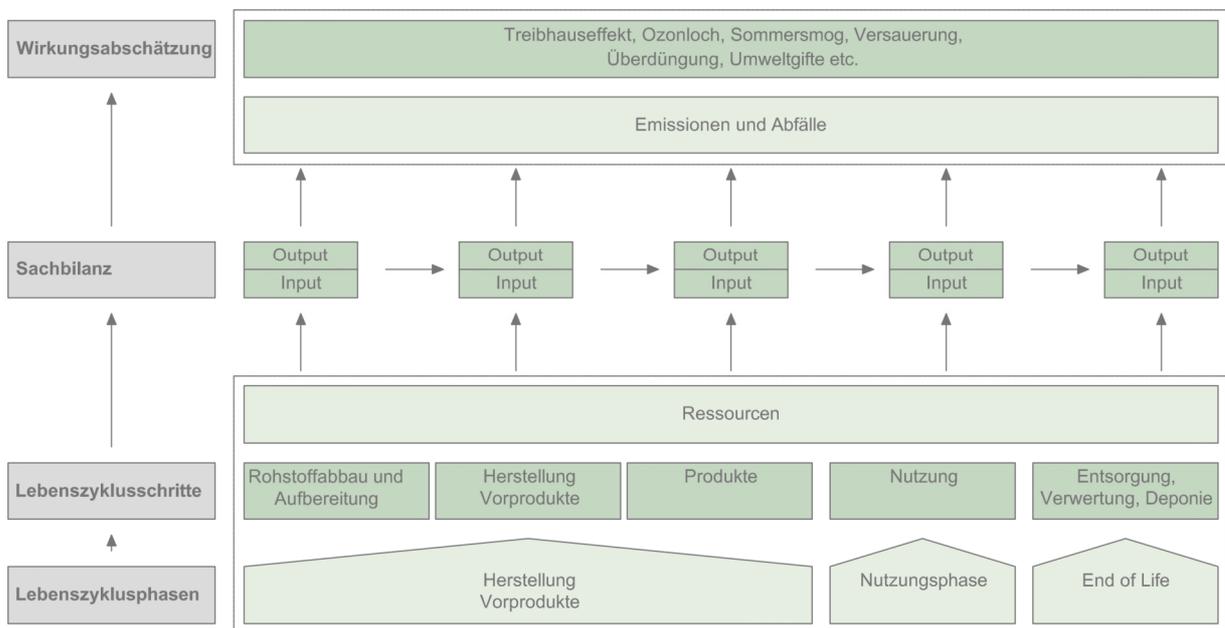


Bild 2.8 Aufbau der Ökobilanz mit Sachbilanzen und Umweltwirkungen¹²¹

Die Gebäudelebenszyklusphasen sind in folgende Module gegliedert: ¹²²

- *Herstellung: Modul A1-A3*
- *Bau/Errichtung: Modul A4-A5*
- *Nutzung: Modul B1-B7*
- *Entsorgung: Modul C1-C4*
- *Wiederverwertung/ Rückgewinnung/ Recycling: Modul D¹²³*

Wie im Teil zu den Normen angeführt, sind Umweltdeklarationen von Bauprodukten, Environmental Product Declarations (EPD) wichtig für die Berechnung von Ökobilanzen, da sie die ökologischen Daten der Produkte beinhalten. Die Erstellung der EPD's erfolgt auch über die Zuordnung zu den unterschiedlichen Gebäudelebenszyklusphasen, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt wird.

¹²¹ Abbildung nach KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 39

¹²² Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 36

¹²³ EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 36

Tabelle 2.4 Informationen für den Gebäudelebenszyklus mit Angaben der Phasen für die EPD-Erstellung in Anlehnung an die ÖNORM EN 15 978:2012¹²⁴

Informationen für den Gebäudelebenszyklus																	ergän- zende Infor- matio- nen	
Stadium	Produktion			Baupro- zess		Nutzung							End of Life				Gut- schrif- ten und Lasten	
Szenario	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
Art der EPD	Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport zur Baustelle	Bau/ Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/ Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Abbruch/ Rückbau	Transport	Abfallbehandlung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzial	
EPD von der Wiege bis zum Werkstor - deklarierte Einheit	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	kein RSL ³⁾	-
EPD von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen - deklarierte / funktionelle Einheit	■	■	■	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾²⁾	□ ¹⁾	□ ¹⁾	□ ¹⁾	□ ¹⁾	RSL ²⁾³⁾	□
EPD von der Wiege bis zur Bahre - funktionelle Einheit	■	■	■	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾²⁾	■ ¹⁾	■ ¹⁾	■ ¹⁾	■ ¹⁾	RSL ²⁾³⁾	□

■ Einbeziehung Pflicht □ Einbeziehung optional ¹⁾ Einbeziehung für ein deklariertes Szenario ²⁾ wenn alle Szenarien gegeben sind
³⁾ RSL = Referenznutzungsdauer (Reference Service Life): Nutzungsdauer, die unter der Annahme von bestimmten Nutzungsbedingungen (z.B. Standardnutzungsbedingungen) für ein Bauprodukt zu erwarten ist

¹²⁴ Tabelle EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 37

Ökobilanzen bieten die Möglichkeit, Umweltaspekte in Entscheidungen miteinzubinden, bei denen eine Vielzahl von Faktoren einfließen.¹²⁵

Die Ökobilanz ist als iterativer Vorgang zu betrachten, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich, da die Teile: Zieldefinition, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung in einer wechselseitigen Beziehung zu einander stehen.¹²⁶ Es besteht daher die Möglichkeit, dass Anpassungen in den unterschiedlichen Phasen vorgenommen werden müssen. Das wichtigste hierfür ist eine detaillierte Dokumentation, um die Ökobilanz nachvollziehbar und vergleichbar zu machen.¹²⁷

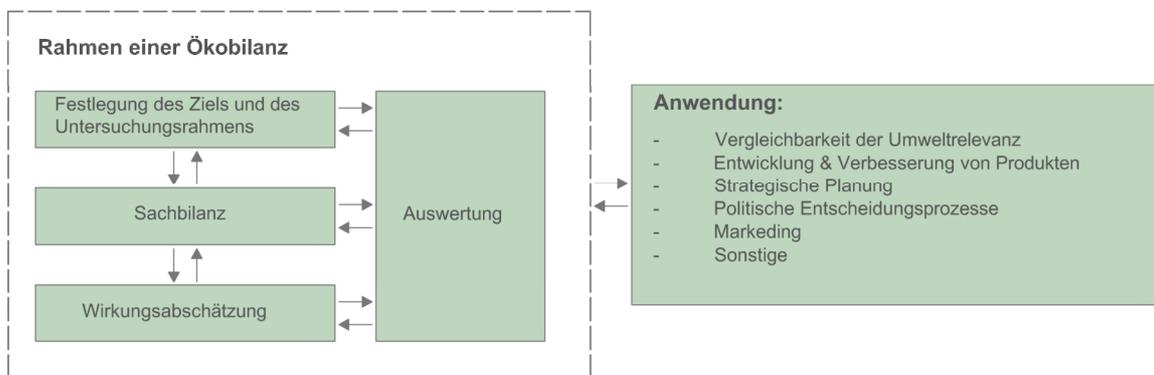


Bild 2.9 Phasen einer Ökobilanz¹²⁸

¹²⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 38

¹²⁶ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 39

¹²⁷ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 36

¹²⁸ Abbildung nach KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 40

2.8.2.2 Beschreibung und Abgrenzung des Lebenszyklus

Für den gesamten Lebenszyklus werden Material- und Energieflüsse der Systembestandteile quantifiziert und miteinander verrechnet. Ressourcen und Emissionen fließen direkt in die Rechnung mit ein, Prozesse anderer Produkte werden berücksichtigt und Abfälle werden der jeweiligen Abfallbehandlung zugeführt, dies ist im folgenden Bild ersichtlich.¹²⁹



Bild 2.10 In- und Output-Ströme eines Gebäudelebenszyklus¹³⁰

2.8.2.3 Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens

Zu Beginn werden das Ziel und der Untersuchungsrahmen abgesteckt. Dabei müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Festlegen der Systemgrenzen
- Wahl der geeigneten Allokationsmethode
- Bestimmung der geeigneten Datenquellen und -qualität
- Treffen von Annahmen für die Ökobilanzmodelle
- Wahl geeigneter Wirkungskategorien und -indikatoren¹³¹

Systemgrenzen

Um ein Produkt herzustellen, benötigt es einer Vielzahl von Stoff- und Energieströmen, die in unterschiedlichen Prozessen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, erfolgen und die alle eine Umweltwirkung haben und somit in Betracht gezogen werden müssen.¹³²

¹²⁹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 40

¹³⁰ Abbildung nach KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 40

¹³¹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 25

¹³² Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 40

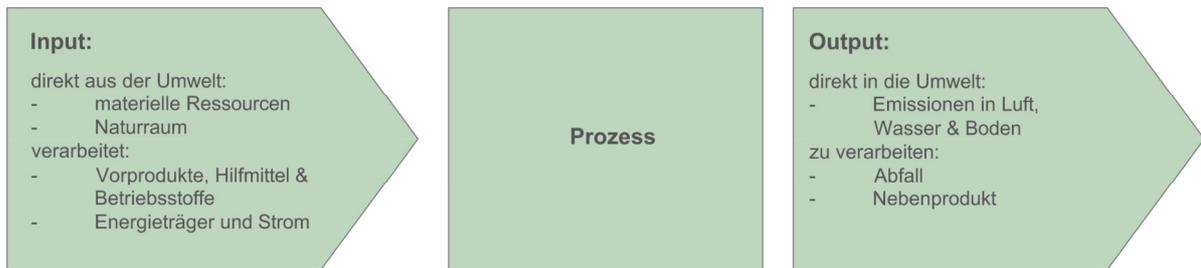


Bild 2.11 In- und Output Prozess von-Stoff- und Energieströmen¹³³

Es ist davon auszugehen, dass fast alle weltweiten Prozesse miteinander verbunden sind. Um jedoch ausschließlich relevanten Prozesse für die Berechnung heranzuziehen, gibt es gewisse Abschneidekriterien.

Diese Abschneidekriterien sind von Institut für Bau und Umwelt e.V. (IBU) folgendermaßen definiert:

- Sämtliche Input-Flüsse die 1 % der Gesamtmasse überschreiten oder die mehr als 1 % des Primärenergieverbrauchs ausmachen sind zu berücksichtigen. Abschätzungen sind erlaubt, aber sind zu begründen.
- Die gesamten Emissionen und deren Umweltwirkungen die mehr als 1 % der Auswirkungen in einer der Wirkungskategorien ausmachen, werden berücksichtigt.
- Die Gesamtsumme der In- und Output-Flüsse, die vernachlässigt wird, darf nicht mehr als 5 % betragen, ansonsten ist dies zu begründen.¹³⁴

Zu bedenken ist allerdings, dass gesundheits- und umweltkritische Stoffe wie Lacke, Beschichtungen, Holzschutzmittel und dergleichen im geringen Maß vorkommen und deshalb nicht mehr im Betrachtungsrahmen liegen könnten. Abschneidekriterien sollten daher mit Bedacht gewählt werden, sowie die Umweltrelevanz von Problemstoffen bedacht werden sollte. Die Detailschärfe einer Ökobilanz kann das Ergebnis stark beeinflussen und sollte daher an das Ziel angepasst sein. (Wie zum Beispiel zu Beginn der Planungsphase eine überschlägige Ökobilanz und erst bei zunehmender Informationsdichte eine detaillierte Ökobilanz berechnet werden kann)¹³⁵

¹³³ Abbildung nach KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 40

¹³⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

¹³⁵ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 26

Allokation

In der Ökobilanz bedarf es einer Allokation (Zuweisung) dann, wenn aus einem Herstellungsprozess mehrere Koppelprodukte entstehen, das heißt es kommt zu mehreren Produkten auf einmal. Die Verteilung des In- und Outputs eines Prozesses auf mehrere Produkte wird benötigt. Das bedeutet, dass die Umweltwirkungen anteilig den einzelnen Produkten zugewiesen werden. Besonders bei der Erstellung von Sachbilanzdatensätzen für Baustoffe und in der Entsorgungsphase der Ökobilanz, wenn ein Produkt wiederverwendet oder recycelt wird, ist die Allokation von Bedeutung.¹³⁶

Es gibt drei Möglichkeiten von Allokationen:

- Multi-Output-Prozess: Bei einem Prozess entstehen mehrere Produkte und diese können nicht getrennt voneinander hergestellt werden, beispielsweise Produkte aus einem Sägewerk oder von Raffinerien, sowie viele chemische Prozesse.
- Multi-Input-Prozess: Ein Prozess der mehrere Produkte benötigt, um hergestellt zu werden, wie z.B.: Hausmüllverbrennungsanlagen.
- Open-Loop und Closed-Loop-Recycling: Die Wiederverwendung von Produkten nach Ende des Lebenszyklus, wofür sie im ersten Schritt genutzt werden. Ein Beispiel hierfür sind viele Metalle.¹³⁷

Beispiel für ein Koppelprodukt: bei der Herstellung von Holzprodukten kommt es häufig zu Koppelprodukten wie Sägespäne und Hackschnitzel

Recyclingpotenzial

Wenn Allokationen über Lebenszyklusgrenzen hinaus gehen, muss zwischen Herstellung und zukünftigem Recycling unterschieden werden. Die tatsächliche, heutige Situation wird für die Herstellung herangezogen. Parallel dazu muss das Recyclingpotenzial abgebildet werden, um den ökologischen Wert des Produkts darzustellen. Das Recyclingpotenzial zeigt die zukünftig vermeidbare Primärproduktion. Recyclingmaterial selbst ist lastenfrei, das bedeutet, um Doppelzählungen zu vermeiden und die Bilanz abzugrenzen, wird das Recyclingmaterial der Sekundärproduktion abgezogen.

Produkte aus 100 % Sekundärmaterial (z.B. Bewehrungsstahl) haben kein Recyclingpotenzial, ihr Vorteil besteht bereits im geringen Aufwand der Erzeugung.¹³⁸

¹³⁶ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 26

¹³⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

¹³⁸ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit bestimmt die spezifischen Funktionen eines Produktsystems über dessen gesamte Lebensdauer. Als Bezugsgröße gilt der „Nutzen“ (= „funktionale Einheit“), der eine Dienstleistung z. B. eines Produkts beschreibt. Das bedeutet, unterschiedliche Produkte mit demselben Nutzen können verglichen werden. Bauteile, die die gleiche qualitative Funktion in einem Gebäude erfüllen (z.B.: bezüglich Wärmedämm-, Schallschutzeigenschaften, statische Anforderungen), aber aus unterschiedlichen Materialien bestehen, können miteinander verglichen werden.

Qualitative Aspekte können die Ökobilanz stark beeinflussen, daher sollten sie in der Bewertung der Bauteile zusätzlich dargestellt werden. Bsp. für eine funktionale Einheit: 1m² Decke, einachsig gespannt, Spannweite 6,6 m, wohnungstrennend, Schallschutzanforderungen $R'_w = 53$ dB, Brandschutz F90 → die Spannweite wird sich geringer auswirken auf die Ökobilanz als Schall- und Brandschutzmaßnahmen

Qualitative Aspekte die miteinbezogen werden können

- Nutzungsflexibilität
- Möglichkeiten von Ausgleichsmaßnahmen
- Abhängigkeiten von Bauteilen¹³⁹

Daten und Datenqualitäten bestimmen

Die Wahl der Datenquelle beeinflusst die Tiefe und Detailschärfe der gesamten Ökobilanz. Die Daten können aus professionellen Sachbilanzdatenbanken bezogen werden, sowie aus frei zugänglichen Informationsquellen und Umweltproduktdeklarationen Typ III nach ISO 14 025 bzw. 15 804 (für bestimmte Gebäudeprodukte) oder aus eigens erhobenen Primärdaten. Wichtig ist vor allem die Transparenz der Datenquellen.¹⁴⁰ Die nachfolgende Tabelle gliedert einige wichtige Datenplattformen auf.

¹³⁹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 27f

¹⁴⁰ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 28

Tabelle 2.5 Unterschiedliche, frei verfügbare Baustoffinformationsplattformen¹⁴¹

Name der Datenbank	Art der Datenbank	Inhalt und Einsatzbereich
Datensammlung Nutzungsdauer des Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat: https://www.nachhaltiges-bauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/nutzungsdauern-von-bauteilen.html	<ul style="list-style-type: none"> - Datensammlung zur Dauerhaftigkeit von Bauteilen und Bauteilschichten in unterschiedlichen Nutzungen - Hohe Datenkonsistenz 	<ul style="list-style-type: none"> - Dauerhaftigkeit von Bauteilschichten abhängig von Art und Intensität der Nutzung - Ermöglicht Quervergleiche von Dauerhaftigkeiten von Produkten ähnlicher Nutzung und Anwendung
Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO): https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/ibo-richtwertefuer-baumaterialien/	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertung der technischen und ökologischen Kennwerte eines Bauteils 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzdaten - Anschauliche Darstellung für den Vergleich unterschiedlicher Materialien und Bauteilaufbauten
Institut Bauen und Umwelt: https://ibu-epd.com/	<ul style="list-style-type: none"> - Informationssammlung zu Ökobilanzen von Baustoffen - Sammelstelle von EPD-Datensätzen und PCR-Dokumenten - Herstellerdaten werden von unabhängigen Dritten verifiziert (Sicherheit in der Datenqualität) - EPD-Datensätze werden fortwährend ergänzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzdaten - Information zu Umweltwirkungen von Bauprodukten - Quervergleich von Umweltwirkungen von Produkten ist möglich
Baubook: https://www.baubook.info/	<ul style="list-style-type: none"> - Informationssammlung zu Ökobilanzen von Baustoffen - Rechner für Optimierung des Gebäudes (ökologisch und ökonomisch) - EPD-Datensätze werden fortwährend ergänzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzdaten - Informationen zu Umweltwirkungen von Bauprodukten - Kennzahlen für Energieausweise - Informationen zu Technik, Gesundheit und Umwelt
KBOB-Empfehlung Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html	<ul style="list-style-type: none"> - Informationssammlung zu Ökobilanzen von Materialien, Gebäudetechnik, Energie und Transport 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzdaten - Information zu Umweltwirkungen von Materialien, Gebäudetechnik, Energie und Transport
Okobau.dat: https://www.oekobaudat.de/	<ul style="list-style-type: none"> - Informationssammlung zu Ökobilanzen von Materialien und Bauteilen - Herstellerunabhängige Datensammlung - Hohe Datenqualität, -konsistenz und Nutzungssicherheit - Sehr umfangreich 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzdaten - Information zu Umweltwirkungen von Materialien
WECOBIS – ökologisches Baustoffinformationssystem: https://www.wecobis.de/	<ul style="list-style-type: none"> - Informationen zu Baustoffen im Lebenszyklus - Gliederung der Baustoffe nach Lebenszyklusphasen - Herstellerunabhängige Datensammlung - Sehr umfangreich - Geringe „Navigationshilfe“ - Teilweise deutliche Wertung der Baustoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Baustoffinformation - Erste Information zu Produkt- und Einsatzbereichen - Geeignet für planer mit Fachkenntnissen zur Ökologie von Baustoffen
Elektronischer Bauteilkatalog (Schweiz): http://www.bauteilkatalog.ch/ch/de/Bauteilkatalog.asp	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertung der technischen und ökologischen Kennwerte eines Bauteils 	<ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzdaten - Gute Aufbereitung, anschauliche Darstellung für den Vergleich unterschiedlicher Bauteilaufbauten

¹⁴¹ Tabelle EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 29

Annahmen für die Ökobilanz-Modellierung

Für die Ökobilanz sind gewisse Annahmen zu treffen, wenn z.B. Materialmengen, Dauerhaftigkeit der Materialien oder Transportdistanzen nicht bekannt sind. Diese sind anzugeben und zu beschreiben¹⁴², um die Vergleichbarkeit der Ökobilanz zu gewährleisten. Für in der Zukunft liegende Lebenszyklusabschnitte, meist Nutzungs- und Nachnutzungsphase, werden Szenarien benötigt. Sie sind Annahmen welche hilfreich sind, um Auswirkungen von Handlungsoptionen zu vergleichen.

Im Gegensatz zu Prognosen, die rein auf Entwicklungen aus der Vergangenheit zurückgreifen, könne Szenarien auch Trendbrüche enthalten. Dies könnte z. B. der Tausch eines Heizsystems nach etlichen Jahren sein oder die Einführung einer Abgasminderungstechnologie.¹⁴³

Wirkungskategorien und -indikatoren

Es gibt Wirkungskategorien und -indikatoren, diese sollen helfen die Umweltauswirkungen der untersuchten Produkte und Prozesse darzustellen. Die wichtigsten, wie auch in der folgenden Grafik dargestellt, sind:¹⁴⁴

- Treibhauspotenzial
- Ozonabbaupotenzial
- Versauerungspotenzial
- Überdüngungspotenzial
- Sommersmogpotenzial

Zusätzlich gibt es den Verbrauch von abiotischen Ressourcen und das Human- und Ökotoxizitätspotenzial, diese sind jedoch international nicht anerkannt und werden wissenschaftlich kontrovers diskutiert.¹⁴⁵

¹⁴² Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 29

¹⁴³ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

¹⁴⁴ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 29f

¹⁴⁵ KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

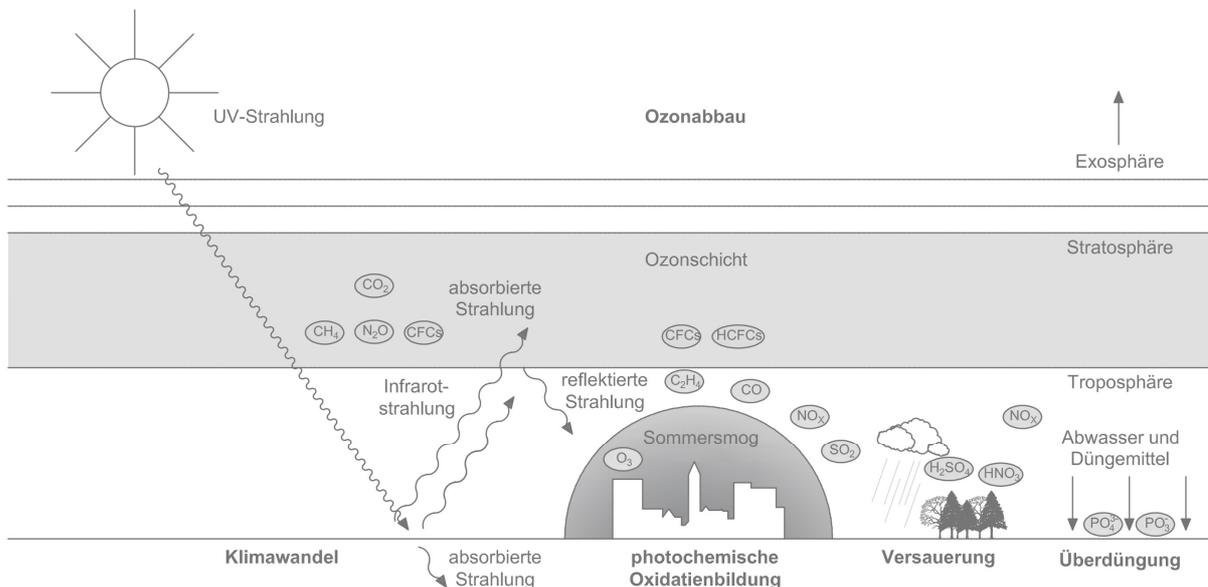


Bild 2.12 Wirkungsebenen der Ökobilanz¹⁴⁶

Klimawandel – Treibhauspotenzial, Global Warming Potential(GWP)

Das Treibhauspotenzial ist die Wirkungsfähigkeit eines Stoffes, die zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten führt, dem sogenannten Treibhauseffekt.¹⁴⁷

Der Treibhauseffekt entsteht durch das Auftreffen der kurzwelligeren Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche. Es wird ein Teil absorbiert, der zur Erwärmung führt, der restliche Teil wird reflektiert und in der Troposphäre durch Treibhausgasen absorbiert und richtungsunabhängig abgestrahlt. Teilweise gelangen die Strahlen wieder auf die Erdoberfläche und führen zu einer weiteren Erwärmung.¹⁴⁸ Ein Teil dieser Strahlung erfolgt natürlich, doch ist der überwiegende Anteil, der für die Klimaerwärmung verantwortlich ist, vom Menschen verursacht, zu diesen Treibhausgasen zählen zum Beispiel: Kohlendioxid, Methan, FCKW und Lachgas, die in der folgenden Tabelle dargestellt sind.¹⁴⁹

¹⁴⁶ Abbildung nach EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 24

¹⁴⁷ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP) . Steckbrief Version 2009. S.

¹⁴⁸ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

¹⁴⁹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

Tabelle 2.6 Beiträge klimarelevanter Gase zum anthropogenen Treibhauseffekt¹⁵⁰

	Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt	Konzentrationsanstieg pro Jahr	Wichtigste anthropogene Quellen
Kohlendioxid (CO₂)	50 %	0,5 % Tendenz gleichbleibend	Verbrennung fossiler Brennstoffe, Entwaldung
Methan (CH₄)	20 %	0,5 % Tendenz fallend	Reisanbau, Viehzucht, Mülldeponien, Gewinnung fossiler Brennstoffe
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs)	17 %	< 0 Tendenz fallend	Treibgase, Kühlen, Reinigung, Flammschutz, Verschäumung
Lachgas (N₂O) (Distickstoffoxid)	6 %	0,3 % Tendenz gleichbleibend	Überdüngung, Entwaldung, Biomasseverbrennung

Die Treibhausgase tragen in unterschiedlichem Ausmaß zur Klimaerwärmung bei. Die geringste Auswirkung hat Kohlendioxid und gilt deshalb als Referenzeinheit,¹⁵¹ somit erfolgt die Angabe des Treibhauspotenzials als Kohlendioxid-Äquivalent (CO₂-Äq.). Das heißt, der potenzielle Treibhauseffekt aller Emissionen wird zu CO₂ mittels Charakterisierungsfaktoren ins Verhältnis gesetzt.¹⁵² Faktor 1 stellt den Wert dar, den 1 kg CO₂ auf die Infrarotstrahlung in der Atmosphäre ausübt.¹⁵³ Die Laufzeit ist ebenfalls Bestandteil der Berechnung. Üblicherweise wird ein Zeitraum von 100 Jahren gewählt (GWP 100).¹⁵⁴

Stratosphärischer Ozonabbau – Ozonabbaupotenzial, Ozone Depletion Potential(ODP)

Das Ozonabbaupotenzial ist das Potenzial eines Stoffes, das dazu führt, dass der Schutz vor kosmischer Strahlung - die Ozonschicht – zerstört wird.

Ozon (O₃) wird in der Stratosphäre gebildet und ist in geringer Menge vorhanden, dennoch ist es wichtig für das Leben auf der Erde. Es hat die Eigenschaft 99 % der kurzwellige UV-Strahlen zu absorbieren und in richtungsunabhängige größere Wellenlängen wieder abzugeben. Die Ozonschicht verhindert eine zu starke Erderwärmung und schützt Mensch und Umwelt vor UV-A und UV-B Strahlen. Durch die Anreicherung von vor allem chlorierte Substanzen wie Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) wird

¹⁵⁰ Tabelle EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 46

¹⁵¹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁵² Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

¹⁵³ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁵⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

die Ozonschicht zerstört und die Schutzwirkung fällt weg.¹⁵⁵ Auswirkungen können u.a. Augen- und Hautschäden, sowie Tumorerkrankungen und Störungen der Photosynthese sein.¹⁵⁶

Für die Berechnung des Ozonabbaupotenzials werden die vom Menschen verursachten Halogenkohlenwasserstoffemissionen erfasst, die zur Zerstörung der Ozonmoleküle beitragen.¹⁵⁷ Sowie beim Treibhauspotenzial werden die Auswirkungen unterschiedliche ozonrelevanter Stoffe mit Hilfe von Charakterisierungsfaktoren ausgedrückt. Bezugsgröße ist 1 kg Trichlorfluormethan, dem R11-Äquivalenten (FCKW-11).¹⁵⁸

Versauerung – Versauerungspotenzial, Acidification Potential (AP)

Das Versauerungspotenzial zeigt die Schädigung von Ökosystemen durch eine Versauerung, die durch die Erhöhung der Konzentration von H⁺-Ionen in Luft, Wasser und Boden entstehen, auf.¹⁵⁹ Hauptsächlich kommt es zu dieser Versauerung, durch die Umwandlung von Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid (SO₂) oder Stickoxide (NO_x) in Säure. Diese Emissionen stammen überwiegend aus der Verbrennung fossilen Brennstoffen wie Öl oder Kohle.¹⁶⁰ Das Resultat ist das Sinken des pH-Wertes von Regen und Nebel auf 4 oder darunter. Die Folge ist „saurer Regen“. Dies verursacht erheblichen Schaden an den Ökosystemen, wobei als erstes das Waldsterben anzuführen ist.¹⁶¹ Dazu kommt es, weil Nährstoffe rasch aufgeschlossen werden und somit ausgewaschen werden. Auch toxische Kationen können freigesetzt werden, die das Wurzelsystem angreifen, das zu einer Nährstofffehlversorgung von Organismen führt. Weitere Folge kann das Fischsterben sein, durch geringe chemische Pufferkapazität in Oberflächengewässern.¹⁶² Auch Baumaterialien wie Naturstein und Metall sind verstärkt Korrosion oder Zersetzung ausgesetzt. Die Angabe des Versauerungspotenzials erfolgt als Schwefeldioxid-Äquivalent (SO₂-Äq.).¹⁶³

Für das Versauerungspotenzial ist die Bezugseinheit 1 kg SO₂-Äq. Die Wirkung anderer Substanzen wie Ammoniak (NH₃) oder Stickoxide (NO_x) werden in Relation zu 1 kg SO₂ gesetzt.¹⁶⁴

¹⁵⁵ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁵⁶ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-02 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP). Steckbrief Version 2009. S.

¹⁵⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 46

¹⁵⁸ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁵⁹ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-04 Versauerungspotenzial (AP). Steckbrief Version 2009. S.

¹⁶⁰ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁶¹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 46

¹⁶² Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-04 Versauerungspotenzial (AP). Steckbrief Version 2009. S.

¹⁶³ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 46

¹⁶⁴ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

Bei der Bewertung ist zu bedenken, dass die Versauerung zwar ein globales Problem ist, jedoch die Auswirkungen der Versauerung regional, durch unterschiedliche Pufferkapazitäten der Böden, voneinander abweichen.¹⁶⁵

Sommersmog - Photooxidantienbildung - Photochemisches Ozonbildungspotenzial, Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)

Das photochemische Ozonbildungspotenzial ist die Wirkung eines Stoffes, die dazu führt, dass Photooxidantien entstehen, auch als photochemischer Smog oder „Sommersmog“ bezeichnet.¹⁶⁶

Anders als in der Stratosphäre, wo Ozon (O₃) eine Schutzfunktion über hat, ist bodennahes, troposphärisches Ozon ein schädliches Spurengas.¹⁶⁷ Photooxidantien, entstehen in der unteren Atmosphäre unter Einwirkung von Sonnenlicht aus Substanzen wie Stickoxiden (NO_x) und Kohlenwasserstoffen (CO_x).¹⁶⁸ Vor allem bei unvollständiger Verbrennung, beim Umgang mit Ottokraftstoffen (Lagerung, Umschlag, Tanken etc.) oder Lösungsmittel treten Kohlenwasserstoffemissionen auf.¹⁶⁹

Allerdings kommt es meist nicht in unmittelbarer Umgebung der Emissionsquelle zur höchsten Ozonkonzentration, da das vorhandene (meist durch den Verkehr bedingte) Kohlenmonoxid (CO) das Ozon zu CO₂ und O₂ aufspaltet. Die Konzentration des Ozons steigt hauptsächlich in Reinluftgebieten wie Wäldern, da dort kaum Kohlenmonoxid vorkommt.¹⁷⁰

Eine hohe Konzentration von Photooxidantien in der Atemluft ist human- und ökotoxisch.¹⁷¹ Sie führt zu Schäden der Atemorgane und Pflanzen und Tiere werden geschädigt.¹⁷² Das photochemische Ozonbildungspotenzial wird in Ethen-Äquivalent (C₂H₄-Äq.) ausgedrückt.¹⁷³ Das bedeutet, dass die Photooxidantien bildende Wirkung von 1 kg Ethan (C₂H₄) herangezogen wird und alle anderen Sommersmog bildenden Substanzen wie NO_x, Formaldehyd usw. in Relation gesetzt werden.¹⁷⁴ Die tatsächliche

¹⁶⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 46

¹⁶⁶ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁶⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

¹⁶⁸ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁶⁹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

¹⁷⁰ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

¹⁷¹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁷² Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-03 Ozonbildungspotenzial (POCP). Steckbrief Version 2009. S.

¹⁷³ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

¹⁷⁴ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

Ozonkonzentration ist von der Witterung abhängig und lokal unterschiedlich, dies muss bei der Bewertung berücksichtigt werden.¹⁷⁵

Überdüngung - Eudrophierung - Eudrophierungspotenzial (EP)

Unter Eudrophierungspotenzial wird das Potenzial von Stoffen verstanden, die zu einer Anreicherung von Nährstoffen in Gewässern und Böden führt.¹⁷⁶ Die Überdüngung bzw. Eudrophierung wird verursacht durch Luftschadstoffe wie Stickoxide (NO_x), sowie Nährstoffe im¹⁷⁷ Abwasser und landwirtschaftliche Düngemittel, dazu zählen vor allem Stickstoffverbindungen wie Nitrat (NO_3^-) und Phosphorverbindungen wie Phosphat (PO_4^{3-}).¹⁷⁸ Es kommt von einem nährstoffarmen (oligotrophen) zu einen nährstoffreichen (eutrophen) Zustand.¹⁷⁹ Folge ist ein Überschuss an Nährstoffen. In Gewässern führt dies zu einem vermehrten Algenwachstum. Dabei kommt es zu weniger Sonnenlicht in den tieferen Schichten und die Photosynthese verringert sich und somit auch die Sauerstoffbildung. Das Wasser kippt, das bedeutet es kommt zu einer anaeroben Zersetzung (ohne Sauerstoff) und die Folge ist das Sterben der Fische. Ein überdüngter Boden führt zu einer Schwächung der Pflanzen gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Des Weiteren kommt es durch einen zu hohen Nährstoffeintrag zu Auswaschungen, die zu einem erhöhten Nitratgehalt im Grund- und Trinkwasser führen.¹⁸⁰ Problematisch dabei ist die chemische Reaktion von Nitrat, das sich zum für den Menschen toxischen Nitrit wandelt.

Die Angabe des Eudrophierungspotenzials erfolgt als Phosphat-Äquivalent (PO_4 -ÄQ.). Für die anderen eudrophierungsbildenden Substanzen wird die Wirkung von 1 kg PO_4^{3-} herangezogen und in Relation gesetzt.¹⁸¹ Zu beachten ist, dass die Effekte regional sehr unterschiedlich sind.¹⁸²

Abiotischer Ressourcenverbrauch

Ziel dieses Wirkungsindikators ist die Abbildung der Verknappung der Lebensgrundlage zukünftiger Generationen. Damit ist vor allem die dissipative Nutzung von Ressourcen gemeint. Die verbrauchten Ressourcen, die in

¹⁷⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

¹⁷⁶ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 46

¹⁷⁷ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 30

¹⁷⁸ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 32

¹⁷⁹ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP) . Steckbrief Version 2009. S.

¹⁸⁰ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 46

¹⁸¹ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 32

¹⁸² Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

der Technosphäre nicht mehr zur Verfügung stehen, werden bei der Sachbilanz inventarisiert. Die Ressource wird nach Knappheit charakterisiert und je seltener sie ist, desto höher ist ihre Gewichtung in einer normalisierten Bewertung. Bezugsgröße ist Antimon (Sb-Äq.).

Da es jedoch zu einer Doppelzählung der fossilen Energieträger kommt, gibt es keine allgemein gültige Regelung, wie damit umzugehen ist und deshalb ist dieser Wirkungsindikator umstritten.¹⁸³

Human- und Ökotoxizitätspotenziale

In der Wirkungskategorie Human- und Ökotoxizitätspotenzialen wird versucht die potenzielle Schädigung von Menschen und Umwelt abzubilden. Es werden durch die fehlende zeitlich-örtliche Auflösung der Sachbilanz Modelle benötigt, die die Übergänge der Schadstoffe zwischen den Kompartimenten (Luft, Wasser, verschiedene Böden) und die Ausbreitung abbilden. Allerdings gibt es kein Modell, das für alle Stoffklassen gilt. Vor allem für Metall lassen sich die Ergebnisse nicht verifizieren, daher gilt diese Wirkungskategorie in der Fachwelt als umstritten. Langfristig gesehen ist es allerdings eine wichtige Wirkungskategorie, die ins Auge gefasst werden sollte.¹⁸⁴

Im Moment wird diese Kategorie als Umweltrisiken auf Grund von Baumaterialien und -produkten definiert. Material- und Stoffgruppen, die ein Risikopotenzial bzgl. der Umwelt besitzen, werden einzeln und produktbezogen abgefragt. Ziel ist es die Verwendung von Stoffen und Produkten zu vermeiden oder reduzieren, die in ihrer Nutzung, dem Transport, der Verarbeitung oder der Beseitigung ein Risiko für Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden und Luft darstellen. Für die Bewertung werden Informationen von Stoffen aus der EU Richtlinie 67/548/EWG, Anhang 1 und aus den technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Deklarationen wie EPD, branchenbezogenen Regelwerke (z.B. RAL, VdL-Richtlinie) oder brancheneigene Zertifizierungen (zB. EmiCode) genutzt.

Folgende Stoffgruppen sind Teil des Wirkungsindikators Umweltrisiko:

- Halogene (organisch gebunden oder frei)
- Halogene haben eine negative Auswirkung auf Klima und Ozonschicht, sowie eine potenzielle gesundheitsschädliche Wirkung. Freie oder freisetzbare Halogene haben das Deklarationsmerkmal R 59. Ziel ist eine Reduktion der Emissionen.
- Schwermetalle

Zu den für den Bausektor relevanten Schwermetallen zählen Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Zink. Gefahr für die Umwelt besteht,

¹⁸³ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

¹⁸⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 47

bei Abfällen auf der Baustelle, bei Beseitigungsprozessen, bei Korrosion, bei Abwitterung sowie auch bei Brand. Ziel ist die Reduktion von Schwermetallen.

- Stoffe und Produkte, die unter die Biozid-Richtlinie fallen

Biozide stellen bei Transport, Lagerung, Anwendung und Beseitigung ein potenzielles Risiko für die Umwelt dar. Es gelten jene Stoffe, die nicht unter die "Liste zulässiger Wirkstoffe" der Biozidrichtlinie fallen. Ziel ist die Vermeidung dieser Stoffe.

- Stoffe und Produkte, deren Stoffinformationen lt. REACH-Richtlinie auf wasser-, boden-, luft- oder allgemein umweltgefährdende Eigenschaften hinweisen

Hinweis auf das Umweltgefährdungspotenzial von Stoffen und Zubereitungen geben die R-Sätze der Gefahrstoffverordnung bzw. der REACH-Richtlinie ¹⁸⁵

2.8.2.4 Sachbilanz

Die Sachbilanz, Life Cycle Inventory (LCI), stellt den Lebenszyklus von Produkten dar, dabei gelten die zuvor definierten Rahmenbedingungen. Zu Beginn werden die nötigen Daten zu Stoff- und Energieflussmengen zusammengetragen und anschließend mit der gewählten Datenbank/ Datenquelle hinterlegt. Ergebnis ist eine Liste aller In- und Outputflüsse, dabei werden die Ursachen der Umweltbelastung bezeichnet und quantifiziert. Die Werte können für die Ermittlung von Primärenergieinhalt, kumulierten Energieaufwand und Grauer Energie des Gebäudes verwendet werden.

Für eine Interpretation der Umweltauswirkungen ist jedoch die Wirkungsabschätzung nötig. ¹⁸⁶

1. Erstellung der Prozessbilanz (gate to gate Betrachtung) ¹⁸⁷

Die Bilanz ist auf eine Phase des Produkts ausgerichtet, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich. Es werden die einzelnen Schritte der Produktion (Produktionsprozess) nach dem Input-Output-Schema untersucht. Es muss sich eine eindeutige In- und Output-Beziehung abbilden.

¹⁸⁵ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-06 Risiken für die lokale Umwelt. Steckbrief Version 2009. S. 1ff

¹⁸⁶ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 33f

¹⁸⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

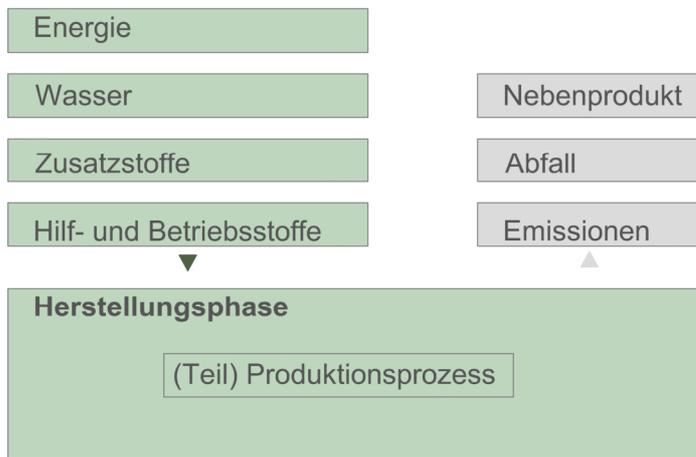


Bild 2.13 Prozessbilanz – gate-to-gate-Betrachtung¹⁸⁸

2. Erstellung einer Sachbilanz (cradle to gate Betrachtung)¹⁸⁹

Die Bilanz beginnt bei der Rohstoffherstellung und endet mit der Fertigstellung des Produkts, dies ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

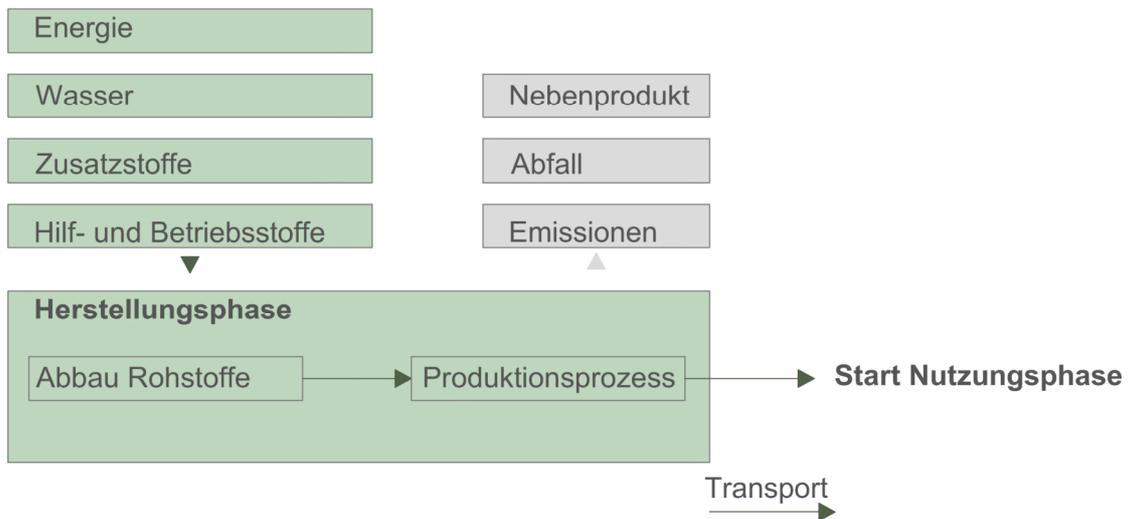


Bild 2.14 Sachbilanz – cradle-to-gate-Betrachtung¹⁹⁰

¹⁸⁸ Abbildung nach <https://www.ecodesignkit.de/methoden/b2-analyse-und-bewertungsmethoden/b21-die-oekobilanz/die-oekobilanz/> . Datum des Zugriffs: 07.02.2019

¹⁸⁹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

¹⁹⁰ Abbildung nach <https://www.ecodesignkit.de/methoden/b2-analyse-und-bewertungsmethoden/b21-die-oekobilanz/die-oekobilanz/> . Datum des Zugriffs: 07.02.2019

3. Erstellung einer Sachbilanz für den Lebenszyklus (cradle to grave Betrachtung)¹⁹¹

Die Bilanz umfasst die Herstellung, die Nutzung, sowie das Recycling oder die Entsorgung, dies wird in der folgenden Grafik ersichtlich.¹⁹²

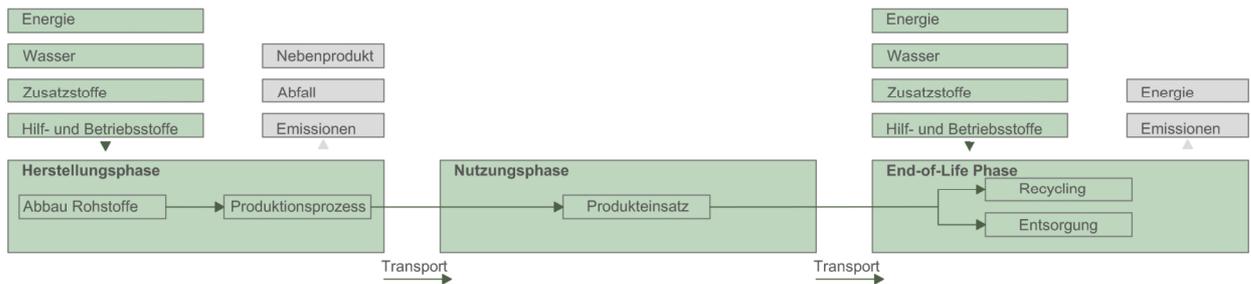


Bild 2.15 Sachbilanz – cradle-to-grave-Betrachtung¹⁹³

Bildung von Kennzahlen aus der Sachbilanz

Zusätzlich zu den Wirkungskategorien werden in der Sachbilanz Ressourcen Kennzahlen gebildet, wie:

Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar

Primärenergie ist Energie, die in natürlich vorkommenden Energiequellen zur Verfügung steht und wird in Megajoule (MJ) angegeben. Nicht erneuerbare Energien entstammen aus den abiotischen energetischen Ressourcen: Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle sowie Uran. Bei der Energieerzeugung wird Energie verbraucht, das bedeutet es kommt zur Energieentwertung. Die chemisch gebundene Energie wird durch Verbrennung in Wärme umgesetzt, die sich letzten Endes der Umgebungswärme anpasst und nicht mehr nutzbar ist. Der Primärenergieverbrauch fossiler Energieträger wird summiert und entspricht dem Produkt aus Heizwert (H_u) und genutzter Stoffmasse.¹⁹⁴

¹⁹¹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 41

¹⁹² Vgl. HERMANN, C.: Ganzheitliches Lifecycle Management. S. 151

¹⁹³ Abbildung nach <https://www.ecodesignkit.de/methoden/b2-analyse-und-bewertungsmethoden/b21-die-oekobilanz/die-oekobilanz/>. Datum des Zugriffs: 07.02.2019

¹⁹⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 43

Primärenergieverbrauch erneuerbar

Erneuerbare Energien sind Energiequellen die unbegrenzt zur Verfügung stehen bzw. sich schnell regenerieren. Das bedeutet sie sind ohne Verknappung von Ressourcen nutzbar. Dazu zählen die direkten Energiequellen wie Sonne, Erdwärme und Gezeiten, sowie die von der Sonnenenergie abgeleiteten Formen wie Biomasse, Wind- und Wasserkraft. Hierbei stellt nicht die Energieform die Knappheit dar, sondern die dafür geeigneten Standorte sind begrenzt. Der „Primärenergieverbrauch erneuerbar“ ist ebenfalls ein Summenwert aller dazugehöriger Energieträger.¹⁹⁵

Wassernutzung

Grund- und Oberflächenwasser bilden den Summenwert für die Wassernutzung (angegeben in kg). Die größten Wasserreserven kommen in den Meeren, im Tiefengrundwasser und im Polareis vor, wie auch in der folgenden Tabelle ersichtlich. Im Großen und Ganzen verschwindet Wasser nicht, sondern verdunstet oder ist in der Umwelt als Kristallwasser oder Biomasse eingebunden. Wasser gilt dann als knappes Gut, wenn der Verbrauch höher liegt, als das neu entstehende und nutzbare Wasser.¹⁹⁶

Tabelle 2.7 Verteilung der Wasservorräte der Erde¹⁹⁷

Vorkommen	Anteil
Meere	83,51 %
Nicht förderbares Grundwasser (zu tief)	15,45 %
Polareis	1,007 %
Flüsse	0,015 %
Förderbares Grundwasser	0,015 %
Atmosphäre	0,0008 %

Naturrauminanspruchnahme

Der Flächen- bzw. der Naturraum ist begrenzt verfügbar. Die Flächennutzung stehen in Nutzungskonkurrenz zueinander, da eine Vielzahl von Funktionen zu erfüllen sind. Auf der einen Seite regelt die Natur (Böden, Flora und Fauna) die Grundwasserneubildung, Bodenerosion, biotische Produktion oder das lokale Klima und puffert zahlreiche Umwelteinflüsse

¹⁹⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 43

¹⁹⁶ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 43

¹⁹⁷ Tabelle KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

ab, und auf der anderen Seite wird die Fläche von Solarzellen oder Windräder belegt oder Siedlungsflächen werden ausgeweitet und die land- und forstwirtschaftlichen Flächen sinken.

Für die Naturrauminanspruchnahme sind die Flächenbelegung und die Flächenumwandlung entscheidend (gemessen in m² pro Jahr). Schadens- und Nutzenflüsse zeichnen die Beeinflussbarkeit der ökologischen Qualität bzw. Landschaftsqualität ab.¹⁹⁸

Abfälle

Auch Abfälle können als Summenwert ausgewiesen werden. Die aus der Abfallbehandlung entstehenden Emissionen in Luft, Wasser und Boden sind in der Sachbilanz integriert.

Für unterschiedliche Kategorien ist die Knappheit der Deponieflächen unterschiedlich. daher gibt es folgende Unterteilungen:

- Abraum und Haldengüter: Dazu zählen Materialien, die bei der Rohstoffgewinnung anfallen, wie Asche, taubes Gestein, Schlacke, Rotschlämme etc. Diese Flächen stehen ausreichend zur Verfügung.
- Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall: Dies sind jene Abfälle, die bei Hausmülldeponien gelagert werden.
- Sonderabfälle: Dies ist jener Müll, der auf Sondermülldeponien gelagert werden muss, weil er für die Menschen oder die Umwelt gefährlich ist.¹⁹⁹

2.8.2.5 Wirkungsabschätzung

In der Wirkungsabschätzung, Life Cycle Impact Assessment (LCIA), erfolgt die Klassifizierung, das bedeutet, die In- und Outputflüsse der Sachbilanz werden den jeweiligen Wirkungskategorien zugeordnet. Einige Werte verursachen gleich mehrere Umweltwirkungen und sind daher mehreren Kategorien zuzuordnen (z.B.: Stickoxide tragen zur Versauerung, Überdüngung und zum photochemischen Ozonbildungspotenzial bei).²⁰⁰

Im nächsten Schritt werden die Werte mit den jeweiligen Charakterisierungsfaktoren multipliziert, dies ist in der folgenden Abbildung ersichtlich, damit sich die potenzielle Wirkung der Emission ergibt. Das endgültige

¹⁹⁸ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 43f

¹⁹⁹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 44

²⁰⁰ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 34

Ergebnis ergibt sich aus der Summe aller Werte der jeweiligen Wirkungskategorie und stellt den Wirkindikator dar.²⁰¹

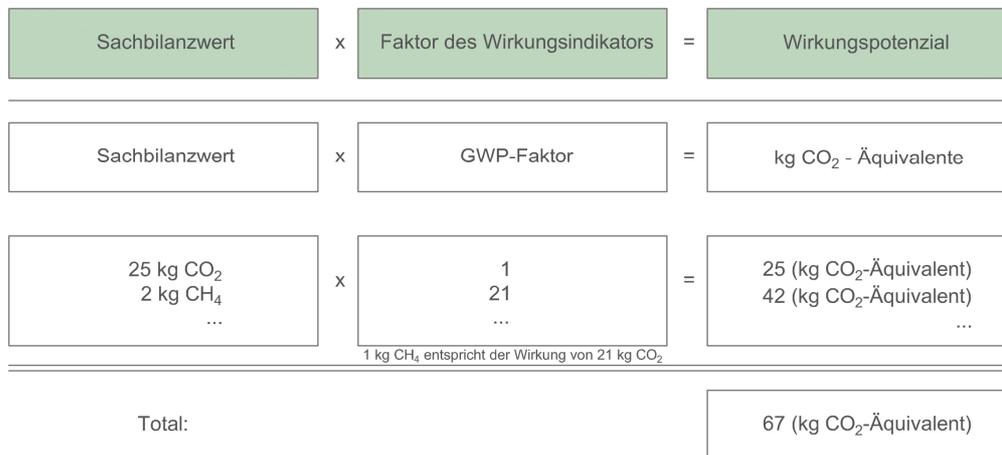


Bild 2.16 Prinzip der Wirkungsabschätzung am Beispiel des Treibhauspotenzials²⁰²

2.8.2.6 Auswertung

Der wohl schwierigste Teil der Ökobilanz ist die Auswertung. Die Ergebnisse der unterschiedlichen ökologischen Wirkungspotenziale werden zusammengefasst, analysiert, verglichen, interpretiert und ihre Bedeutung wird gewichtet. Die Bewertung sollte zur Antwort der Fragestellung dienen.

²⁰³

2.8.3 Lebenszykluskostenrechnung

Die Lebenszykluskostenrechnung, Life-Cycle-Costing (LCC), dient der wirtschaftlichen Beschreibung und Bewertung von Gebäuden. Sie steht für die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit. Es wird der erreichte Ertrag den eingesetzten finanziellen Mitteln gegenübergestellt, das bedeutet mit gegebenem Aufwand einen maximalen Ertrag zu erreichen. Dabei stellen die Investitionskosten eine einmalige Ausgabe dar und die Nutzungskosten sind laufende Folgekosten. Die Lebenszykluskostenrechnung dient der Unterstützung in Entscheidungsprozessen für Investitionen und Controlling.

²⁰¹ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

²⁰² Abbildung nach KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 45

²⁰³Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 35

Sie kann zu unterschiedlichen Planungs- und Lebensphasen eines Gebäudes durchgeführt werden, dadurch können kostenseitige Beurteilungen und Optimierungen stattfinden. Sie kann als lebenszyklusbezogene Wirtschaftlichkeitsberechnung gesehen werden.

Im Sinne der Nachhaltigkeit steht die LCC für:

- Die Senkung der Lebenszykluskosten
- Stabilität und Entwicklung (finanzielles Risiko)
- Verringerung von Umbau- und Erhaltungskosten in späteren Phasen
- Optimierung des Aufwands für technische und soziale Infrastruktur
- Verringerung des Subventionsaufwandes²⁰⁴

2.9 Zwischenfazit des lebenszyklusorientierten Bauens

Lebenszyklusorientierung ist ein wichtiger und zukunftssträchtiger Faktor, der uns alle betrifft und besonders dem Bauwesen mehr Bedeutung zukommen lässt. Trotzdem werden diese Aspekte in der derzeitigen baupraktischen Umsetzung sehr begrenzt bearbeitet. Daraus resultiert die Frage, wie können Ökobilanz und Lebenszykluskosten als Instrumente der Variantenbildung im Planungsprozess miteinbezogen werden, ohne einen enormen Aufwand zu verursachen.

²⁰⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 58ff

3 Grundlagen Building Information Modeling

Die Nachfrage nach energieeffizienten, nutzungsfreundlichen und nachhaltigen Gebäuden steigt kontinuierlich an und die komplexen Bauaufgaben stellen die Bauwirtschaft vor neue Herausforderungen. Bauunternehmen haben ein hohes Risiko an Kosten- und Termineinhaltung. Derzeit herrscht fehlendes Verständnis, dass partnerschaftliches Verhalten und Wettbewerb nicht im Gegensatz zueinanderstehen müssen und mit der Anwendung von Building Information Modeling zu einer besseren Lösung führen können.²⁰⁵

Da heutzutage Bauvorhaben durch ihre Komplexität eine Vielzahl an Fachplanern benötigen, welche sich ständig parallel zur Planung ihres eigenen Gewerkes in einem Koordinierungsprozess befinden, ist ein qualitativer und möglichst lückenloser Informationsaustausch von hoher Bedeutung.²⁰⁶

In der heute klassischen 2D Planung entsteht durch mangelnde Transparenz, nicht ausreichende Vorplanung, sowie zu späten und nicht mehr in den Griff zu bekommenden angeordneten Planungsänderungen große Herausforderungen. Oftmals ist ein überwiegendes gegeneinander Handeln anstatt miteinander Arbeiten der hauptsächliche Ausschlag für nicht funktionierende Projekte und fehlende, falsche oder nicht aktuelle Informationen tragen ihr Übriges dazu bei. Dies sind ebenfalls Punkte die zukünftig mit einer BIM unterstützten Arbeitsweise verbessert werden sollen.²⁰⁷

Die computergestützte Arbeitsweise ist in der Baubranche für die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauobjekten nicht mehr weg zu denken, allerdings wird die Weiternutzung oder gar Vernetzung von digitalen Informationen bei weitem nicht in dem Ausmaß eingesetzt, wie in anderen Branchen. In der Planung wird die Arbeitsweise des Zeichenbretts mittels CAD-Unterstützung nur nachgeahmt und es gibt keinen verbesserten Output. Die gängigste Methode des Informationsaustausches ist die Übermittlung von 2D Bauplänen, die Gebäudedaten in graphischer Form von Schnitten, Grundrissen und Detailzeichnungen darstellt. Das große Potenzial, das die Digitalisierung in unterstützender Hinsicht für die Projektentwicklung und Bewirtschaftung bietet, wird nicht genutzt. Die klassischen 2D Zeichnungen besitzen Informationen, die nicht automatisch über eine Datenbank oder ähnliches erfasst werden können, sondern müssen durch den Betrachter interpretiert werden. Die Folge daraus ist, dass wertvolle Information nicht weitergegeben, verloren gehen und neu erstellt werden

²⁰⁵ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 17

²⁰⁶ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 2

²⁰⁷ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 18

müssen. Der Verlust an Informationen zieht sich über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks: beginnend bei den unterschiedlichen Planungsphasen, über die Errichtung und den Betrieb, sowie die Modernisierung und schließlich dem Abbruch und Rückbau des Gebäudes.²⁰⁸

Aus der folgenden Grafik ist ersichtlich, dass in jeder Phase der Verlust von Information bei der Übergabe von Daten kompensiert werden muss und zu wiederholtem Aufwand führt. Je geringer dieser Verlust ist, umso weniger Aufwand muss in einer Folgephase aufgewendet werden, um den vollen Projektwissensstand zu erhalten.

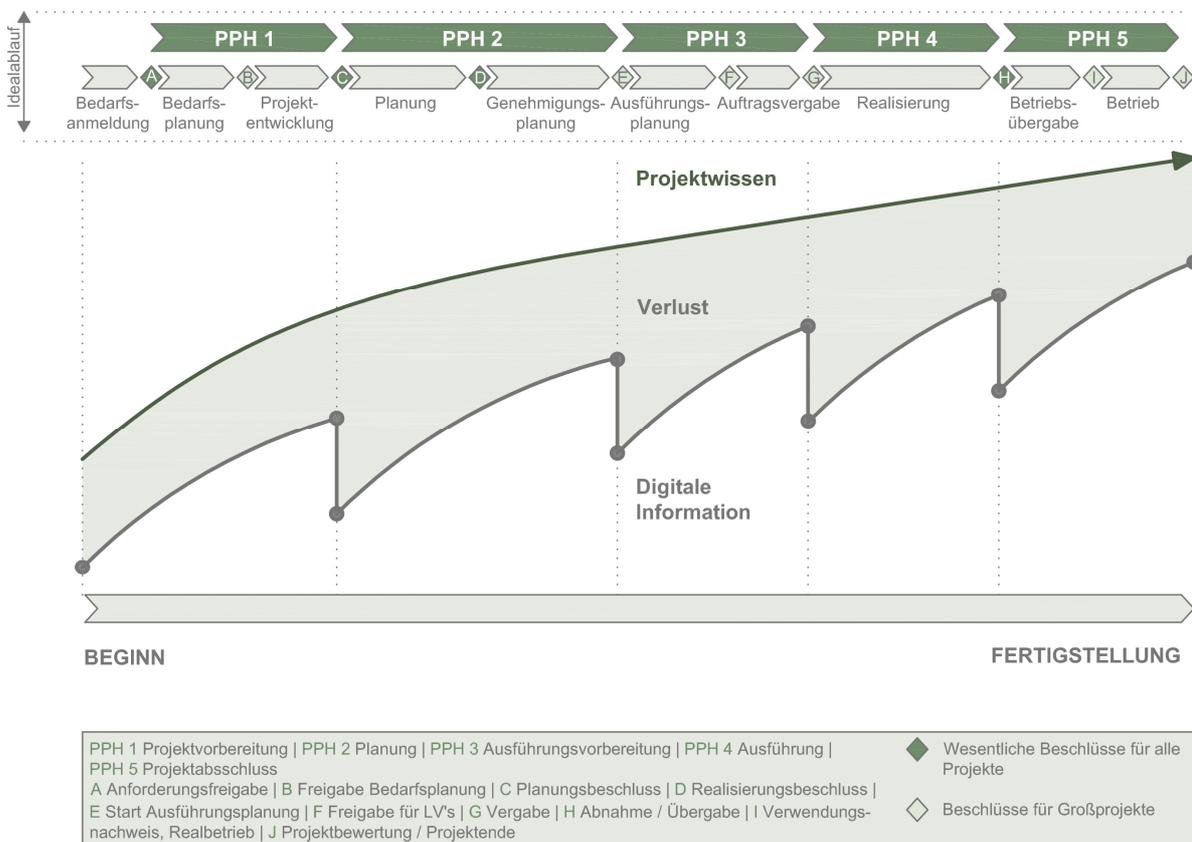


Bild 3.1 Informationsverluste der konventionellen Planung durch Schnittstellen der Datenübergabe²⁰⁹

Die Tatsache, dass die Informationen von unterschiedlichen Fachplanern in einer Vielzahl nicht zusammenhängender Pläne geparkt werden und die geringe Informationstiefe von Bauzeichnungen führen dazu, dass jegliche Daten in Software-Programmen für zum Beispiel Analysen, Berechnun-

²⁰⁸ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 26ff

²⁰⁹ Abbildung nach BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 3 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

gen, Simulationen und Facility Management nicht direkt genutzt und aufbereitet werden können oder erneut eingegeben werden müssen. Durch das nicht durchgängig aufbauende Verwenden von Daten kommt es unweigerlich zu Informationsverlust und das Risiko von falschen Interpretationen steigt. Insbesondere Änderungen, die nicht durchgängig in sämtlichen Plänen eingearbeitet werden, können enorme Fehlerquellen darstellen. Oftmals kommen nicht koordinierte Änderungen in den Plänen erst während der Ausführung zum Vorschein und können zu erheblichen Folgekosten führen.²¹⁰

Der Verband der deutschen Bauwirtschaft hatte 2019 mit dem Hintergrund, zukünftig die Prozesse der Bauwirtschaft zu verbessern, das „Leitbild Bau“ veröffentlicht. Darin sind die folgenden Kernsätze als Vision enthalten:²¹¹

- *„Die Akteure der Wertschöpfungskette Bau sind Gestalter und Problemlöser*
- *Kundenorientierung, Partnerschaft und Fairness sind Grundlage für die Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette Bau*
- *Die Qualität von Bauwerken ist über Lebenszyklus zu bewerten und soll nach wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeitskriterien verbessert werden*
- *Bildung ist der Schlüssel für Qualität, Innovation, Beschäftigungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit*
- *Die Innovationskraft der Wertschöpfungskette Bau soll gestärkt und Deutschland ein Leitmarkt für innovatives Bauen werden*
- *-Legalität und Wertemanagement sind Voraussetzung für fairen Wettbewerb, Arbeitsplatzsicherheit und nachhaltigen Geschäftserfolg“²¹²*

Der „Leitfaden Bau“ weist auf die gewünschten Ziele hin, aber es ist darin nicht beschrieben wie diese zu erreichen sind und welche Chancen sich bieten.²¹³

Durch die Änderungen der Arbeitsweise und Prozesse mit BIM werden neue Formen der Kooperation der Akteure erforderlich.²¹⁴ Die ständig komplexer werdenden Bauaufgaben machen einen frühzeitigen Einbezug und Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachplaner nötig.²¹⁵ An dieser Stelle

²¹⁰ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 2

²¹¹ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 17

²¹² HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 17

²¹³ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 17

²¹⁴ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 7

²¹⁵ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 76

setzt die integrale Planung an. Sie lässt eine ganzheitliche Herangehensweise zu.²¹⁶ Der konventionelle Planungsprozess, in aufeinanderfolgenden Schritten zu arbeiten, scheint veraltet zu sein. Für die zukünftige Arbeitsweise wird eine interdisziplinäre, simultane und kooperative Planungsstruktur benötigt.²¹⁷ In Zukunft wird im Zentrum der Aufgabenstellung an Planerteams eine Anforderungsorientierung stehen. Um diese Forderung erfüllen zu können, werden sich sämtliche Fachplaner einbringen müssen, um eine gemeinsame Darstellung des zu realisierenden Bauwerks umzusetzen. Diese Art der Erstellung von Planungsmodellen wird International als „performance based building“ bezeichnet.²¹⁸

Da die Anforderungen insbesondere seit der Energiekrise 1973 an die Gebäudetechnik, an die Sicherheit, an die Materialeffizienz, an die Barrierefreiheit, an die Energieeffizienz, an die Umweltfreundlichkeit, an den Komfort etc. gestiegen und auch durch die Kombination der Anforderungen komplexer wurden, ist die Mitwirkung von Experten unterschiedlicher Disziplinen erforderlich. Zusätzlich sind auch die Quantitativen Aspekte, wie die Kosten, nicht außeracht zu lassen und können mit der Basis entsprechender Daten zu zuverlässigen Kostenplänen für die Errichtung und den Betrieb führen.²¹⁹

Vor allem in der Anfangsphase eines Projekts können Optimierungen und Änderungen unkompliziert und mit geringerem Kostenaufwand umgesetzt werden. In einer späteren Projektphase ist eine Änderung meist nur mit höherem Aufwand und Mehrkosten realisierbar. Ebenso ist eine späte Änderung in Relation der Kosten zur Energieeffizienz der Maßnahme häufig nicht wirtschaftlich²²⁰

Den größten positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hat eine von Beginn an durchdachte Planung und benötigt Wissen aus allen Disziplinen. Der Planungsprozess mit integraler Planung baut darauf auf, früher als konventionell mehr Informationen und Planungsleistungen zu erbringen.²²¹ Zusätzlich zur Planung eines Gebäudes benötigt auch der Bauprozess eine Planung und Steuerung. Die Kosten für den Bau, den Betrieb und den Unterhalt lassen sich zu Beginn eines Projekts am optimalsten steuern.²²²

In der Darstellung des folgenden Diagramms wird gezeigt, dass je früher Einfluss auf die Planung genommen wird, die Auswirkungen auf die Kosten mit geringerem Aufwand realisierbar sind.

²¹⁶ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 7

²¹⁷ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 5

²¹⁸ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 78

²¹⁹ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 76

²²⁰ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 5

²²¹ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 5

²²² Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 76

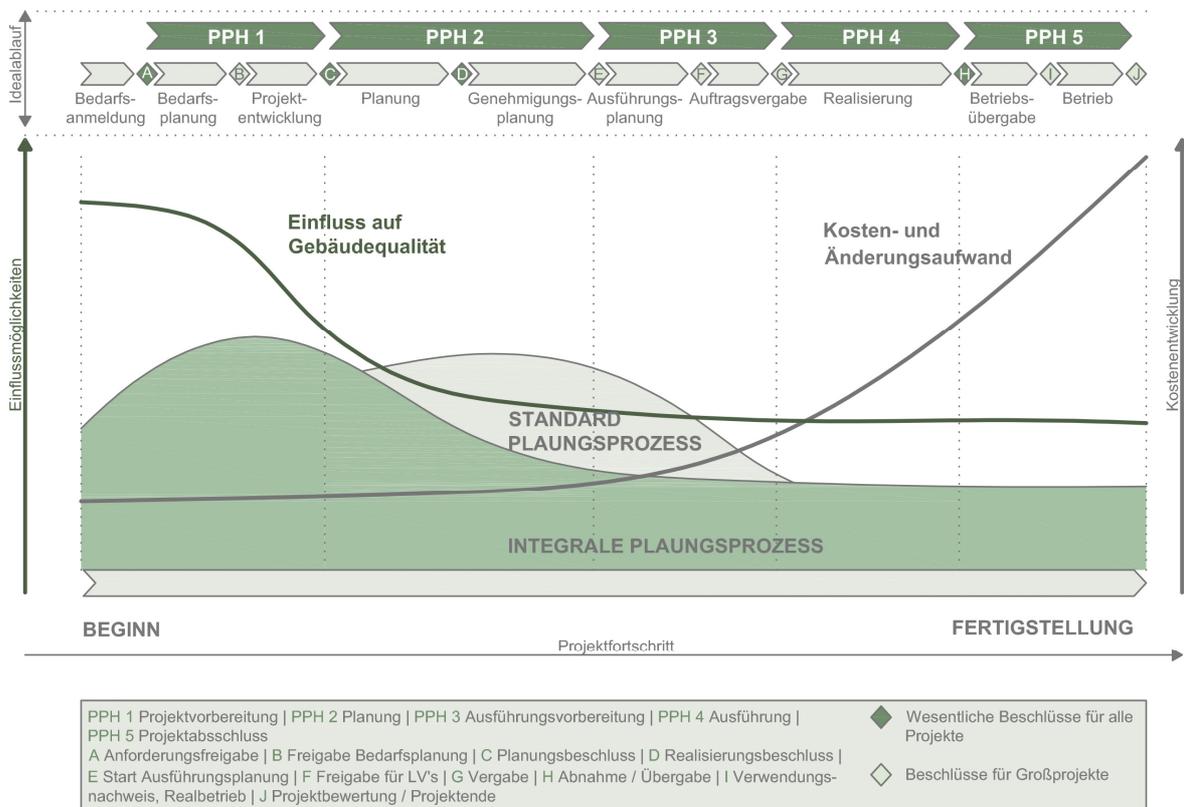


Bild 3.2 Beeinflussbarkeit der integralen Planung auf die Projektphasen bezogen²²³

3.1 Integrale Planung

Bei der integralen Planung arbeitet ein interdisziplinäres Planungsteam von Beginn der Planungsphasen gemeinsam an der Ausarbeitung eines Projekts.²²⁴ Im Planungsprozess wechseln sich Erkenntnisse und Optimierungen schrittweise ab.²²⁵ Wichtig für die integrale Planung ist die exakte Zielformulierung, die optimale Zusammenarbeit aller Teammitglieder, die iterative, systematische Verbesserung der Planungsvarianten und die Zusammenführung aller Einzelziele auf ein Gesamtsystem über den gesamten Lebenszyklus des Projekts.²²⁶ Die Koordination des Lösungsprozesses sollte losgelöst von den unterschiedlichen Disziplinen passieren, um die Qualität, die Kontinuität und ein zielgerichtetes Planungsergebnis zu gewährleisten.²²⁷

²²³ Abbildung nach NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 5 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. , S.164

²²⁴ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 6

²²⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 78

²²⁶ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 6

²²⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 78



Bild 3.3 Kernaspekte der integralen Planung²²⁸

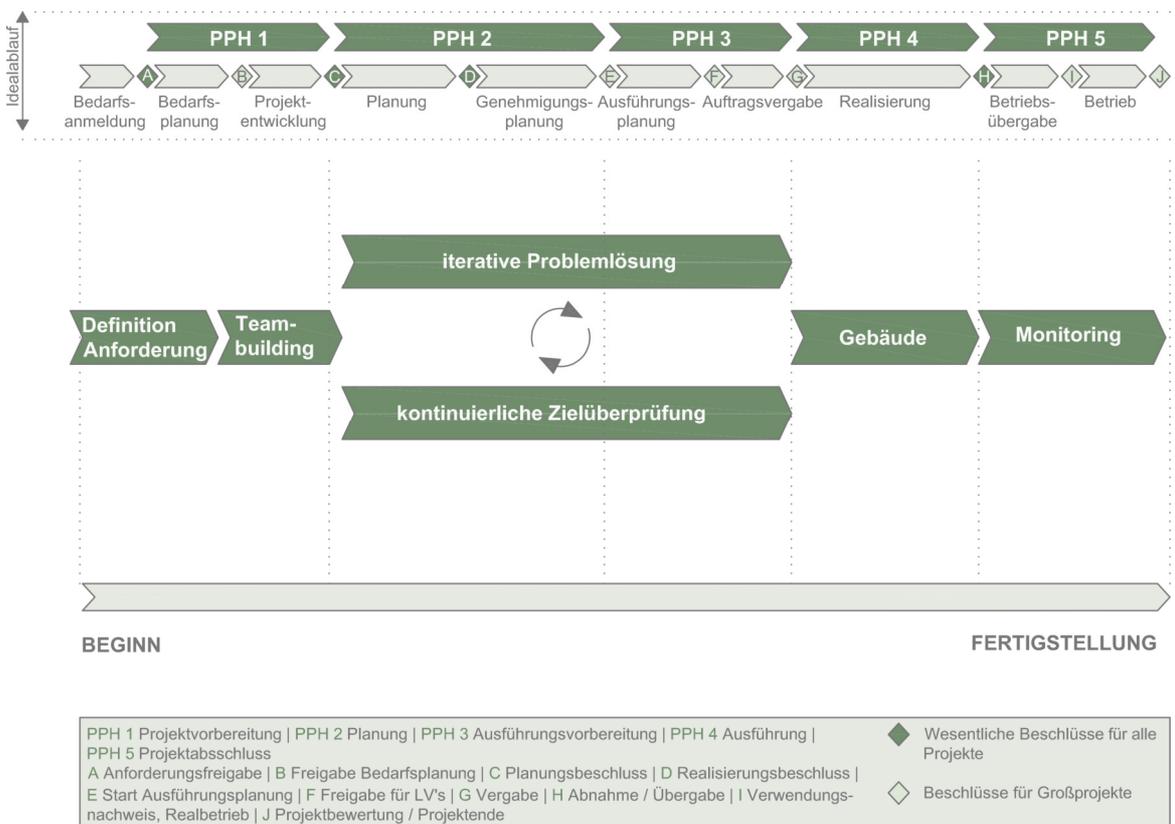


Bild 3.4 Schritte eines integrativen Planungsprozesses²²⁹

3.1.1 Vorteile der integralen Planung

Eines der wichtigsten Merkmale der integralen Planung ist die Einbindung von Fachplanern, Bauunternehmen, potenziellen Nutzern und der Öffent-

²²⁸ Abbildung nach NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 6

²²⁹ Abbildung nach NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 9 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

lichkeit bereits in die Planungsphase. Diese Vorgehensweise hat sich bereits in den letzten Jahren etabliert. Der integrale Planungsprozess stellt die Grundlage für nachhaltigen Bauens dar und ist ein wichtiger Bestandteil für Gebäudezertifizierungen. Folgende Aspekte stehen für die integrale Planung:

- Die unterschiedlichen Fachgebiete finden von Beginn an Gehör und lassen sich daher leichter integrieren
- Umsetzung quantitativer und qualitativer Planungsziele:²³⁰

Da bereits in der frühesten Phase der Planung Fachplaner miteinbezogen werden und somit Informationen über sämtliche wichtige Gewerke vorhanden sind, ist es möglich die Prozesse und Schnittstellen zu planen und zu koordinieren und Änderungen rechtzeitig einfließen zu lassen. Eine höhere Planungsqualität führt zu weniger Fehlern und geringeren Umplanungen.

- Lebenszyklusoptimierung:
Durch die Einbeziehung von Experten von Beginn an, kann das Projekt auf die gesamte Lebensdauer optimal geplant werden.
- Nutzerzufriedenheit:
Die Interessen der potenziellen Nutzer werden miteinbezogen und ihre Bedürfnisse können in die Funktionalität, das Raumklima und den Gebäudebetrieb einfließen und somit die Zufriedenheit steigern.
- Reduktion der Risiken und Baumängel:
Es kommt zu weniger Baumängel, wenn Pläne detaillierter und abgestimmter geplant sind.
- Energieeffizienz:
Die Optimierung startet bereits bei der Orientierung und der Form des Gebäudes und beginnt nicht erst bei der Haustechnik, dementsprechend kann eine optimale Gesamtenergieeffizienz erzielt werden.
- Sicherung des Marktwertes:
Der Marktwert des Gebäudes erhöht sich, auch auf Grund der geringeren Betriebs- und Wartungskosten.
- Umweltfreundliches Image:

²³⁰ Vgl. EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. S. 76

Das Ansehen eines Gebäudes steigt, wenn es nachhaltig geplant und gebaut wird, da es als sehr umweltfreundlich wahrgenommen wird.²³¹

3.1.2 Hindernisse der integralen Planung

- traditionelle Denkweise

Oft ist die herkömmliche Denkweise, in der sich jeder einzelne Fachplaner als eigenständigen Teil betrachtet, hinderlich. Es wird nicht das gesamte Projekt als Ziel gesehen, sondern ausschließlich der eigene Fachbereich. Bei der integralen Planung sind jedoch die ständige Abstimmung und mögliche Anpassung wichtig. Es geht um das Miteinander und die Betrachtung des Projekts als Ganzes. Oft muss dadurch jedoch die eigene Arbeitsweise angepasst werden und dies führt zu Schwierigkeiten.

- erhöhte Planungskosten

Die Planungskosten erhöhen sich, allerdings kommt es zu einer deutlichen Einsparung der Lebenszykluskosten und einer Erhöhung der Gebäudequalität. Die Einsparung der Planungskosten ist sehr kurzfristig gedacht und im Vergleich zum Gesamtprojekt fällt sie auch sehr gering aus.²³²

- Zeitdruck während Vorentwurfsphase

Oft wird der Zeitaufwand für eine durchdachte Planung unterschätzt, dabei ist ein abgestimmter Entwurf essenziell.

- Konkurrierende Fachgebiete

Es kommt zwangsläufig durch unterschiedliche Sichtweisen und Aufgabenschwerpunkte zu Zielkonflikten.²³³ Daher ist es wichtig, dass sich das gesamte Team auf eine ganzheitliche Sichtweise konzentriert und nicht auf Einzelinteressen.

- Fehlende Zielformulierung

Damit Ziele im Entwurfsprozess Einklang finden, müssen sie detailliert und eindeutig formuliert werden, sonst können sie nicht berücksichtigt werden.²³⁴

²³¹ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 7

²³² Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 7

²³³ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 78

²³⁴ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 8

3.2 Definition von Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling ist eine Arbeitsweise, bei der Informationen an Elemente eines 3D Modells geschrieben werden. Das Konzept des parametrisieren von Elementen ist bereits in den 1990er Jahren entstanden und soll über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks sämtliche Beteiligten mit dem digitalen Bauwerksmodell unterstützen.²³⁵ Wie in der folgenden Grafik ersichtlich, bildet das sogenannte BIM-Modell bei dieser Arbeitsweise die zentrale Rolle der Informationsweitergabe, der Kollaboration und der Kommunikation.

BIM beruht auf der durchgängigen Nutzung und verlustfreien Weitergabe eines digitalen Gebäudemodells über den gesamten Lebenszyklus

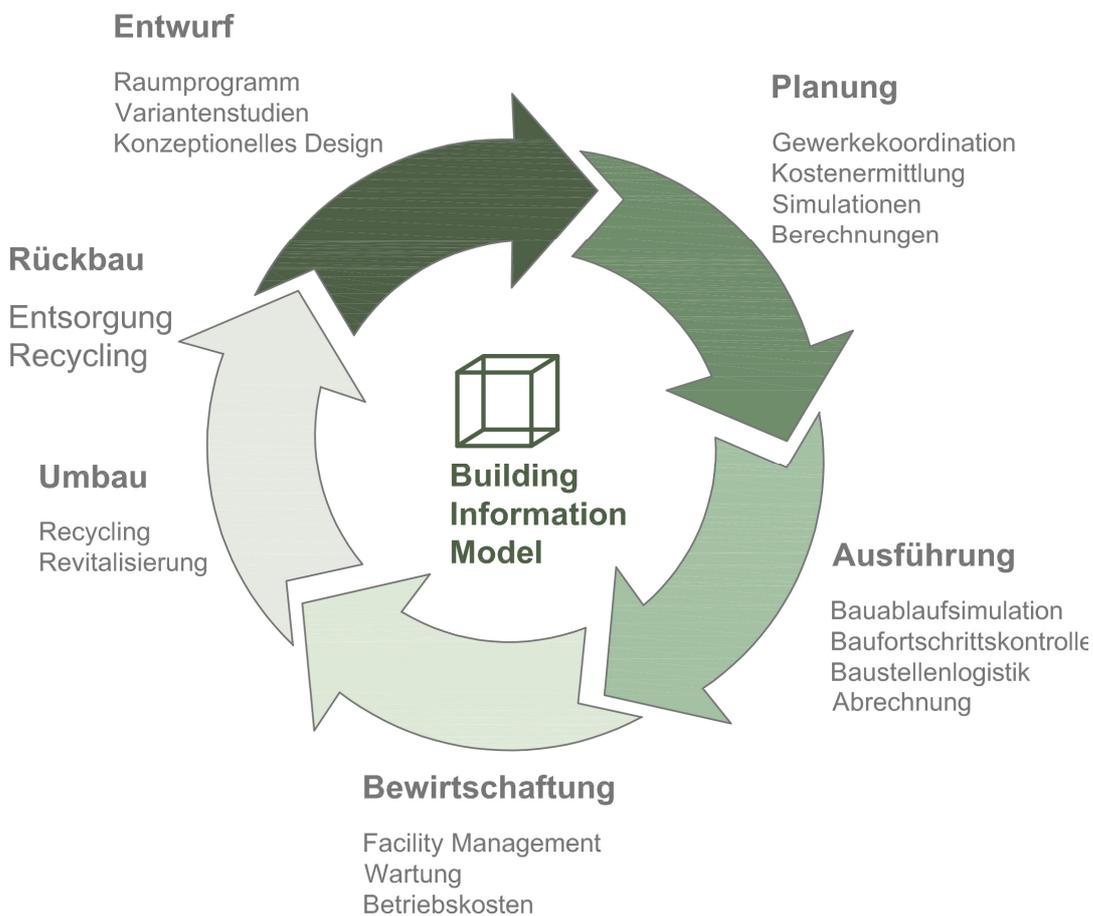


Bild 3.5 BIM Lebenszyklus²³⁶

²³⁵ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 34

²³⁶ Abbildung nach BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 4

Besonders bei der integralen Planung führt diese Art der Gebäudebeschreibung, bei der Informationen für alle Beteiligten mit unterschiedlichen Interessen transparent zugänglich sind, zu beträchtlichem Mehrwert. Große Informationsmengen und Optimierungspotenziale können durch die zusätzliche Visualisierung des Modells sehr einfach nachvollzogen und bearbeitet werden.²³⁷

Building Information Modeling kann als digitales Hilfsmittel für die integrale Planung, des Bauprozesses und die Betriebsphase gesehen werden.

BIM stellt eine umfassende Entwicklung der Arbeitstechniken und Arbeitsweisen im Bauwesen dar. Es kommt zu einer deutlichen Verbesserung der Planungskoordination, einer einfacheren Steuerung des Bauablaufs, weniger Verlusten bei Übergabe von Informationen an Beteiligte und der Anbindung von Simulationen und Berechnung durch die Anwendung der BIM unterstützten Projektabwicklung. Durch die konsistente Weiternutzung digital vernetzter Informationen und dem damit verbundenen Entfall von wiederholenden Tätigkeiten, kommt es zu einem Zuwachs an Produktivität und Qualität.²³⁸

Bei vielen Definitionen von BIM steht ein zentrales Daten- und Informationsmodell im Mittelpunkt, welches von mehreren Prozessbeteiligten genutzt werden kann.

3.2.1 BIM Definition im US-amerikanischen National Building Information Modeling Standard

Die Definition von BIM ist laut US-amerikanischen National Building Information Modeling Standard (NIBS) wie folgt:

„Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition. A basic premise of BIM is collaboration by different stakeholders at different phases of the life cycle of a facility to insert, extract, update or modify information in the BIM to support and reflect the roles of that stakeholder.“²³⁹

NIBS beschreibt in seiner Definition, dass es beim Building Information Modeling um die Abbildung von Eigenschaften eines Gebäudes geht. Auf diese Informationen können alle BIM Beteiligten gemeinsam während des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes zugreifen. Es soll eine Zusammenarbeit der unterschiedlichen Interessensgruppen in einem gemeinsamen Modell erfolgen, dadurch steht jederzeit allen Beteiligten der letztgültige Informationsstand zur Verfügung.

²³⁷ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 7

²³⁸ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. V

²³⁹ BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 4f

3.2.2 BIM Definition im Infopedia des Austrian Standards:

Auf der Infopedia Webseite des Austria Standards, dem Themencenter von Austria Standards, wird BIM wie folgt definiert:

„Unter Building Information Modeling (BIM) oder Gebäudedatenmodellierung versteht man die optimierte Planung und Ausführung von Gebäuden mit Hilfe entsprechender Software. BIM ist ein intelligentes digitales Gebäudemodell, das es allen Projektbeteiligten – vom Architekten und Bauherrn über den Haustechniker bis hin zum Facility Management – ermöglicht, gemeinsam an diesem integralen Modell zu arbeiten und dieses zu realisieren.“²⁴⁰

3.2.3 BIM Definition in der ÖNORM

In den 2015 vom Austrian Standard Institut erstellen ÖNORMEN A 6241-1 und A 6241-2 zum Thema Digitale Bauwerksdokumentation – Building Information Modeling (BIM) wird BIM wie folgt definiert:

„Vollständig integraler, gemeinschaftlicher Prozess der Modellierung eines virtuellen Gebäudemodells in Übereinstimmung mit der Ausführung für die Datenpflege über den gesamten Lebenszyklus, in einem gemeinsamen zentralen Datenmodell unter Einarbeitung von Sachdaten für weitere Informationen, die als zusätzliche Dimensionen beschrieben werden.“²⁴¹

3.3 Arbeitsweise mit Building Information Modeling

Das Herzstück der Arbeitsweise mit BIM ist die Erstellung von einem zentralen, räumlichen Modell. Das entstehende BIM-Modell beschränkt sich nicht auf die reine 3D-Geometrie des Modells. Ein BIM-Modell besteht aus bauspezifischen Elementen wie Wände, Fenster, Türen, Decken, Stützen. Diese Elemente werden zusätzlich mit Informationen, den sogenannten Objektattributen oder Objekteigenschaften, befüllt oder verknüpft.²⁴²

Bereits in der Planungsphase ergeben sich mit dem BIM-Modell viele Vorteile wie das Erstellen von Schnitten, Ansichten und Grundrissen, die direkt aus dem Modell abgeleitet werden. Ebenso können Bauteillisten während des Planens bei der Editierung und für das Auswerten des Modells dienen. Automatisierte Prüfungen der Bauteile auf Kollisionen oder weitere gesetzliche Vorschriften unterstützen den Planungsprozess maßgeblich. Weitere Aufgaben wie die Erstellung von normgerechten Mengenermittlungen können mittels BIM-Modell durchgeführt werden.²⁴³

²⁴⁰ <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 01.05.2019

²⁴¹ AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 4

²⁴² Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompodium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 14

²⁴³ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 5

Durch eine bauteilorientierte Modellierung eines Projektes können die Daten kontinuierlich ausgetauscht werden und stehen ohne Zeitverlust für eine gemeinsame Nutzung zur Verfügung. Wenn die Daten zentral von sämtlichen Beteiligten zusammengeführt werden, dann ergibt sich daraus der aktuelle Stand des Modells, der wiederum für die weitere Bearbeitung jedes einzelnen Fachgebietes förderlich ist. In einem Prozess mit digital verknüpften BIM-Daten ist es einfacher auf Datenlücken oder Qualitätsprobleme aufmerksam zu werden.²⁴⁴

Da sowohl die Pläne als auch andere Datenpakete miteinander verknüpft sind und automatisch angepasst werden, können Änderungen durchgehend rasch umgesetzt werden, kommt es zu Anpassungen in einem intelligenten Modell, dann ist der Arbeits- und Koordinationsaufwand für das Einarbeiten in sämtliche Pläne, jegliche Bauteillisten und weiteren Dokumenten deutlich geringer.²⁴⁵

Bei der Übergabe und Umwandlung von Informationen über ein BIM-Modell ist die Gefahr, dass Informationen verloren gehen, unwahrscheinlicher als bei herkömmlicher Übergabe von nicht zusammenhängenden Dokumenten. Die Idee der durchgängigen Nutzung eines detaillierten, digitalen Gebäudemodells für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks – von der Planung, über die Errichtung und die Bewirtschaftung bis zum Um- und Rückbau – steht im Zentrum der BIM-Methode. Durch die Verschlan-
kung der Prozesse ergibt sich eine Steigerung der Projekteffizienz durch die durchgängige Nutzung der Daten in allen Projektphasen und die zusätzliche Verringerung von herkömmlich mehrfach durchgeführten Arbeiten.²⁴⁶

In der folgenden Tabelle wird dargestellt, welche Objektdaten zur Erzeugung von standardisierten Dokumenten von Projektbeteiligten unter Verwendung der jeweiligen Hilfsmittel eingesetzt werden.

²⁴⁴ Vgl. NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. S. 13

²⁴⁵ Vgl. <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 01.05.2019

²⁴⁶ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 1

Tabelle 3.1 Konventionelle Arbeitsweise mit getrennter Datenerfassung und -bearbeitung²⁴⁷

Objekt Daten	Akteur der Planung	Eingesetzte Hilfsmittel	Erzeugt Dokumente
Fläche und Massen Elemente TGA nach Fläche	Architekt	CAD Baukosten Gebäudekatalog	Baukosten nach ÖNORM B 1801-1 (oder DIN 276)
Massen für Elemente Positionen TGA-Auswahl	Architekt	AVA-Programm	Baukosten nach Gewerken
Hüllflächenmodellierung Zuordnung Flächenermittlung TGA-Auswahl	Ingenieur	Energieprogramm	Energieausweis
Flächenermittlung TGA Möblierung Freifläche	Gebäudebetriebswirtschafter	FM-Programm	Folgekosten Wartung Reinigung Instandsetzung
Bauelement Ökobilanzmodule	LCA-Spezialist	Ökobilanz	Sachbilanz Wirkungsbilanz

Bei einer integralen Datenerfassung aus einem BIM-Modell wird in der folgenden Tabelle ersichtlich, dass die Basis der Daten für alle Projektbeteiligten ein gemeinsamer Modellstand und Datenstand ist. Aus dem gemeinsamen Objektdaten werden sämtliche weiteren Dokumente erzeugt.

Tabelle 3.2 Integrale Datenerfassung und -bearbeitung²⁴⁸

Objekt Daten	Akteur der Planung	Eingesetzte Hilfsmittel	Erzeugt Dokumente
CAD-Modell mit IFC-Export	Architekt	Konsistentes elemtbasier- tes skalierba- res Datenmo- dell Integrale Software o- der komplexe Schnittstelle für alle An- wendungs- programme	Werkpläne Ausschreibung
	Kostenplaner		Baukosten nach ÖNORM B 1801-1 (oder DIN 276) und nach Gewerken
	TGA-Planer		Energieausweis
	LCC-Planer		Nutzungskosten nach ÖNORM B 1801-1
	LCA-Planer		Sachbilanz Wirkungsbilanz nach ÖNORM EN ISO 14 040 und ÖNORM EN ISO 14 044

Die Grundlagen für die Ermittlung von Daten, die für die Berechnung von Gebäuden notwendig sind, sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

²⁴⁷ Tabelle KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 79

²⁴⁸ Tabelle KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 79

Tabelle 3.3 Grundlagen für die Berechnung gebäudebezogener Daten²⁴⁹

Baukosten	Baupreisdatabank Kostengliederung nach ÖNORM 1801 (oder DIN 276)
Energiebedarf (Energieausweis)	OIB-Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden Energiebedarf nach ÖNORM B 8110 & ÖNORM H 5056-5059 Energiekosten nach Marktpreisen
Lebenszykluskosten, Nutzungskosten	Baupreisdatabank Reinigungszyklen Wartungszyklen (Hersteller) Instandsetzungszyklen Bauteile Instandsetzungszyklen Technik Rückbau nach Selektionsverfahren Entsorgung nach Abfallverwendungsverordnung Thermische oder stoffliche Verwertung Kostengliederung nach ÖNORM B 1801-1 (oder DIN 18 960)
Ökobilanz	Erfassungssystematik nach ÖNORM EN ISO 14 040 und ÖNORM EN ISO 14 044 Sach- und Wirkungsbilanzdatenbanken (ecoinvent, Ökobau.dat, GaBi) Umweltproduktdeklarationen (EPD)

BIM führt zu einer Vorverlagerung von Planungs- und Entscheidungsprozessen. Dies erlaubt eine frühzeitige Einflussnahme auf die Gestaltung des Gebäudes. In dieser Phase können Änderungen mit geringen Mitteln und geringen Auswirkungen auf die Kosten des entstehenden Gebäudes umgesetzt werden.

²⁴⁹ Tabelle KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung, S. 79

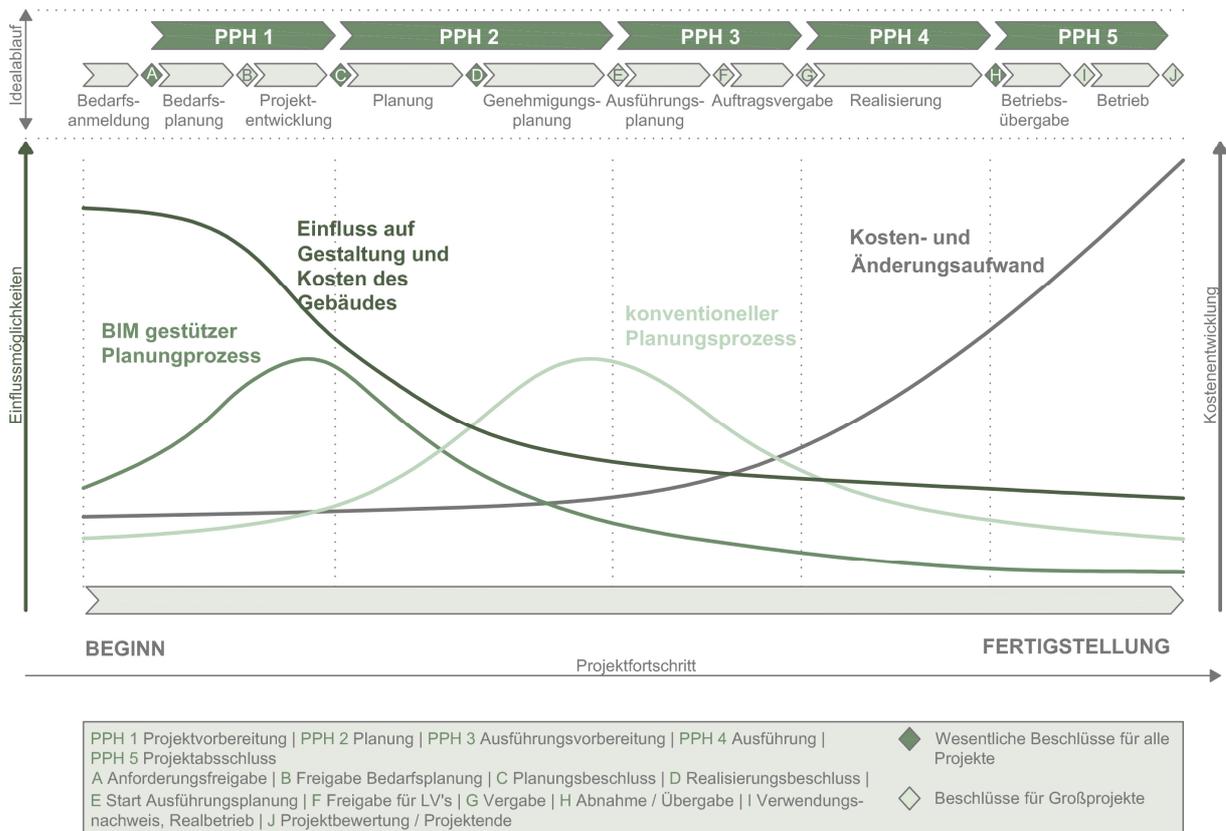


Bild 3.6 Vergleich des Kosten- und Änderungsaufwandes zwischen BIM und konventioneller Planung.²⁵⁰

3.4 Vor- und Nachteile der BIM-Methode

Building Information Modeling bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber der klassischen Bauplanung, wobei geschäftliche Vorteile wohl den größten Anreiz bieten.²⁵¹

Die Vorteile in der Anwendung einer Arbeitsweise mit BIM können in die 3 Hauptbereiche Vorteile für Anwender, Vorteile für Projekte und Vorteile für Prozesse unterteilt werden.

3.4.1 Vorteile für Anwender

Vorteile der BIM-Methode für den Anwender stellen Verbesserungen der Rentabilität, der Geschäftsentwicklung und der internen Standardisierung dar.

²⁵⁰ Abbildung nach SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 149 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

²⁵¹ Vgl. MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 19

Dazu zählen:

- Aufwertung des Images: Die Anwendung der innovativen BIM-Methode bringt, bedingt durch die mittlerweile hohe Bedeutung in der Baubranche, einen Zuwachs an Anerkennung und Wertschätzung mit sich. Für Fachkräfte ist die Digitalisierung eines Betriebes ein mitentscheidender Grund bei der Auswahl der zukünftigen Arbeitsstelle.²⁵²
- Vermarktung neuer Geschäftsmodelle und Angebote neuer Leistungen: Da BIM einen ganzheitlichen Ansatz verfolgt ist es für Unternehmen, die ein großes Portfolio an Leistungen anbieten durch die Verknüpfung von Informationen von Vorteil diese Arbeitsweise einzuführen. Durch den Einsatz von BIM wird ersichtlich welche weiteren Leistungen auf Grund der bereits vorliegenden Daten mit wenig zusätzlichem Input angeboten werden können. Es besteht sogar die Möglichkeit, dass dem Auftraggeber nach Fertigstellung des Projektes das BIM-Modell als Dokumentation der Ausführung für die Nutzung im Facilitymanagement übergeben wird.²⁵³
- Höhere Nachvollziehbarkeit der Daten: Auf Grund der leichteren Nachvollziehbarkeit der vom Auftraggeber geforderten Qualitäten und Quantitäten mittels BIM-Modell ist es für den Auftragnehmer einfacher die Kosten zu ermitteln. Der Gesamtaufwand kann in der kurzen Angebotsphase detaillierter berechnet und das Angebot kann durch geringeres Risiko kostenoptimierter erstellt werden.
- Zuschlag an wirtschaftlichstes Angebot: Derzeit wird der Zuschlag meist an das billigste und nicht an das wirtschaftlichste Angebot erteilt. Dies liegt daran, dass fast ausschließlich die niedrigsten Errichtungskosten und nicht die niedrigsten Lebenszykluskosten bedacht werden. Durch die Anwendung von BIM könnten gesamtheitlichen Kosten eines Bauwerks für die Planung, die Ausführung, die Erhaltung und Rück- und Umbau, besser und einfacher veranschaulicht werden. Somit könnte für den Auftraggeber das günstigste Gesamtangebot als Entscheidungsgrundlage dienen.²⁵⁴
- Optimierung des Bauprozesses statt Spekulation auf Nachträge: Die übliche Vorgangsweise, die sich auf Grund der erschwerten Koordination und der fehlenden Transparenz ergibt, auf Nachträge zu spekulieren um überhaupt eine Kostendeckung zu erlangen, wird durch BIM uninteressanter gemacht.²⁵⁵ Eine frühzeitige Einbindung der Ausführungsbeteiligten kann zur Optimierung der Bauweise und Bauausführung führen. Durch die transparente und

²⁵² Vgl. MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 20

²⁵³ Vgl. MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 20

²⁵⁴ Vgl. BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. S. 23

²⁵⁵ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompodium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 24

nachvollziehbare Ermittlung von Mengen ist eine Spekulation auf Grund von fehlenden Massenverschiebungen nicht mehr möglich.

3.4.2 Vorteile für Projekte

Die Anwendung von BIM führt im Vergleich zur herkömmlichen Umsetzung zu Vorteilen für Projekte:

- **Geringere Fehler und Versäumnisse:** In der herkömmlichen Planung kommt es häufig zu Fehlern auf Grund von nicht ausreichender Qualität der Planungsinformationen, deren Detailtiefe, Aktualität und Belastbarkeit schwer prüfbar sind. Es kommt häufig zum Einsatz von Dokumentationsmanagementsysteme, um die Flut an Dokumenten und ihren Revisionsständen zu verwalten. Eine wesentliche Fehlerquelle bleibt jedoch aufrecht, da es 2D geplante Dokumente nicht erlauben computerinterpretierbare Information über Abhängigkeiten zu anderen Dokumenten herzustellen. Mittels BIM-Modell ist es möglich ein Fachmodell als Bauwerksdatenbank zu verstehen und weitere Daten daran zu verknüpfen.²⁵⁶ Wenn es zu Anpassungen der Planung kommt, sind die aus dem BIM-Modell abgeleiteten Pläne automatisch am neusten Stand und auch bereits bestehende verknüpfte Dokumente behalten ihre Zugehörigkeiten.
- **Verbesserte Koordination:** Durch komplexe Bauprojekte steigt auch die Detaillierung in der Planung und Ausführung. Einhergehend mit dem dadurch verursachten Anstieg der Fachplaner und Professionisten, wächst auch der Abstimmungsaufwand, der das zentrale Problem bei der termin- und kostengerechten Abwicklung der Bauvorhaben darstellt. BIM verbessert die Koordination der Beteiligten durch die mit BIM-Modellen verbundene Möglichkeit der automatisierten Auswertung und Prüfung.²⁵⁷
- **Verringerung des Informationsverlustes:** Nicht alle Daten können in der herkömmlichen Planung direkt aus den Plänen abgeleitet werden. Neben den Plänen müssen auch Dokumente wie Energienachweise, Zertifikate etc. erbracht werden. Das Managen von einer Vielzahl verschiedener Daten kann sich auf Grund der komplexen Zusammenhänge oftmals als aufwendig und fehleranfällig darstellen. Vor allem bei Änderungen der Planung kann es zu schwerwiegenden Folgen kommen, wo es kaum nachvollziehbar ist, welche Daten nachgeführt werden müssen. BIM ermöglicht

²⁵⁶ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 21ff

²⁵⁷ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 22

mittels eines durchgängigen Datenmodells die Ableitung von Bauzeichnungen, vielfältige Möglichkeiten der Informationsauswertung und die Verknüpfung weiterer nicht im BIM-Modell enthaltener Informationen.²⁵⁸

- **Verbesserte Kostensicherheit und Terminkontrolle:** Bei Großprojekten kommt es häufig zu immensen Kostenüberschreitungen. Grund dafür sind die Komplexität der Bauten, die vielen Beteiligten und die damit verbundene Menge an Informationen, welche schwer überprüfbar sind, sowie die Verluste und Fehler bei der Weitergabe von Informationen. BIM ermöglicht mittels eines durchgängigen Zentralmodells, das Verknüpfen sämtlicher Informationen und eine nie dagewesene Transparenz. Es können sowohl Terminplanung und Kostenkalkulationen mit dem Modell verknüpft werden, damit steigt die Nachvollziehbarkeit und das Risiko von Fehlern sinkt.²⁵⁹ Es wird sichtbar gemacht welche Änderungen wie und wo die Kosten und Termine beeinflussen. Das führt zur einfacheren und schnelleren Entscheidungsfindung und insgesamt zu geringeren Baukosten.

3.4.3 Vorteile für Prozesse

Durch die Anwendung von BIM verbessern sich die Prozesse und Abläufe der Beteiligten. Dazu zählen:

- **Verbesserte und engere Zusammenarbeit:**

BIM kann die Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber verbessern, da dieser durch die visuelle Unterstützung des Modells das Gebäude leichter versteht, um Entscheidungen für das Projekt zu treffen.²⁶⁰ In der Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen hat BIM den Vorteil, dass die Koordinationsschritte automatisiert und optimiert werden können. Da die Prüfung der einzelnen Disziplinen in einem gemeinsamen Koordinationsmodell erfolgt, kommt es auch zu einem engeren Miteinander. Durch automatisierte Kollisionsprüfungen können etwaige Fehler wie vergessene Durchbrüche bereits in der Planungsphase behoben werden und führen zu keinen Mehraufwendungen in der Ausführungsphase.²⁶¹

Durch das frühzeitige einbinden von Ausführenden und Betreibern in die Planungsphase können die Daten der Planer in der Ausführungsphase weiterverwendet und so Kosten und Zeit gespart werden.²⁶²

²⁵⁸ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 25

²⁵⁹ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 14

²⁶⁰ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 53

²⁶¹ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 53

²⁶² HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 52

- kürzere Arbeits- und Genehmigungszyklen:

In der konventionellen Planung kommt es häufig bei der Übergabe von Informationen zu Verlusten. Diese Verluste müssen von den nachfolgenden Beteiligten ausgeglichen werden. Das bedeutet einen zeitlichen Mehraufwand und es kann zu falschen Annahmen und Fehlinterpretationen führen. Mit der BIM-Methode können einmal erstellte Daten wiederholt verwendet werden, das führt zu einer deutlichen Optimierung des Arbeitsablaufes. Die letztgültigen Daten stehen allen Beteiligten zur Verfügung und es können widersprüchliche Informationen vermieden werden²⁶³

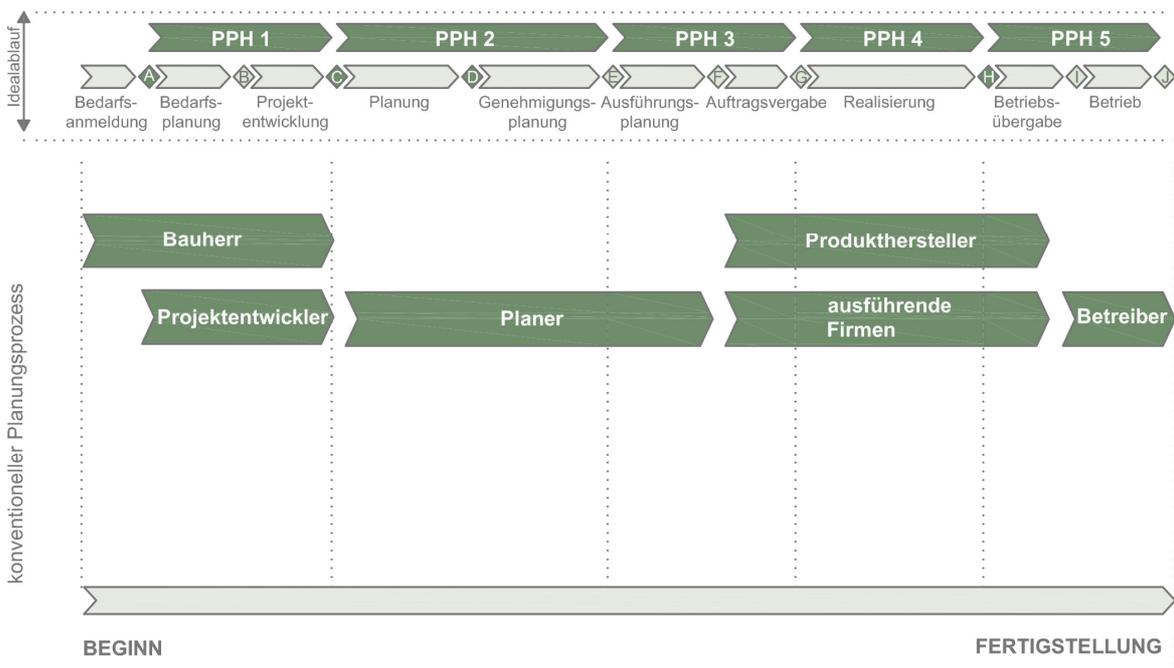


Bild 3.7 Phasenbezogener konventioneller Planungsprozess²⁶⁴

Durch die einfachere Nachvollziehbarkeit und die früher als konventionell detailliert ausgearbeitete BIM-Planung, können auch die Zyklen der Genehmigung verkürzt werden.²⁶⁵

²⁶³ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 2f

²⁶⁴ Abbildung nach SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 149 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

²⁶⁵ Vgl. MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 21

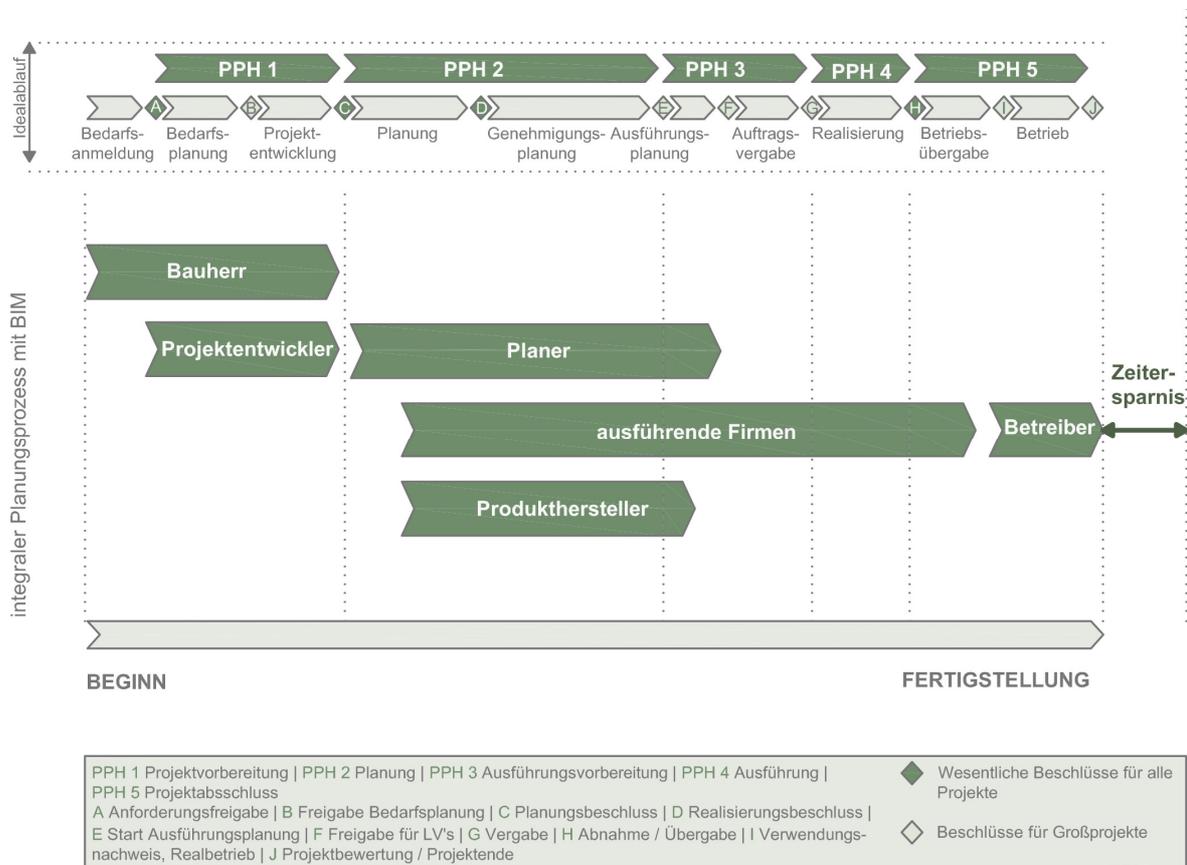


Bild 3.8 Phasenbezogene Zeitersparnis eines integralen Planungsprozesses mit BIM²⁶⁶

Eine weitere Prozessoptimierung bringt der kombinierte Einsatz von BIM und Lean Design Management (LDM). Hierbei wird bereits in der Planungsphase ein integraler und kooperativer Arbeitsablauf gestartet. Durch eine funktionale Beschreibung kann bereits in frühen Planungsphasen ohne detailliertes Wissen über benötigte Informationsgehalte (LOI) eine Vergabe durchgeführt werden. In einem stufigen Verfahren kommt es durch die Ausarbeitung einer konkreten Leistungsbeschreibung zum Vertragsabschluss für die Ausführung. Auf Grund der durchgängigen Nutzung der digitalen Modelle führt es gesamtheitlich zu einer Verkürzung der Prozesse als mit den bisherigen Methoden.²⁶⁷

3.4.4 Nachteile in der Anwendung

Der ganzheitliche betrachtete BIM-Prozess hat im Vergleich mit einer konventionellen Methode wenig bis gar keine Nachteile. Die Nachteile von

²⁶⁶ Abbildung nach SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 149 und HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

²⁶⁷ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 145

BIM können entweder in einer Umstellungs- und Einführungsphase oder wenn nur separate Teilprozesse betrachtet werden entstehen.

Jede Umstellung von Prozessen ist mit mehr oder weniger Aufwand verbunden, so auch bei der BIM-Methode. Für BIM-Neulinge ist auf Grund von einfacheren Zusammenhängen zu empfehlen, nur in einer Disziplin, dem so genannten „Little BIM“, mit kleineren Aufgaben, welche hohen Nutzen bringen zu starten.²⁶⁸

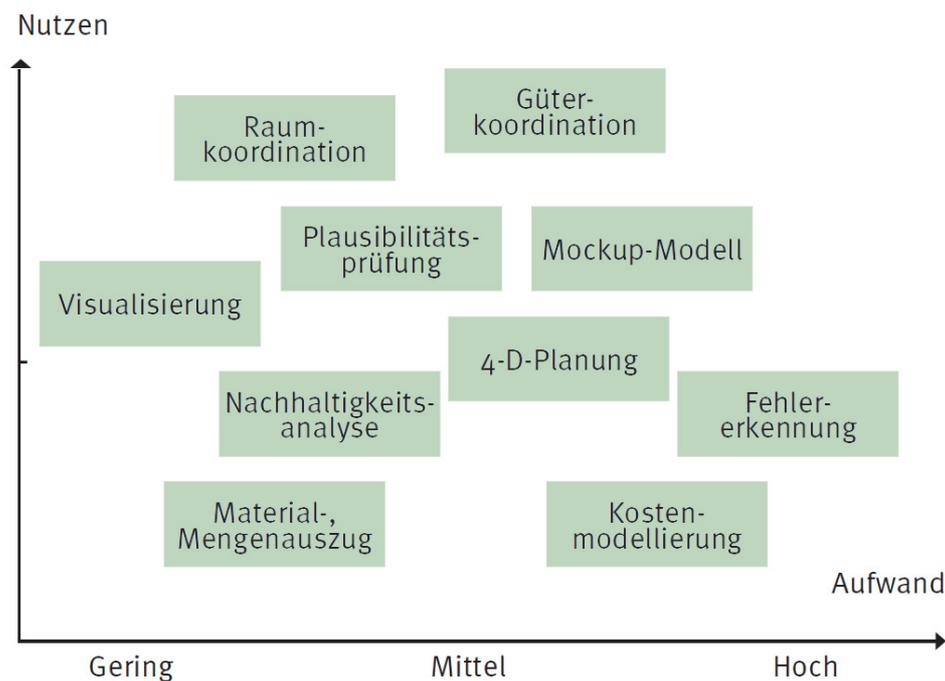


Bild 3.9 Aufwand und Nutzen einzelner BIM-Pakete²⁶⁹

Die Einführung von BIM kann folgende Aufwendungen mit sich bringen:

- *„Kosten für Hardware und Software und Support*
- *Kosten für Schulungen, Beratung*
- *Übungsprojekte für das längere oder kürzere*
- *Durchlaufen der Lernkurve*
- *Erfordernis von (teuren) Spezialisten für Datenmodelle und das Datenmanagement*
- *Delegation hoher Verantwortung im Projekt an Spezialisten*
- *größere Abhängigkeit von Einzelpersonen“²⁷⁰*

²⁶⁸ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 135

²⁶⁹ Abbildung nach SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 135

²⁷⁰ SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 135

BIM verändert die Bauwelt maßgebend und womöglich wird in absehbarer Zeit der Beruf des CAD-Bauzeichners durch den BIM-Techniker abgelöst werden. Der Verlust an Produktivität bei den ersten Projekten relativiert sich rasch bei Teams, die schon mehrere Projekte abgewickelt haben.²⁷¹

Da bei einem BIM-Projekt in frühen Projektphasen der Aufwand höher ist als in der konventionellen Arbeitsweise, ist die Anwendung der aktuellen Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOIA) für Planende eher unattraktiv. Grundsätzlich schließt die HOIA eine BIM-Planung nicht aus, da der Auftraggeber die Freiheit hat beliebige und besondere Leistungen ergänzend zu beauftragen.²⁷²

Eine gängige vertragliche Regelung für die Projektabwicklung mit BIM sind Mehrparteienverträge, wo auch ausführende Firmen frühzeitig mit eingebunden werden. Ein Nachteil dieser Vertragsart ist, dass sämtliche Beteiligten mit den Inhalten einverstanden sein und diesen auch zeitgleich unterzeichnen müssen. Dem gegenüber stehen Einzelverträge, denen auch ein BIM-Abwicklungsplan, welcher die Projektumsetzung im Detail regelt, zu Grunde liegen sollte.²⁷³

3.5 Norm

Die österreichischen Normenreihe zum Thema BIM sind die ÖNORM A 6241-1 „Technische Zeichnungen für das Bauwesen - Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) - Level 2“ und die ÖNORM A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM“.

Diese beiden Normen bilden eine Grundlage, um die Planung mit BIM nach vordefinierten Standards umzusetzen. Die Zusammenarbeit mehrerer Beteiligter soll dadurch erleichtert werden, denn Strukturen für den Aufbau der BIM-Daten sind darin definiert.

In beiden Normen befinden sich zu Beginn Begriffsdefinitionen, die hilfreich sind, um bei unterschiedlichen Auslegungen und Interpretationen von Projektbeteiligten darauf Bezug zu nehmen.

In den Anhängen sind Muster- und Strukturvorlagen, die einen detaillierten Einblick für praxisnahe Anwendungen bietet.

3.5.1 ÖNORM A 6241-1

Die ÖNORM A 6241-1 „Technische Zeichnungen für das Bauwesen - Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) - Level 2“

²⁷¹ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 135

²⁷² Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 136

²⁷³ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 137

ist die nachfolgende Norm der „ÖNORM A6240-4: Technische Zeichnungen für das Bauwesen – Teil 4: Digitale Dokumentation“.

Der Begriff „Building Information Modeling Level 2 (BIM Level 2)“ wird in der ÖNORM wie folgt definiert:

„Methode zum Erstellen, Vorhalten und Vernetzen eines gewerkübergreifenden (integralen) virtuellen CAD-Modells, beginnend mit der ersten Gebäudeskizze, endend mit dem Abbruch des Bauwerks“²⁷⁴

Im Kapitel 4 sind die Anforderungen an den Planaufbau, wie Anforderungen für CAD Modelle als BIM-Modelle, Vorlagedateien, Layer/Ebenen, Blöcke und Attribute definiert. In weiteren Kapiteln befinden sich Beschreibungen über Plankopfinhalte, Raumblöcke, Raumnutzungen und Dateinamen.

In den Anhängen befindet sich unter anderem auch ein Attributsverzeichnis, das mögliche Eigenschaften von Attributen wie „Text“, „Zahl“ und „Ja/Nein“ beschreibt.

3.5.2 ÖNORM A 6241-2

Die ÖNORM A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM“ stellt den nächsten Schritt der BIM-Entwicklung zu Level 2 dar.

Der Begriff „Building Information Modeling Level 3 (BIM Level 3, iBIM)“ wird in der ÖNORM wie folgt definiert:

„vollständig integraler, gemeinschaftlicher Prozess der Modellierung eines virtuellen Gebäudemodells in Übereinstimmung mit der Ausführung für die Datenpflege über den gesamten Lebenszyklus, in einem gemeinsamen zentralen Datenmodell unter Einarbeitung von Sachdaten für weiterführende Informationen, die als zusätzliche Dimensionen beschrieben werden“²⁷⁵

Die ÖNORM A 6241-2 beinhaltet Informationen über den Umgang von Teilmodellen wie Architektur, Tragwerksplanung, technische Gebäudeausrüstung und Bauphysik. Die Lebensphasen eines Gebäudes angefangen bei der Projektinitiative bis hin zur Nutzung werden in der Norm angeführt. Die Beschreibungen der Dimensionen 4D Zeit, 5D Kosten und 6D Nachhaltigkeit sind darin enthalten. Ein Kapitel beschreibt die übertragbaren Inhalte des softwareunabhängigen Datenaustauschformats IFC und wie dieses Format für die Datenstruktur im ASI Merkmalsserver verwendet werden soll.

Im Anhang befindet sich ein Modellierleitfaden mit Darstellungen über Geschäftsstrukturen und Elementklassen.

²⁷⁴ NORMUNGSINSTITUT, A. S.: Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) – Level 2. Norm. S. 6

²⁷⁵ AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 4

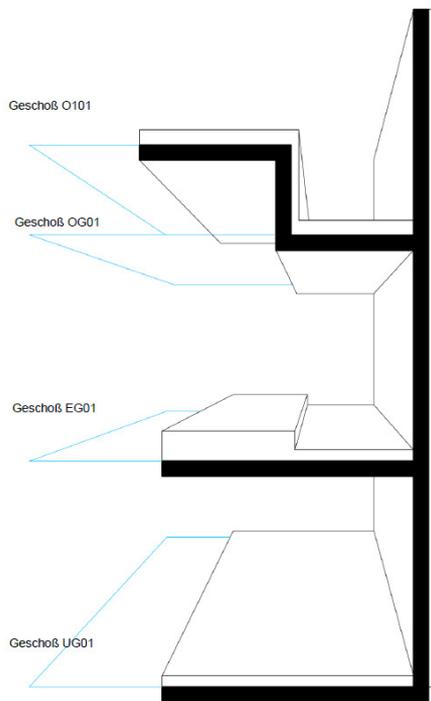


Bild 3.10 BIM-Geschoßentwicklung²⁷⁶

Ebenso befindet sich im Anhang ein Beispiel BIM-Workflow der den möglichen BIM-Prozess aller Beteiligten mit Anbindung des ASI Merkmalservers und dem IFC Format darstellt.

²⁷⁶ AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 15

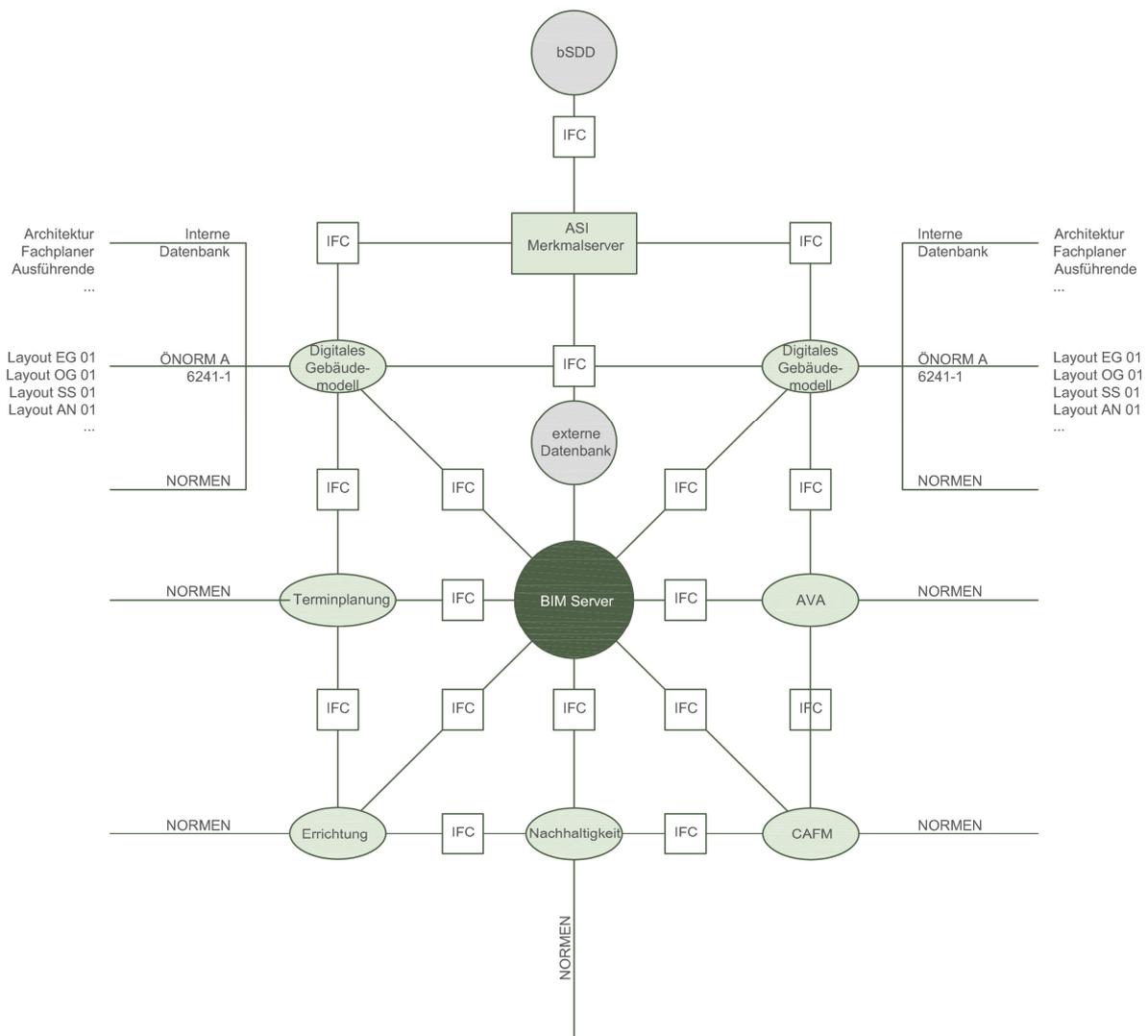


Bild 3.11 Beispielhafter BIM-Workflow²⁷⁷

3.6 Merkmalsserver

Als Merkmalsserver wird eine Datenbank bezeichnet, die während der Erstellung eines BIM-Modells als Basis für die standardisierte Parametererstellung und Informationsbefüllung dient.

²⁷⁷ Abbildung nach AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 38

In Österreich wurde der freeBIM/ASI Merkmalsserver entwickelt und hatte das Ziel 2017 fertig gestellt zu werden. Dieses Konzept soll als „gemeinsame Sprache“ für den Open-BIM-Prozess angewendet werden.²⁷⁸

In der ÖNORM 6241-1 wird der „ASI-Merkmalsserver“ wie folgt definiert:

„offener Standard im Bauwesen zur Beschreibung und zum Austausch von digitalen Gebäudemodellen“²⁷⁹

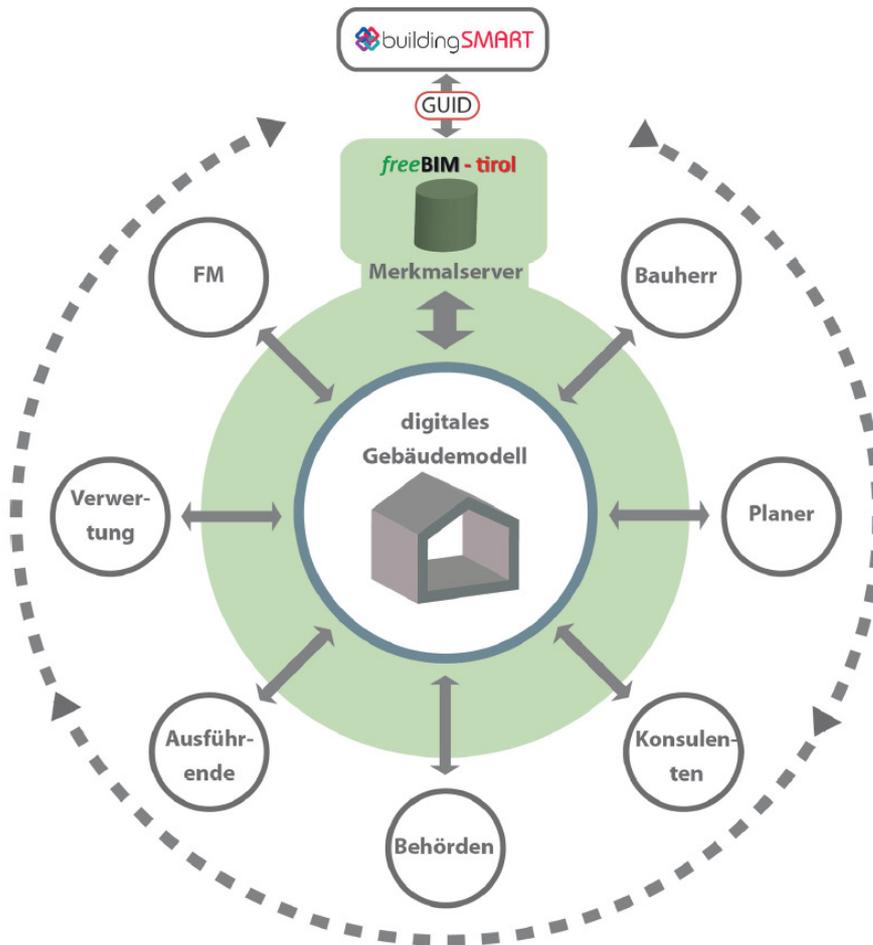


Bild 3.12 Merkmalsserver²⁸⁰

Da der Merkmalsserver zum Zeitpunkt des Beginns dieser Arbeit nicht fertig gestellt war, wurde im Anwendungsbeispiel darauf nicht bedacht genommen. Für zukünftige BIM unterstützte Nachhaltigkeitsprojekte könnte dieser Merkmalsserver maßgeblich zur Standardisierung beitragen.

²⁷⁸ Vgl. TAUTSCHNIG, A.; FRÖCH, G.; GÄCHTER, W.: Österreichischer BIM-Bericht 2017. S. 7f

²⁷⁹ TAUTSCHNIG, A.; FRÖCH, G.; GÄCHTER, W.: Österreichischer BIM-Bericht 2017. S. 8

²⁸⁰ AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 38

3.7 BIM-Klassifizierungen

Um die Wertigkeit von BIM-Daten und -Prozesse zu definieren wurden Klassifizierungssysteme geschaffen, die auf Grund ihrer Angaben Rückschlüsse auf die Qualität der Daten ermöglichen.

3.7.1 Level of BIM

Beim Level of BIM geht es um die Klassifizierung der Dateninformationsqualität und der Datenübergabeart. Die Levelangaben gehen von Null bis Drei. Je höher der Level der zu übergebenden Daten, desto höher die Qualität.

Level 0	Level 1		Level 2	Level 3	
CAD	2D	3D	AIM SIM FIM BSIM	iBIM	
	proprietäre Formate		Proprietärformate COBie	ISO-Standards	Austauschformate
Zeichnungen	Geometrische Modell		Disziplinen-spezifische BIM-Modelle	Integrierte, interoperable Bauwerksmodelle für den gesamten Lebenszyklus	
Papier	Austausch einzelner Dateien		zentrale Verwaltung von Dateien, gemeinsame Objektbibliothek	Cloud-basierte Modellverwaltung	Datenaustausch, Koordination der Zusammenarbeit

- AIM Architecturs Information Model
- SIM Structural Information Model
- FIM Facility Information Model
- BSIM Building Service Information Model
- COBie Construction Operations Building Information Exchange
- IDM Information Delivery Manual
- IFC Industrialy Foundation classes
- IFD International Framework for Dictionaries

Bild 3.13 BIM-Klassifikation - Level of BIM²⁸¹

Mit dem BIM Level 0 ist der Übergang vom händischen Zeichnen zu 2D CAD Systemen definiert. Das Ergebnis sind Zeichnungen, die in Papierform übergeben werden.²⁸²

Beim BIM Level 1 ist der Prozess des Konstruierens der gleiche wie beim BIM Level 0, jedoch wird hierbei als Werkzeug ein CAD System verwendet

²⁸¹ Abbildung nach BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 10

²⁸² Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 11

und erzeugt ein geometrisches Modell. Dieses Modell kann als digitale Datei übergeben werden.²⁸³

Im BIM Level 2 benötigt man eine BIM-fähige Software, die für die Erstellung von intelligenten Modellen dient. Die Modelle werden je Gewerk separat erzeugt und besitzen zusätzlich zur Geometrie weitere Informationen wie Materialangaben. Die Zusammenführung der Gewerkemodelle erfolgt zentral auf einem gemeinsamen Server.²⁸⁴

Im BIM Level 3 werden ebenso wie im Level 2 intelligente Modelle erzeugt. Hierbei werden sämtliche Informationen in Echtzeit über ein offenes Datenformat auf einem Cloudbasierten Speicher abgelegt. Alle Beteiligten sollen ortsunabhängig auf die letztgültigen Informationen zugreifen können.²⁸⁵

3.7.2 Closed/open/ little/ big BIM

Die Klassifizierung nach closed, open, little oder big BIM definiert die Art des Datenaustausches und den Umfang der einbezogenen Disziplinen.

²⁸³ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 11

²⁸⁴ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 11f

²⁸⁵ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 12

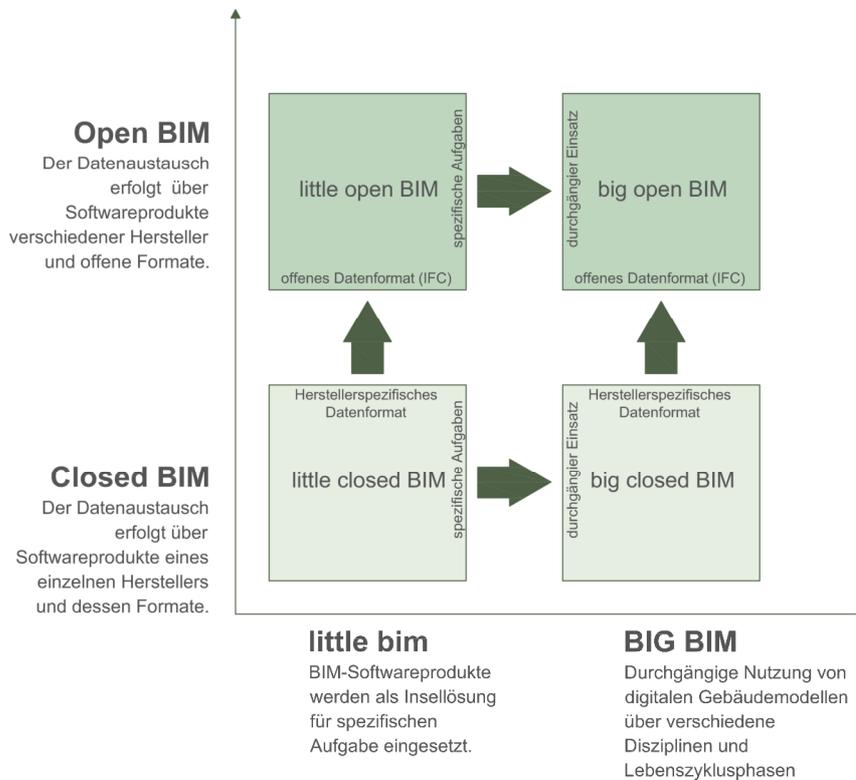


Bild 3.14 BIM-Definition: Open-BIM, Closed-BIM, LittleBIM und BigBIM²⁸⁶

3.7.2.1 Closed-BIM

Bei Closed-BIM werden BIM-Modelle mit nur einer Software oder Softwareproduktgruppe hergestellt. Alle Beteiligten arbeiten in einem geschlossenen System. Dies hat den Vorteil, dass beim Austausch der Daten der volle Funktionsumfang der nativen Software aufrecht bleibt.²⁸⁷

3.7.2.2 Open-BIM

Der Vorteil von Open-BIM liegt, auf Grund der Verwendung eines offenen Datenaustauschformats, in der freien Wahl der Software für alle Projektbeteiligten. Da die aktuellen Austauschformate nicht sämtliche nativen Funktionen mitüberegeben können, kommt es beim Import der offenen Daten zu Einschränkungen in der Weiterverarbeitung.²⁸⁸

²⁸⁶ Abbildung nach BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 8

²⁸⁷ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 8

²⁸⁸ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 8f

3.7.2.3 Little BIM

Als Little BIM kann der BIM-Prozess verstanden werden, wenn eine BIM-Software nur für die Erfüllung der Anforderungen einer einzelnen Disziplin angewendet werden kann. Dadurch hat man meist den Vorteil, dass die Funktionen für den geforderten Zweck sehr gut ausgeprägt sind.²⁸⁹

3.7.2.4 BIG BIM

Mit BIG BIM wird ein BIM-Prozess definiert, der sowohl sämtliche Disziplinen umfasst, als auch über die gesamten Phasen des Lebenszyklus angewendet wird.²⁹⁰

3.7.3 LOD/LOI/LOG

Die Abkürzung LOD steht für Level of Development oder Level of Detail und beschreibt den Ausarbeitungsgrad. Der LOD kann aus dem Level of Geometrie (LOG) und dem Level of Information (LOI) zusammengesetzt werden.²⁹¹

Die Scala des LOD beginnt mit LOD 100 und endet mit LOD 500. Beim LOD 100 wird das Modell grafisch als Symbol oder in sehr einfacher Geometrie dargestellt und besitzt elementbezogene Informationen wie Kosten pro m². Unter LOD 500 versteht man einen Ausarbeitungsgrad der eine hohe geometrische und informative Detailierungstiefe aufweist und der realen Ausführung entspricht.²⁹² Die genaue Aufteilung der LOD wird in der folgenden Grafik gezeigt.

²⁸⁹ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 7f

²⁹⁰ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 7f

²⁹¹ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompodium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 137

²⁹² Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 141

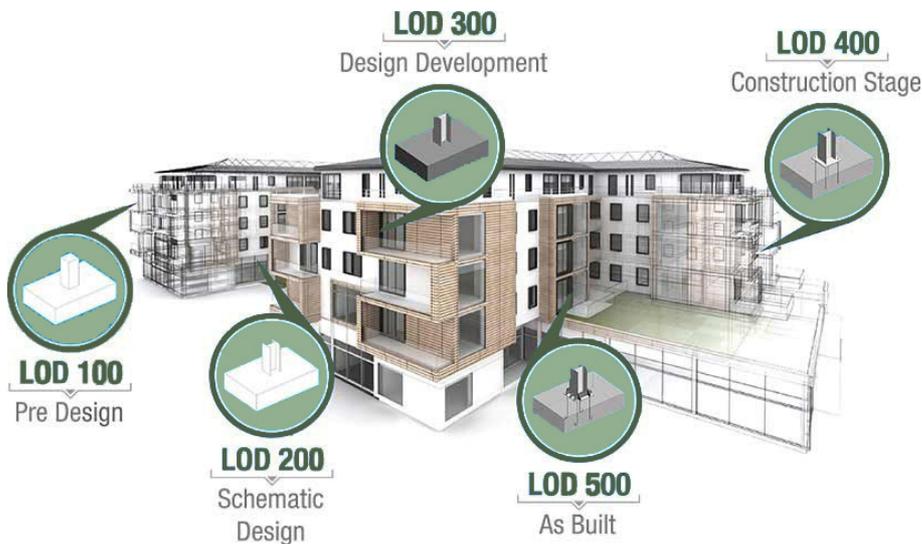


Bild 3.15 Level of Development (LOD) ²⁹³

3.8 Datenaustausch - IFC

In der ÖNORM 6241-1 wird IFC (Industry Foundation Classes) wie folgt definiert:

„offener Standard im Bauwesen zur Beschreibung und zum Austausch von digitalen Gebäudemodellen“²⁹⁴

Mit IFC können sämtliche Geometrie- und Sachinformationen ausgetauscht werden. In sogenannten „Coordination Views“ werden die Gebäudestruktur Informationen definiert und erleichtern die schnelle Suche und Filterung von Bereichen. Informationen von Bauelementen können in sogenannten „PropertySets (Merkmalisten)“ gruppiert werden.²⁹⁵

In den letzten Jahren hat sich IFC als das „Open-BIM“ Standardformat etabliert. Es wird von vielen Softwareherstellern unterstützt und kann für den Datenimport und Datenexport angewendet werden.²⁹⁶

Ein Nachteil des IFC Formates liegt in den eher schwierigen bis zu nicht durchführbaren Anpassungen der Geometrie nach dem reimportieren eines Modells.

²⁹³ Abbildung von <https://www.truecadd.com/level-of-development-lod.php>. Datum des Zugriffs: 11.05.2019

²⁹⁴ AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 4

²⁹⁵ Vgl. AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 9

²⁹⁶ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 85

3.9 Die Einreihung der Nachhaltigkeit im BIM-Prozess

Die Dimensionen von BIM werden häufig aufbauend von 3D der Geometrie, 4D der Zeit, 5D den Kosten und 6D der Nachhaltigkeit definiert.

In der ÖNORM 6241-1 wird „6D Nachhaltigkeit“ wie folgt definiert:

„Die Nachhaltigkeit bewertet Bauwerke hinsichtlich ihrer umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Qualität unter Berücksichtigung der technischen Eigenschaften und Funktionalität. Mit der Nachhaltigkeitsbewertung ist der Beitrag zu messen, den diese Bauwerke zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten.“²⁹⁷

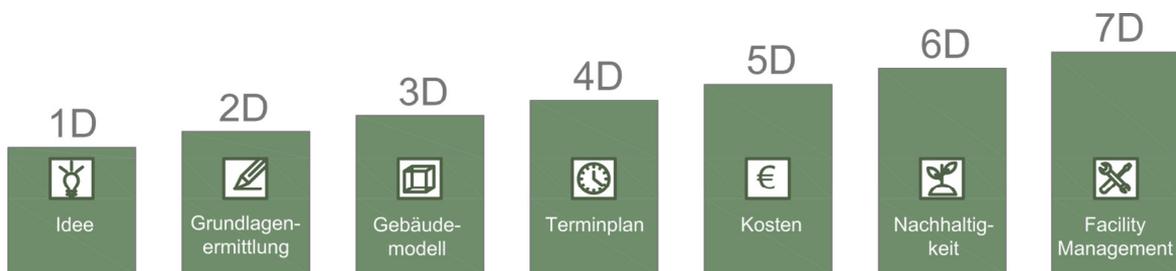


Bild 3.16 Einreihung der Nachhaltigkeit im BIM-Prozess²⁹⁸

3.10 Zwischenfazit zur BIM-Methode

Der Anwendung der BIM-Methode steht nichts mehr im Wege. BIM besteht darin, dass aus 3D-Modellen nicht nur Pläne abgeleitet werden, sondern die intelligenten Modelle auch für Berechnungen und Analysen, sowie der nahtlosen Weiterverwendung von digitalen Daten für die spätere Nutzungsphase verwendet werden können.²⁹⁹ Durch zusammenhängende Prozesse kann die gesamtheitliche Projekteffizienz gesteigert und Fehlerquellen können mittels automatisierter Prüfroutinen frühzeitig erkannt und behoben werden. Die transparente und durchgängige Arbeit ermöglicht auch eine höhere Nachhaltigkeit für Gebäudeplanung und –betrieb.³⁰⁰

Die Anzahl an Projekten, bei denen die Nutzung der BIM-Methodik vorgeschrieben ist, steigt weltweit.³⁰¹ Eine große Rolle dabei spielt die öffentliche Hand, die Anreize für die Verwendung von BIM liefern kann. In einigen

²⁹⁷ AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. S. 8

²⁹⁸ Abbildung nach <https://www.protim.si/de/bim>. Datum des Zugriffs: 12.05.2019

²⁹⁹ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. , S.V

³⁰⁰ Vgl. MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 17

³⁰¹ Vgl. MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 40

Ländern wie Großbritannien ist die Nutzung von BIM in der Planung bereits vorgeschrieben.³⁰²

„BIM hat das Potenzial, die Arbeitsabläufe im Architektur- und Bauwesen zu revolutionieren.“³⁰³

Änderungen sollten als Chance wahrgenommen werden, auch wenn diese mit Aufwand und Gegenstrom verbunden ist. Durch BIM wird sich die Art der Planung und die Art der Zusammenarbeit grundlegend ändern.³⁰⁴

³⁰² Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 2

³⁰³ MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. S. 7

³⁰⁴ Vgl. HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompodium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. S. 12

4 Anwendungsbeispiel in der Praxis

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Anwendung der BIM-Methode für die Nachhaltigkeit in der Praxis. Es wird ein kurzer Überblick über die Entwicklung von BIM in der Nachhaltigkeit und deren Einsatzbereiche gegeben. Schließlich folgt das Kernstück der gegenständlichen Arbeit, der Vergleich der möglichen Prozesse, wie eine Ökobilanz durch BIM unterstützt werden kann und die Durchführung einer solchen Bilanzierung auf Basis der ÖGNI.

4.1 Entwicklung im Bereich BIM und Nachhaltigkeit

Wie lässt sich BIM nun als Werkzeug für die Nachhaltigkeit einsetzen? Wie bereits erwähnt haben die frühen Phasen des Entwurfsprozesses einen starken Einfluss auf Gestaltung, Kosten, den gesamten Lebenszyklus und die Zukunftsfähigkeit von Gebäuden. Das höchste Optimierungspotenzial für Nachhaltigkeitsziele steckt bereits in der Projektentwicklung, Vorplanung und Planung, da in diesen Phasen bereits die nachhaltige Bauweise bestimmt wird. Kosten, Konstruktion, die verwendeten Materialien und auch das Energie- und Nutzungskonzept werden in diesen Phasen bestimmt und wirken sich auf den gesamten weiteren Verlauf aus. Um komplexe Bauprojekte fassen zu können und auch der Nachhaltigkeit gerecht zu werden, ist es entscheidend, von Beginn an, in einem interdisziplinären Team zusammenzuarbeiten, dabei sollte das Projekt und seine Ziele im Vordergrund stehen.

Das zentrale BIM-Modell mit den einzelnen Fachmodellen hat dabei eine entscheidende Rolle. Es kann simultan an den einzelnen Gewerken gearbeitet werden, dabei besteht eine Verbindung zum Zentralmodell. Somit können zu jedem Zeitpunkt Kollisionen geprüft werden.

Die Kriterienkataloge der unterschiedlichen Zertifizierungssysteme können dabei unterstützend eingesetzt werden. Denn sie dienen bereits in der Projektentwicklung zur Festlegung von Planungszielen, sowie sich auch bereits zu Beginn Aussagen über die Nachhaltigkeitsqualität des geplanten Gebäudes treffen lassen.³⁰⁵

Bei näherer Betrachtung wird ersichtlich, dass BIM auch für die Nachhaltigkeit einen Vorteil bringt. Denn Nachhaltigkeit mag wichtig und zukunftsträchtig sein, jedoch wird sie stiefmütterlich behandelt, wohl auch weil Nachhaltigkeit auf den ersten Blick mehr kostet:

- Mehr Aufwand in der Planung
- Ökologischere Baustoffe kosten eventuell mehr

³⁰⁵ Vgl. KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 76f

Wird die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes betrachtet, so sieht man, dass ein frühzeitiges Denken an Nachhaltigkeit enorme Kosten einsparen kann (zB Nutzungsflexibilität, Reinigungsfreundlichkeit).

Die BIM-Methode hat den Vorteil, dass Informationen von vornherein im Modell verfügbar sind und diese können ohne viel Mehraufwand ausgewertet werden. Beispielsweise können für die Ökobilanz Massenermittlungen aus dem Modell gezogen werden. Weiters kann das Modell für thermische Simulationen und Lichtsimulationen herangezogen werden. Besonders wenn auf Standards und Normen aus dem Bauwesen und dem Facility Management Bezug genommen wird, bringt die BIM-Methode einen erheblichen Vorteil, da auf eine einheitliche Sprache zurückgegriffen wird. Es entsteht die Möglichkeit aus dem Modell der Bauphasen das zukünftige Modell für die Nutzungsphase zu generieren, dabei sind ausschließlich die spezifischen Informationen für die Nutzung zu ergänzen. Für das Facility Management ist jedoch abzuschätzen, welche Daten für den Betrieb tatsächlich relevant sind. Das digitale Modell beschreibt den Wert und die Nachhaltigkeit des Gebäudes.³⁰⁶

4.2 Mögliche Einsatzbereiche der BIM-Methode für die Nachhaltigkeit

Der Einsatzbereich für BIM im Zuge der Umsetzung nachhaltigen/lebenszyklusorientierten Planens und Bauens ist vielseitig. Die BIM-Methode kann zum Beispiel in den folgenden Bereichen sinnvoll verwendet werden:

- Ökobilanz
- Lebenszykluskostenberechnung
- Thermische Simulationen
- Tageslichtsimulationen
- Variantenvergleich
- Weitere bauphysikalische Berechnungen

4.2.1 Ökobilanz

Basis für die Ökobilanz stellt die Mengenermittlung dar. Im konventionellen Verfahren ist diese sehr aufwendig zu berechnen und bei Änderungen müssen die Daten neu ermittelt werden. Durch den Einsatz der BIM-Methode kann die Ökobilanzberechnung rascher durchgeführt werden, da im BIM-Modell bereits alle Daten für eine Mengenermittlung vorhanden sind. Auch bei Änderungen werden sämtliche Daten automatisch mit geändert.

³⁰⁶ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 395

Dies ermöglicht fortwährend eine aktuelle Massenaufstellung für die Berechnung der Ökobilanzierung zur Verfügung zu haben.

4.2.2 Lebenszykluskostenberechnung

In der konventionellen Berechnung werden die Kosten händisch ermittelt und müssen für jegliche Änderung erneut berechnet werden. Das BIM-Modell hingegen beinhaltet bereits die Kosten für Planung und Errichtung. Lediglich die Daten für die Nutzung und den Betrieb, sowie den Rückbau müssen im BIM-Modell ergänzt werden. Änderungen im Modell werden automatisch angepasst. Zukünftig sollte es daher möglich sein, die Änderungen in Echtzeit bilanzieren zu können und so in kürzester Zeit Variantenberechnungen ermöglichen zu können.

4.2.3 Thermische Simulationen und Tageslichtsimulationen

Thermische Simulationen und Tageslichtsimulationen können bei Existenz eines BIM-Modells durchgeführt werden, da hierfür ein 3D-Modell notwendig ist. Für die gängigen Programme ist allerdings meist eine Vereinfachung des Modells nötig. Allerdings gibt es dafür Programme, die dies einfach und schnell ermöglichen, wie zum Beispiel Simplebim.

4.2.4 Variantenvergleich

Variantenvergleiche sind im Normalfall mit einem erheblichen Aufwand verbunden und werden deshalb nicht durchgeführt. Mit Hilfe der BIM-Methode können Varianten jedoch einfacher verglichen werden, da bei unterschiedlichen Modellen, Änderungen automatisch erfolgen und somit eine rasche Vergleichbarkeit möglich machen.

4.2.5 Bauphysikalische Berechnungen

Bei der konventionellen Methode sind, bauphysikalische Berechnungen gesondert durchzuführen. Mit der BIM-Methode besteht die Möglichkeit bauphysikalische Eigenschaften und Informationen bereits im Modell zu parken und diese automatisch auszuwerten.

4.3 Wahl des Anwendungsbeispiels

Um zu prüfen, ob die BIM-Methode tatsächlich einen Vorteil für die Nachhaltigkeit bringt, wurde ein Anwendungsbeispiel durchgeführt. Für die Wahl dieses Praxis-Beispiels wurden die zuvor genannten Werkzeuge

verglichen und der Nutzen für HABAU, mit deren Hilfe das Projekt abgewickelt wurde, abgewogen. Die folgende Tabelle stellt die Nachhaltigkeitswerkzeuge gegenüber.

Tabelle 4.1 Vergleich der Nachhaltigkeitswerkzeuge die mit BIM vereinfacht genutzt werden können

		Lebenszyklus- kostenberechnung	thermische Simulation	Tageslicht- simulation	Variantenvergleich
Aufwand	ohne BIM	sehr hoch	nicht möglich	nicht möglich	extrem hoch
	mit BIM	wird um einiges erleichtert	sehr einfach möglich	sehr einfach möglich	wird um einiges erleichtert
Anwendungsbereich		Massenermittlung	Simulation	Simulation	Vergleich
mögliche Pro- gramme	BIM-Modell	Revit, Allplan, ArchiCAD, etc.	Revit, Allplan, ArchiCAD, etc.	Revit, Allplan, ArchiCAD, etc.	Revit, Allplan, ArchiCAD, etc.
	spezielles Programm	TWO	Simplebim, IDA	SimpleBIM, Relux	Caala
Interesse der Baufirma		sehr hoch	eher gering	eher gering	gegeben

Als größter Nutzen zeichnete sich eine BIM-basierte Ökobilanz ab. Bei HABAU werden Gebäudezertifizierungen durchgeführt für die Ökobilanzen erforderlich sind, allerdings sind händische Ermittlungen sehr aufwendig zu erstellen. Durch die BIM-Methode erhofft sich die Firma eine schnellere Auswertung, die auch bei Änderungen leicht angepasst werden kann.

Die Lebenszykluskostenberechnung ist ebenfalls Teil der Gebäudezertifizierungssysteme und es besteht Interesse diese mit BIM abdecken zu können. Gedanke ist, dass die anschließend weiterführende Entwicklung von BIM im Bereich lebenszyklusorientiertes Planen, sich dann diesem Thema widmen.

Die Variantenvergleiche im Bezug auf lebenszyklusorientiertes Planen im frühen Stadium des Entwurfes und auch der Planung waren bis lang sehr aufwendig und wurde nicht erstellt, daher lag bis dato kein Focus auf diesem Gebiet. Durch die Möglichkeiten die BIM mit sich bringt, dass Alternativangebote einfacher, schneller und besservergleichbar sind, steigt auch das Interesse für Kunden Alternativmöglichkeiten mitanzubieten.

Im Bereich Simulationen gibt es keinerlei Erfahrung auch das Interesse ist eher mäßig vorhanden. Allerdings ist für künftige Planungen, um Behaglichkeitsuntersuchungen, optimale Tageslichtnutzung sowie optimale Kühl- und Heizbedarfsermittlungen zu erlangen, vorstellbar Simulationsprogramme zu nutzen.

Anzumerken ist, dass die dargestellte Tabelle als erster Schritt für die Einführung von BIM in den Bereich Nachhaltigkeit, zu sehen ist. Dieser Bereich soll sukzessive erweitert werden und zukünftig alle Bereiche abdecken.

4.4 Mögliche Prozesse für die Ökobilanz

Es gibt unterschiedliche Herangehensweisen, wie BIM für die Ökobilanz eingesetzt werden kann. Denn die BIM-Arbeitsweise ist nicht so weit fortgeschritten, als dass es einen idealen Prozess gibt. Es existieren unterschiedliche Wege.

Prinzipiell ist zu Beginn die Entscheidung zu treffen, ob closed- oder open-BIM gewählt wird. Dies hat zur Folge, dass bei closed-BIM ein eigener Bauteilkatalog geschaffen werden soll, auf den zurückgegriffen werden kann. Die Erstellung eines vordefinierten Contents benötigt allerdings Zeit sowie Aufwand. Die closed-BIM Variante hat zur Folge, dass ausschließlich ein ausgewähltes, in diesen Bauteilkatalog eingeführtes, geschlossenes Team damit arbeiten kann. Fremdprojekte müssen entweder neu modelliert oder überbemustert werden. Eine doppelte Modellierung ist somit notwendig.

Bei Open-BIM wird mit einer offenen Modellierweise gearbeitet und es gibt keine Vorgaben welches Programm zu wählen ist, welche Bauteile zu benennen sind, welche Vorgehensweise bei der Modellierung zu beachten ist etc. Nachteil ist, dass beispielsweise keine komplett vordefinierte Bauteilliste oder vorgefertigte Auswertung in AVA-Programmen oder sonstigen Programmen verwendet werden können. Diese müssen auf jedes Projekt angepasst werden, das bedeutete an dieser Stelle einen Mehraufwand im Vergleich zur closed-BIM-Variante.

Wenn eine Vielzahl an Eigenprojekten vorliegen und fortwährend mit den gleichen Teams gearbeitet wird, ist die Entwicklung eines eigenen Bauteilkatalogs sinnvoll. Anderenfalls wenn die meisten Projekte von außen kommen und ständig neue Teams zusammengestellt werden, wenn demnach die Planung nicht im Haus stattfindet, ist die open-BIM-Variante zu bevorzugen. Da die Entwicklung eines eignen Contents zu aufwendig und zeitintensiv ist. In diesem Fall wird mit der IFC-Schnittstelle gearbeitet.

4.4.1 Ökobilanzprozess durch den konventionellen Weg ohne BIM-Methode

Bisher wurden alle Daten für die Ökobilanz aus den unterschiedlichsten Unterlagen zusammengetragen und händisch ausgewertet, wie in der folgenden Grafik dargestellt. Das bedeutet eine erhebliche Menge Arbeit, um eine Massenermittlung zu erlangen, die anschließend als Ökobilanz ausgewertet wird, die automatisiert funktionieren kann.

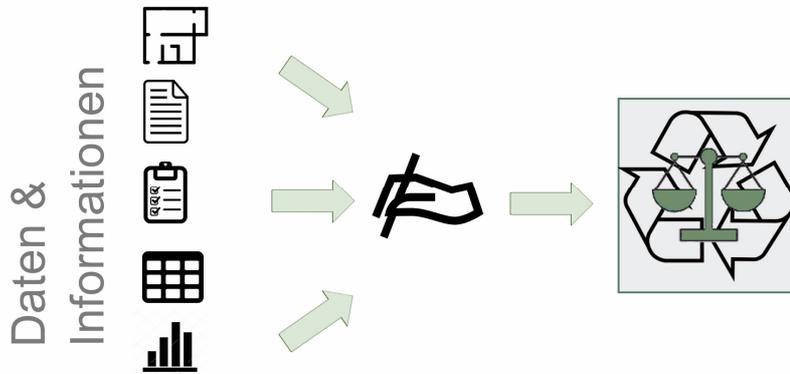


Bild 4.1 Informationszusammenführung im konventionellen Ökobilanz-Prozess

Da die Ermittlung der Ökobilanz im konventionellen Weg sehr aufwendig ist, erscheint es wenig sinnvoll, bereits in einem frühen Stadium der Planung diese durchzuführen, wie in der folgenden Abbildung gezeigt wird. Die Anpassungsarbeiten würden dazu führen, dass jedes Mal eine neue Ökobilanz erstellt werden müsste und der Kosten-Nutzenfaktor würde sich nicht lohnen. Erst in der Ausführungsplanung, wenn genügend Daten vorhanden sind, macht die Erarbeitung einer Ökobilanzierung Sinn.

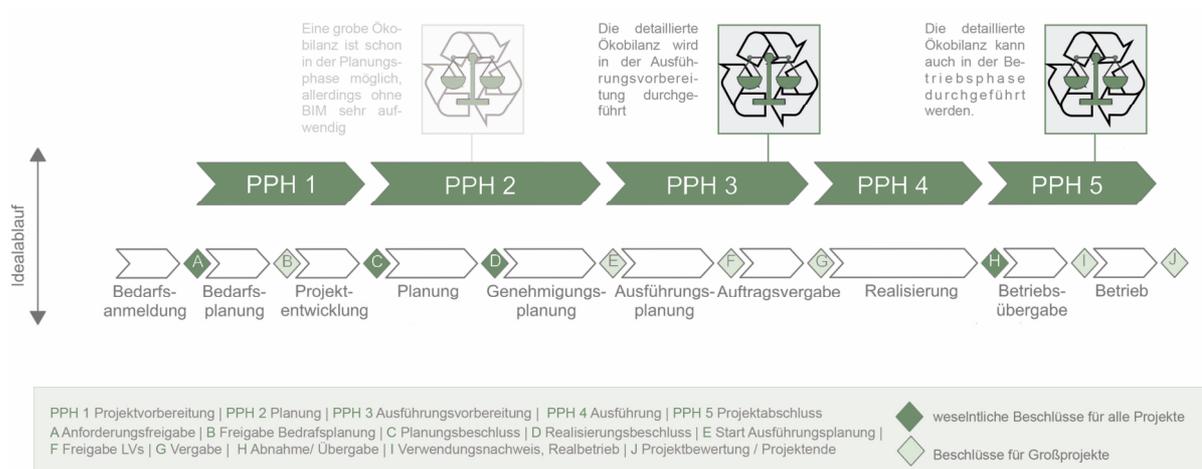


Bild 4.2 Einordnung des konventionellen Ökobilanz-Prozesses in den Projektphasen ³⁰⁷

Die Nachteile des konventionellen Ökobilanz-Prozesses die sich ergeben, sind die Datenverluste an den Schnittstellen, die aufwendige händische Berechnung und dass keine Automatisierungsmöglichkeit besteht.

³⁰⁷ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

4.4.2 BIM-Prozess für die Ökobilanz als closed-BIM Variante

Im Fall des Ökobilanz-Prozesses mittels closed-BIM Variante findet die Ermittlung in einem geschlossenen System statt, das in der folgenden Grafik abgebildet wird. Alle Programme und Regeln sind vorgegeben und exakt anzuwenden. Das Datenmodell wird mit einem eigenen Bauteilkatalog erstellt. Jedes Bauteil ist vordefiniert, sowie auch benötigte Listen, Tabellen etc. für die Auswertung vordefiniert sind. Es ist gegebenenfalls ein kleiner Teil an Anpassungen zu treffen. Die Massenermittlung erfolgt automatisch.

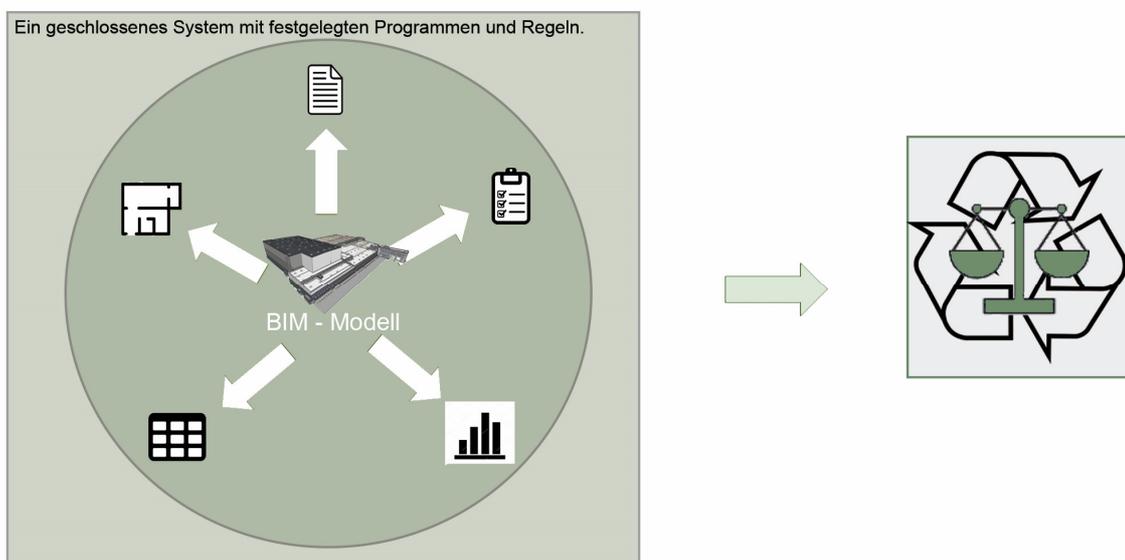


Bild 4.3 Informationszusammenführung im Ökobilanz-Prozess mittels closed-BIM

Die Ökobilanz kann bereits in einer frühen Projektphase, wie beispielsweise zu Beginn der Planung, wie die nachfolgende Abbildung zeigt, durchgeführt werden. Die Informationstiefe ist in diesem Fall nicht sehr detailliert, aber sie kann mit geringem Mehraufwand ergänzt und weiterbearbeitet werden.

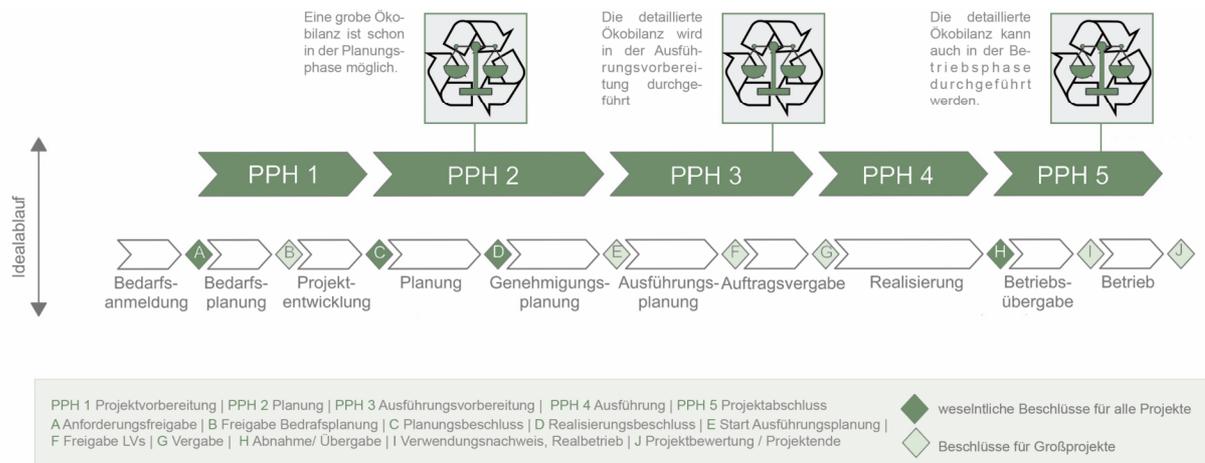


Bild 4.4 Einordnung des Ökobilanz-Prozesses mittels closed-BIM in den Projektphasen ³⁰⁸

Vorteil der closed-BIM Variante ist die Möglichkeit einer vollautomatisierten Auswertung, die mit geringem Aufwand zu jedem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden kann. Allerdings ist von Nachteil, dass diese Variante keine Abweichung von Programmen oder dem festgelegten System erlaubt. Die Vollautomatisierung bedeutet einen enormen Entwicklungsaufwand, der bevor Projekte umgesetzt werden können, stattfinden muss (Abb. 4.5). Die Anwendung der closed-BIM-Methode erscheint sinnvoll, wenn hauptsächlich interne Projekte abgewickelt werden, bei denen die Projektteams auf den festgelegten Standard geschult sind. Datenmodelle müssen zu 100 % dem festgelegten Standard entsprechen, das bedeutet sie müssen entweder von Beginn an nach den Vorgaben erstellt werden, oder später an diese angepasst werden.

³⁰⁸ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

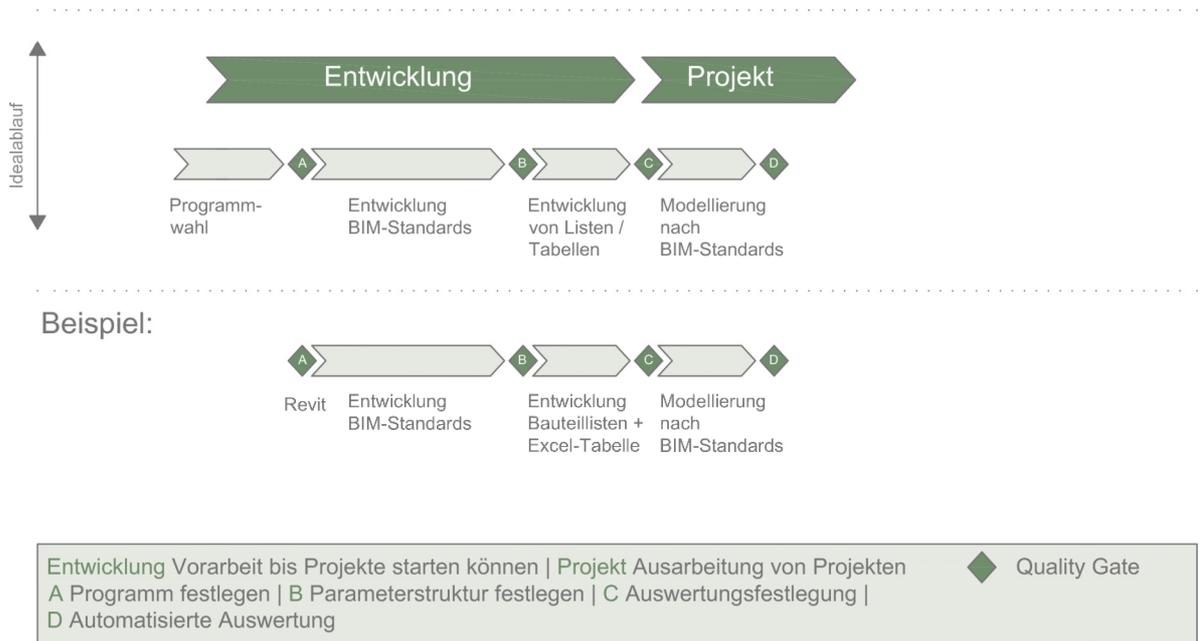


Bild 4.5 Closed-BIM-Prozess für die Ökobilanzierung³⁰⁹

4.4.3 BIM-Prozess für die Ökobilanz als open-BIM Variante

Die Anwendung der open-BIM-Methode für die Ökobilanz gibt keinen Modellierstandard, keinen Bauteilkatalog und keine Programme vor (Abb.4.6). Einzuhalten sind die LOD/LOI Standards und die Übergabe als IFC-Datenformat. Da das Datenmodell nicht jedes Mal nach den gleichen Vorgaben erstellt wird, werden für die Auswertungen fortlaufend Anpassungen durchgeführt.

³⁰⁹ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

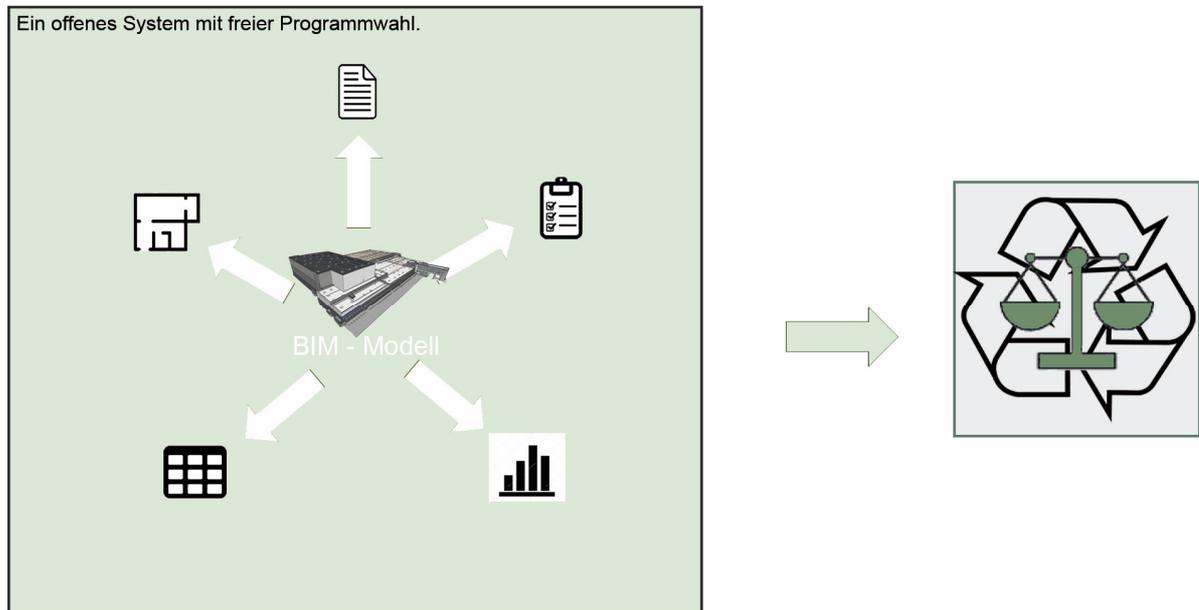


Bild 4.6 Informationszusammenführung im Ökobilanz-Prozess mittels open-BIM

Auch im Fall der open-BIM Variante kann eine Ökobilanz zu einer frühen Projektphase durchgeführt werden (Abb. 4.7). Allerdings ist der Anpassungsaufwand mit dem Anstieg an Informationen im Vergleich zur closed-BIM Variante etwas höher, aber möglich.

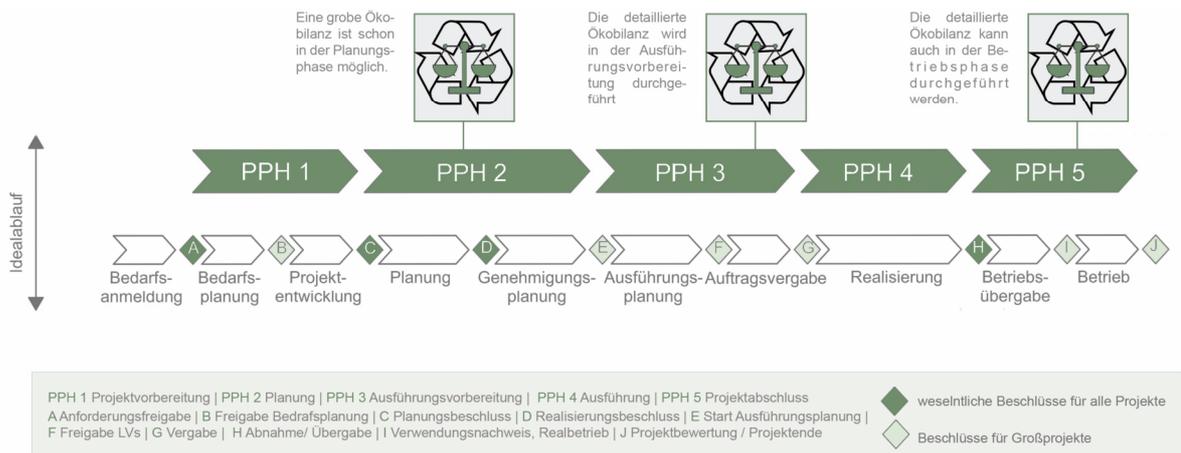


Bild 4.7 Einordnung des Ökobilanz-Prozesses mittels open-BIM in den Projektphasen ³¹⁰

Die Vorteile der open-BIM-Methode sind die freie Programmwahl und keine festgelegte Struktur, die geschult werden muss. Die lange intensive

³¹⁰ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

Vorarbeit für einen Bauteilkatalog fällt ebenfalls weg (Abb. 4.8). Das Datenmodell muss, wenn eines vorhanden ist, nicht neu erstellt werden, sondern kann direkt genutzt werden. Allerdings ist bei der open-BIM Variante keine Vollautomatisierung möglich, ausschließlich Teilautomatisierung mit Anpassungen an jedes Projekt. Open-BIM ist vor allem dann sinnvoll, wenn hauptsächlich externe Projekte, von unterschiedlichen Teams ohne festgelegten Standard bearbeitet werden.

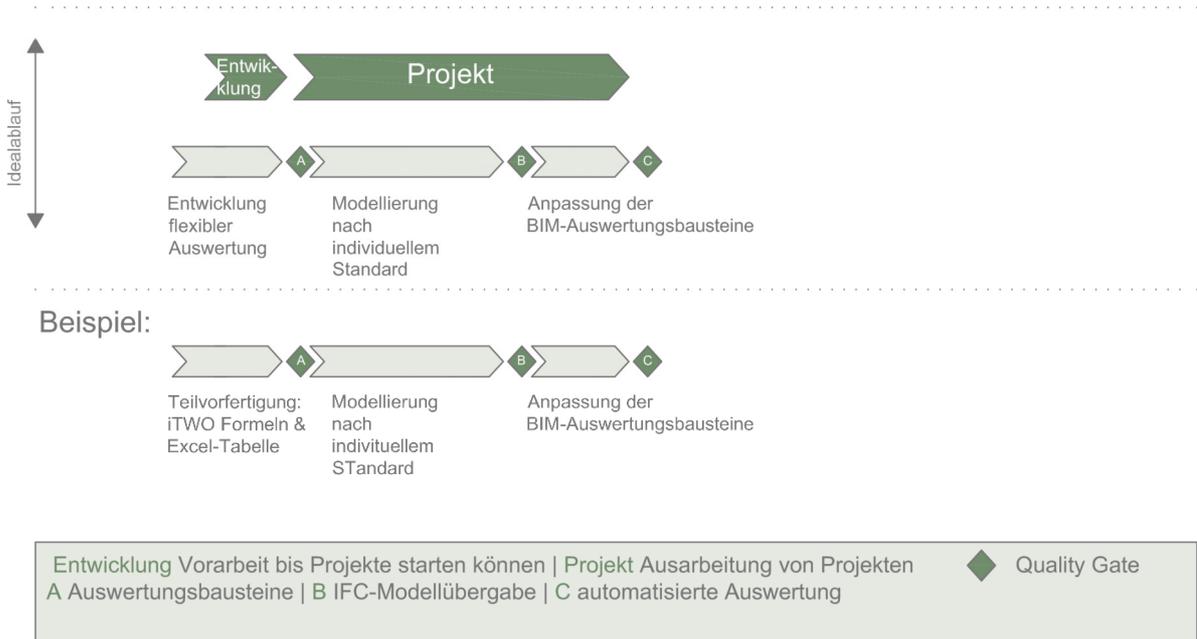


Bild 4.8 Open-BIM-Prozess für die Ökobilanzierung³¹¹

4.4.4 Ideal BIM-Prozess für die Ökobilanz - eine Zukunftsperspektive

Der Idealfall für eine BIM-gestützte Ökobilanz ist die Vorteile der closed-BIM-Methode mit der open-BIM-Methode zu vereinen. Das bedeutet einen geringen Entwicklungsaufwand mit einer Vollautomatisierung zu verbinden und trotzdem in der Programmwahl und in der Ausarbeitung des Datenmodells flexibel zu bleiben (Abb. 4.9). Diese Variante setzt allerdings ein international oder national standardisiertes System, wie einen Bauteilkatalog, voraus. Im Moment ist dies allerdings eine Zukunftsperspektive.

In Österreich wird bereits an einem Merkmalsserver gearbeitet, der in Zukunft nationale Standards liefern soll. Mit diesen Standards steht einem idealen BIM-Prozess für die Ökobilanzierung nichts mehr im Wege.

³¹¹ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

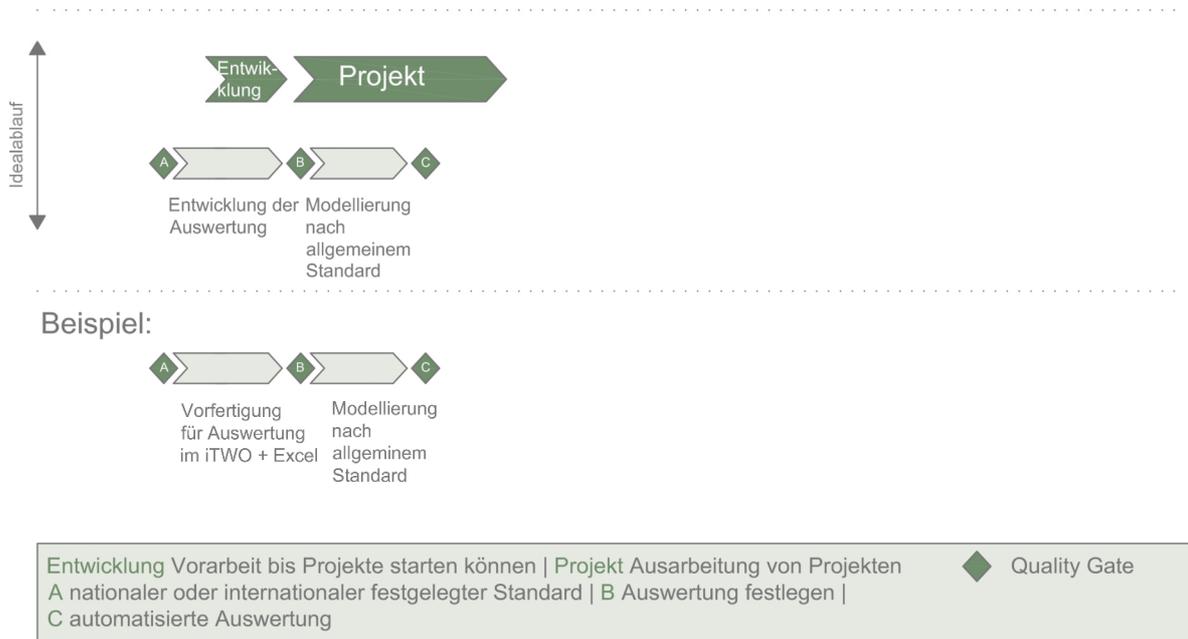


Bild 4.9 Idealer BIM-Prozess für die Ökobilanzierung³¹²

4.5 Durchgeführtes Anwendungsbeispiel

Im Folgenden wird anhand eines Pilotprojekts gezeigt, wie die BIM-Methode für den Bereich Nachhaltigkeit bei HABAU eingeführt wurde. Hierfür wurde die open-BIM-Variante gewählt, da das Projekt extern geplant wurde und erst im Zuge der Bauausführung und der Nachhaltigkeitszertifizierung ins Haus gekommen ist.

³¹² Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

Tabelle 4.2 Auswahl des Prozesses für das Pilotprojekt

Prozesse				
	Konventioneller Prozess	Closed-BIM-Prozess	Open-BIM-Prozess	Ideal BIM-Prozess
Geeignet für	- Händisch Auswertung ohne BIM	- Viele eigene Projekte bereits in der Planungsphase - Geschultes Team für Bauteilkatalog bei Vorhandensein eines eigenen Entwicklungsteams - Festgelegte Programmauswahl	- Viele Projekt deren Planung extern war - Keine Absprachen bzgl. detaillierter BIM-Vorgehensweise nötig - Erstellung von teilautomatisierten Tabellen, Listen, etc. benötigt kein eigenes Entwicklungsteam - Freie Programmauswahl	- Noch nicht möglich
Entwicklungsaufwand		- Entwicklung eines Bauteilkatalogs und vorgefertigter Tabellen, Listen, etc. - Entwicklung benötigt einen sehr hohen Aufwand	- Kein eigener Bauteilkatalog nötig, Vorfertigung von Entwicklungsaufwand ist nicht so groß	
Möglichkeit		- Vollautomatisierte Auswertung	- Teilautomatisierte Auswertung	

4.5.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist, eine Ökobilanz, im Zuge der ÖGNI-Zertifizierung für das Nutzungsprofil Neubau Industriebau 2009 (NIN09), mittels BIM-Methode auszuwerten. Das Projekt wurde in der Projektphase 3 während der Ausführungsplanung übergeben, wie in der folgenden Abbildung zu sehen, und sollte im Zuge der Realisierung abgeschlossen werden. Dies sollte vor Fertigstellung passieren, um anfallende Änderungen berücksichtigen zu können. Der Detaillierungsgrad des BIM-Modells sollte zwischen LOD 300 und LOD 400 liegen.

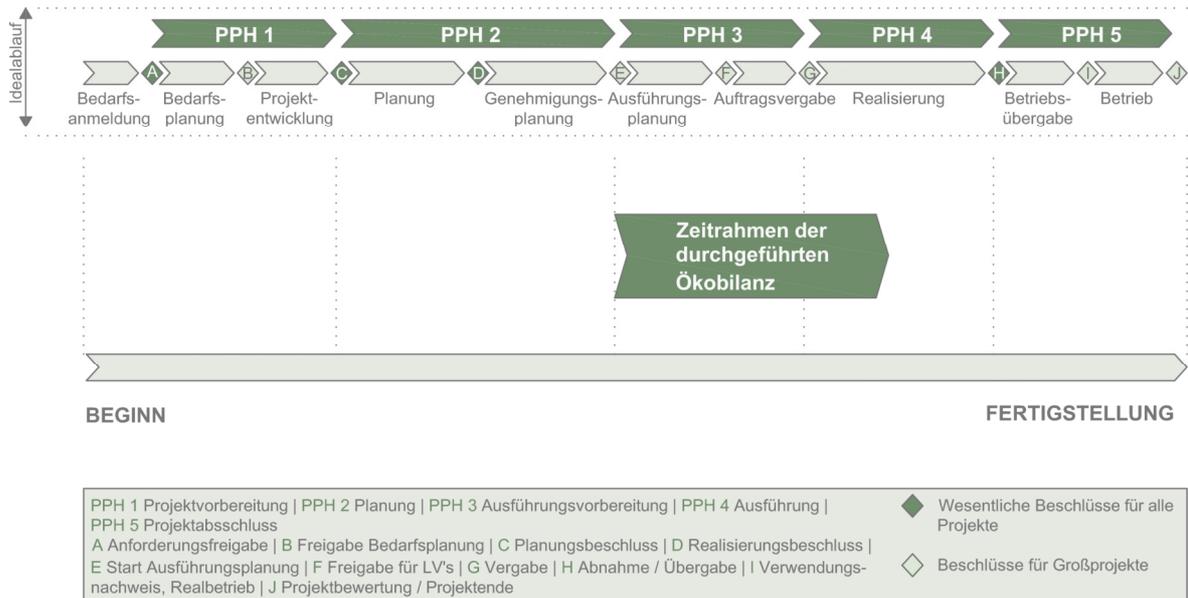


Bild 4.10 Einordnung der durchgeführten Ökobilanz in die Projektphasen ³¹³

Die Projektdaten der folgenden Tabelle sind vorhanden und wurden übergeben.

Tabelle 4.3 Projektdaten

Projektdaten			
Gebäudeart Industriebau			
Geschosse	1-4 (nicht unterkellert)	HEB Heizenergiebedarf	133564 kWh/a
Bruttogeschossfläche	68491 m ²	KEB Kühlenergiebedarf	65635 kWh/a
Bruttorauminhalt	1286267 m ³	BSB Betriebsstrombedarf+BefEB	117707 kWh/a
Nettogeschossfläche	65495 m ²	BelEB Beleuchtungsenergiebedarf	63064 kWh/a

¹Die Daten wurden dem BIM-Modell (Stand 25.11.2018) und den zur Verfügung gestellten Energieausweisen (Verwaltung 11.04.2018 und Lager 23.03.2018) entnommen

³¹³ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 164

4.5.2 Kurzvorstellung ÖGNI-System

Im folgenden Abschnitt wird die ÖGNI-Organisation und das Gebäudezertifizierungssystem kurz vorgestellt, auf dem die ermittelte Ökobilanz stattfindet.



Bild 4.11 ÖGNI Logo³¹⁴

4.5.2.1 Organisation

Die Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI) wurde 2009 als Partnergesellschaft der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) gegründet. Sie ist bestrebt die Nachhaltigkeit im Bauwesen voranzutreiben und ein Bewusstsein für Mensch und Umwelt zu schaffen. Die ÖGNI gehört dem World Green Building Councils (WorldGBC) an.

Aufgabe der ÖGNI ist die nachhaltige Gebäudezertifizierung, die auf dem System der DGNB beruht und an die österreichischen Gesetze und Normen angepasst wurde. Die sogenannten Blue Buildings stehen für die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie und Soziokulturelles. In die Bewertung fließen jedoch auch die Punkte Prozessqualität, technische Qualität und der Standort mit ein. Betrachtungszeitraum ist dabei der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes.

Die ÖGNI stellt Vorzertifikate bzw. Zertifikate des DGNB-Systems und der blueCARD aus. Dabei gibt es Bewertungssystem für verschiedene Gebäudetypen, die stets weiterentwickelt werden. Ebenfalls ist sie für die Ausbildung der ÖGNI-Auditoren verantwortlich und der unabhängigen Prüfung der von den Auditoren eingereichten Dokumente für die Zertifizierung.³¹⁵

DGNB: ist eines der bekanntesten und bedeutendsten Nachhaltigkeitszertifikate im deutschen Raum.

ÖGNI-Auditoren sind geprüfte und zugelassene Überprüfer und Übermittler der Dokumente und Unterlagen, die an die ÖGNI für die Zertifizierung übergeben werden. Sie sind notwendige Berater und Betreuer zur Erlangung des ÖGNI-Zertifikats.

³¹⁴ Abbildung <https://www.ogni.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019; <https://www.ogni.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

³¹⁵ Vgl. <https://www.ogni.at/uber-uns/>. Datum des Zugriffs: 23.02.2019

4.5.2.2 ÖGNI Zertifizierung

Die Bewertung der Gebäude erfolgt über die Kriterien des DGNB-Zertifikats und der blueCard (für Bestandsgebäude). Die sechs Themenfelder, die sich über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes erstrecken, sind in folgender Abbildung dargestellt.³¹⁶

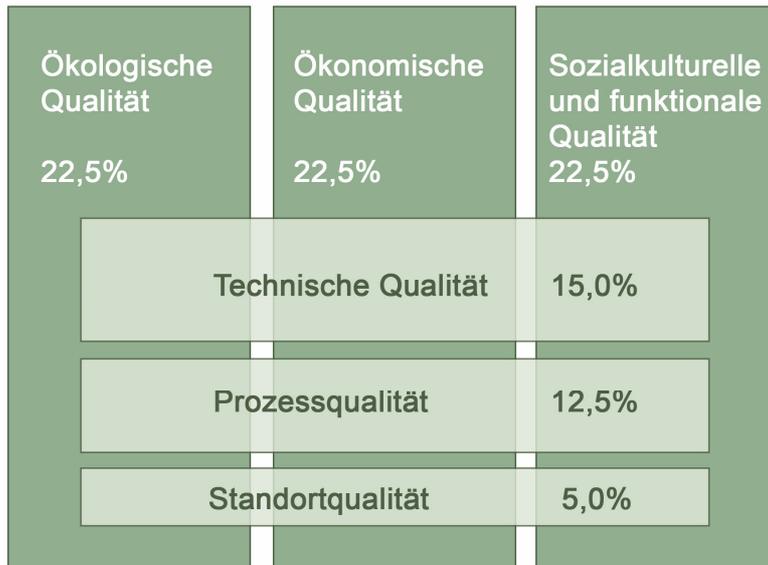


Bild 4.12 DGNB Gewichtung der Themenfelder der Systemversion 2018³¹⁷

Es werden alle Aspekte des nachhaltigen Bauens, anders als bei den meisten anderen Zertifikaten, mit gleicher Bedeutung bemessen. Die Kernthemen sind weiter in 37 Kriterien unterteilt, die je nach Gebäudetyp unterschiedlich gewichtet sind. Die Zertifizierung erfolgt dabei in Platin, Gold und Silber, wie in der folgenden Tabelle dargestellt.³¹⁸

³¹⁶ Vgl. <https://www.ogni.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019

³¹⁷ Abbildung in Anlehnung an <https://www.dgnb-system.de/de/system/zertifizierungssystem/>. Datum des Zugriffs: 25.02.2019

³¹⁸ Vgl. <https://www.dgnb-system.de/de/system/bewertung/>. Datum des Zugriffs: 31.04.2019

Tabelle 4.4 DGNB Zertifizierungsgrade³¹⁹

Auszeichnung	Mindesterfüllgrad (%)	Gesamterfüllungsgrad (%)
Silber	35 %	50 %
Gold	50 %	65 %
Platin	65 %	80 %

Die blueCARD für Bestandsgebäude folgt einer Levelbewertung

4.5.3 ÖGNI Ökobilanz

Die Ökobilanz ist Teil der ÖGNI Zertifizierung und dient dazu, den ökologischen Aspekt der Nachhaltigkeit zu bewerten. Die ÖGNI-Ökobilanz hat folgende Normen als Grundlage:

ÖNORM H 5055 (zur Erstellung des Energieausweises) bzw. OIB Richtlinie 6 für die Berechnung für den Energiebedarf

ÖNORM EN 15978 bzw. ÖNORM EN ISO 14040 und 14044 für die Gliederung und Herangehensweise, sowie Berechnung der Ökobilanz.³²⁰

4.5.3.1 Ablauf und Gliederung der ÖGNI-Ökobilanz

Der Ablauf ist durch die ÖNORM EN ISO 14044 definiert:

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
2. Erstellung der Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung³²¹

³¹⁹ Tabelle <https://www.dgnb-system.de/de/system/bewertung/>. Datum des Zugriffs: 31.04.2019

³²⁰ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NBV09-01 Treibhauspotenzial (GWP). Steckbrief Version 2009. S. 1

³²¹ Vgl. NORMUNGSINSTITUT, AUSTRIA STANDARD INSTITUT / ÖSTERREICHISCHES: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen. Norm. S. 7

Die Zusammenwirkungen der Phasen werden in der folgenden Abbildung dargestellt.

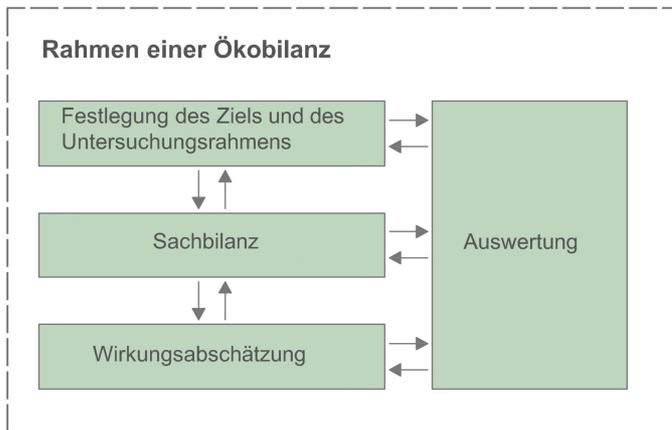


Bild 4.13 Phasen der Ökobilanz³²²

Die Gliederung der Lebenszyklusphasen des Gebäudes ist durch die ÖNORM EN 15978 vorgegeben:

- Herstellung: Modul A1-A3
- Bau/Errichtung: Modul A4-A5
- Nutzung: Modul B1-B7
- Entsorgung: Modul C1-C4
- Wiederverwertung/ Rückgewinnung/ Recycling: Modul D³²³

4.5.3.2 Wirkungskategorien und -indikatoren der ÖGNI-Ökobilanz

In der ÖGNI-Zertifizierung ist die Ökobilanz durch einzelne Steckbriefe definiert. Es gibt für die folgenden Wirkungsindikatoren Angaben zu Zweck, Berechnungsmethoden, Messgrößen, Normen und Richtlinien, Dokumentation, sowie Bewertungsmaßstäben:

- Treibhauspotenzial
- Ozonschichtabbaupotenzial
- Ozonbildungspotenzial
- Versauerungspotenzial
- Überdüngungspotenzial

³²² Abbildung nach KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. S. 40

³²³ Vgl. EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. S. 36

- Risiken für die lokale Umwelt
- Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf
- Gesamtenergiebedarf

4.5.3.3 Abgrenzung des Systems

Die Abgrenzung des Systems erfolgt durch die Vorgabe der unterschiedlichen Berechnungsverfahren für die einzelnen Module. Zu erfassen für die Massenermittlung sind dabei die Bauelemente und Bauleistungen nach ÖNORM B1801-1 in den Kostenbereichen 2,4 und 3:

1. Außenwände und Kellerwände inkl. Fenster und Beschichtungen
2. Dach
3. Geschossdecke inkl. Fußbodenaufbau und -beläge, sowie Beschichtungen
4. Bodenplatte inkl. Fußbodenaufbau und -beläge und Geschossdecke über Luft
5. Fundament
6. Innenwände inkl. Beschichtungen und Stützen
7. Türen
8. Wärmeerzeugungsanlagen

Der Betrieb des Gebäudes ist auf 50 Jahre vorgesehen und es sind dabei die Anlagen zur Ver- und Entsorgung sowie die Erhaltungsmaßnahmen mit einzurechnen. Die Gliederung hierbei ist laut ÖNORM B-1802-2 folgendermaßen vorzunehmen:

1. Ver- und Entsorgung: Kostenart 5 – Betriebskosten nach ÖNORM B 1801-2
2. Erhaltung: Kostenart 6, sowie Kostenart 5.3 - Technische Dienstleistungen nach ÖNORM B 1801-2

Für das End-of-Life-Szenario sind für die Materialien, die zum Ende des Betrachtungszeitraums existieren, die Verwertungs- und Entsorgungswege zu berücksichtigen. Es gibt dabei die Möglichkeit einer Gliederung nach folgenden Materialgruppen:

1. Metalle: Entsorgungs- / Verwertungsweg „Recycling / Verwertung“ (ausschließlich für Metalle mit Anteilen von Primärherstellung) mit dem Datensatz „Metall-Recyclingpotenzial
2. Mineralische Baustoffe: Entsorgungs- / Verwertungsweg „Recycling / Verwertung“ mit dem Datensatz „Bauschuttzubereitung“

3. Materialien mit einem Heizwert (Holz, Kunststoffe, etc.): Entsorgungsweg „Thermische Verwertung“ mit den Datensätzen der jeweiligen Stoffgruppen (Holz, Holzwerkstoffe, Kunststoffe, usw.)
4. Wärmeerzeuger: zur Herstellung passende Datensatz
5. Alle sonstigen Materialien, die gemäß Deponieverordnung entsprechend abgelagert werden dürfen: Entsorgungsweg „Entsorgung auf Deponie“, wenn diese Materialien auf Bauschutt- oder Hausmülldeponien abgelagert werden dürfen. Hierzu sind die jeweils am besten geeigneten Datensätze zu wählen.³²⁴

4.5.3.4 Abschneidekriterien

Alle Materialien die mehr als 1 % der Masse des Gebäudes betragen, oder mehr als 1 % des Primärenergiebedarfs ausmachen, oder mehr als 1 % zu den Wirkungen des Gebäudes für die Wirkungsindikatoren Treibhauspotenzial (GWP), Versauerung (AP) und Überdüngung (EP) ausmachen sind zu berücksichtigen.

Insgesamt darf die Menge der vernachlässigten Materialien 5 % der Masse, Primärenergiebedarf und der Beitrag zu GWP, AP und EP nicht überschreiten.

Berücksichtigt wird ausschließlich das Gebäude ohne Außenanlagen.

Produkte und Aufwendungen, die sich auf die Baustellen beziehen, können vernachlässigt werden und auch der Transport findet keine Berücksichtigung.³²⁵

4.5.3.5 Zu verwendende Datenquellen der ÖGNI-Ökobilanz

Ökobau.dat 2009

Der Schichtaufbau der Bauteile ist mit den jeweiligen Ökobilanzdaten der Ökobau.dat zu verknüpfen, wobei die jeweilige Einheit gegebenenfalls angepasst werden muss. Die Herkunft der Daten ist anzugeben. Es besteht auch die Möglichkeit von anderen Datenquellen EPD's zu beziehen, allerdings sind diese zu dokumentieren. Durch Verwendung der Datenbank Ökobau.dat ist auch die jeweilige funktionelle Einheit durch die EPD's gegeben.

³²⁴ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NBV09-01 Treibhauspotenzial (GWP). Steckbrief Version 2009. S. 2ff

³²⁵ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NBV09-01 Treibhauspotenzial (GWP). Steckbrief Version 2009. S. 3

Österreichische Strom-Mix

Für die Berechnung des Strombedarfs ist der österreichische Strom-Mix heranzuziehen.

Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile

Für Erhaltungsmaßnahmen für Bauteile, die nicht über die Gesamtnutzungszeit des Gebäudes haltbar sind, sind die Nutzungsdauer dem Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile zu entnehmen.³²⁶

4.5.3.6 Rechengrundlagen Treibhauspotenzial (GWP)

Treibhauspotenzial Gebäude GWP_G :

Das Treibhauspotenzial Gebäude (GWP_G) ergibt sich aus der Summe des Treibhauspotenzial-Werts für Errichtung, Erhaltung, Rückbau und Entsorgung des Gebäudes (GWP_K) (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik) als jährlicher Durchschnittswert des Betrachtungszeitraums und des prognostizierten jährlichen Treibhauspotenzials für den Betrieb des Gebäudes (GWP_N) der aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw DIN V 18599/ EnEV 2009 - Energieeinsparungsverordnung für Gebäude) abgeleitet wird.³²⁷

$$GWP_G = GWP_K + GWP_N$$

$$GWP_K = (H + E) / t_d + I$$

H = Treibhauspotenzial des prognostizierten Wertes für die Errichtung

E = Treibhauspotenzial des prognostizierten Wertes für den Rückbau und die Entsorgung

I = Treibhauspotenzial des prognostizierten Wertes für die Instandhaltung (Konstruktion und Anlagentechnik)

t_d = Betrachtungszeitraum; auf 20 Jahre festgelegt

$$GWP_N = GWP_{NS} + GWP_{NW}$$

ÖGNI-Werte bezieht sich auch auf deutsche Normen und Richtlinien, da sich die Zertifizierung der ÖGNI von der DGNB-Zertifizierung ableitet.

³²⁶ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NBV09-01 Treibhauspotenzial (GWP). Steckbrief Version 2009. S. 3

³²⁷ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP). Steckbrief Version 2009. S. 5

$GWP_{NS} =$ Treibhauspotenzial des Strombedarfs während der Nutzung multipliziert mit dem GWP-Faktor des österreichischen Strommix aus Ökobau.dat

$GWP_{NW} =$ Treibhauspotenzial des Wärmebedarfs (Endenergiebedarf) während der Nutzung multipliziert mit GWP-Faktor des gewählten Energieträgers aus Ökobau.dat

Anmerkung:

Das zu kalkulierende Gebäude überschreitet, die zehn Meter Höhe, daher wird laut Industriebaurichtlinie der Bruttorauminhalt (BRI) herangezogen. Bei niedrigeren Bauten ist ansonsten von einem Flächenansatz über die Nettogeschossfläche (NGF) auszugehen.³²⁸

Treibhauspotenzial Referenzwert GWP_{Gref}

Der Referenzwert für das Treibhauspotenzial für Industriebau wird aus zwei Anteilen errechnet:

- Der GWP_{Kref} -Wert für Errichtung, Erhaltung und Rückbau/Entsorgung (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

$$GWP_{Kref} = 2,38 \text{ [kg CO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

- Der GWP_{Nref} -Wert für den durchschnittlichen Anteil des Strom- und Wärmebedarfs multipliziert mit dem GWP-Faktor, wird aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw. EnEV 2009) errechnet.

$$GWP_{Nref} = (GWP_{NSref} + GWP_{NWref})$$

$$GWP_{NSref} = 0,71 * S_{ref} \text{ (Strombedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$GWP_{NSref} = 0,71 * 0,178 \text{ [kWh/(m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$GWP_{NSref} = 0,126 \text{ [kg CO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$GWP_{NWref} = 0,31 * W_{ref} \text{ (Wärmebedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$GWP_{NWref} = 0,31 * 9,497 \text{ [kWh/(m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$GWP_{NWref} = 2,944 \text{ [kg CO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

³²⁸ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP) . Steckbrief Version 2009. S. 5

$$\text{GWP}_{\text{Nref}} = 3,070 \text{ [kg CO}_2 \text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{ *a)]}$$

$$\text{GWP}_{\text{Gref}} = \text{GWP}_{\text{Kref}} + \text{GWP}_{\text{Nref}}$$

$$\text{GWP}_{\text{Gref}} = 5,45 \text{ [kg CO}_2 \text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{ *a)]}$$

Treibhauspotenzial Zielwert $\text{GWP}_{\text{Gziel}}$

Der Zielwert für das Treibhauspotenzial für Industriebau ergibt sich aus dem Gesamtreferenzwert GWP_{Gref} multipliziert mit dem Faktor 0,70

$$\text{GWP}_{\text{Gziel}} = \text{GWP}_{\text{Gref}} * 0,7$$

$$\text{GWP}_{\text{Gziel}} = 3,82 \text{ [kg CO}_2 \text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{ *a)]}$$

Treibhauspotenzial Grenzwert $\text{GWP}_{\text{Ggrenz}}$

Der Grenzwert für das Treibhauspotenzial für Industriebau ermittelt sich aus der Multiplikation des Gesamtreferenzwertes GWP_{Gref} mit dem Faktor 1,4.

$$\text{GWP}_{\text{Ggrenz}} = \text{GWP}_{\text{Gref}} * 1,40$$

$$\text{GWP}_{\text{Ggrenz}} = 7,63 \text{ [kg CO}_2 \text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{ *a)]}$$

Sämtliche mathematische Nachhaltigkeitsnachweise für Treibhauspotenzial wurden aus dem ÖGNI Steckbrief für Treibhauspotenzial (GWP) Neubau Industriebau Nr.:NIN09-01 Version 2009 entnommen.³²⁹ Die Werte für das Referenzgebäude sind Benchmark-Werte der ÖGNI.

³²⁹Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP) . Steckbrief Version 2009. S. 5ff

Tabelle 4.5 ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Treibhauspotenzial Version 2009 Neubau Industriebau³³⁰

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kg CO ₂ -Äqu./ (m ³ _{BRI} * a)]
10	GWP_G = 0,70 * Referenzwert = 3,82 (Zielwert)
9	
8	
7	
6	
5	GWP_G = GWP_{Gref} = 5,45 (Referenzwert)
4	
3	
2	
1	GWP_G = 1,40 * Referenzwert = 7,63 (Grenzwert)

4.5.3.7 Rechengrundlagen Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)

Ozonschichtabbaupotenzial Gebäude ODP_G

Der Wert für das Ozonschichtabbaupotenzial Gebäude ODP_G errechnet sich aus der Summe des Wertes für Ozonschichtabbaupotenzial für Errichtung, Erhaltung, Rückbau- und Entsorgung des Gebäudes ODP_K (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik) und dem prognostizierten Wert für den Betrieb ODP_N (lt. ÖNORM H 5055 Energiebedarf bzw. DIN V 18599/ EnEV 2009 - Energieeinsparungsverordnung für Gebäude), je als jährlichen Durchschnittswert auf den Betrachtungszeitraum gesehen.³³¹

$$\text{ODP}_G = \text{ODP}_K + \text{ODP}_N$$

ODP_K errechnet sich folgendermaßen:

$$\text{ODP}_K = (H + E) / t_d + I$$

H = Ozonschichtabbaupotenzial des prognostizierten Wertes für die Errichtung

E = Ozonschichtabbaupotenzial des prognostizierten Wertes für den Rückbau und die Entsorgung

³³⁰ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP) . Steckbrief Version 2009. S. 8

³³¹ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-02 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP). Steckbrief Version 2009. S. 5

I = Ozonschichtabbaupotenzial des prognostizierten Wertes für die Instandhaltung (Konstruktion und Anlagentechnik)

t_d = Betrachtungszeitraum; auf 20 Jahre festgelegt

ODP_N errechnet sich folgendermaßen:

$$ODP_N = ODP_{NS} + ODP_{NW}$$

ODP_{NS} = Ozonschichtabbaupotenzial des Strombedarfs während der Nutzung multipliziert mit dem ODP-Faktor des österreichischen Strommix

ODP_{NW} = Ozonschichtabbaupotenzial des Wärmebedarfs (Endenergiebedarf) während der Nutzung multipliziert mit ODP-Faktor des gewählten Energieträgers

Ozonschichtabbaupotenzial Referenzwert ODP_{Gref}

Der Referenzwert für das Ozonschichtabbaupotenzial für Industriebau wird aus zwei Anteilen errechnet:

- Der ODP_{Kref} -Wert für Errichtung, Erhaltung und Rückbau/Entsorgung (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

$$ODP_{Kref} = 9,5 \cdot 10^{-9} \text{ [kg R11 -Äqu./ (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

- Der ODP_{Nref} -Wert für den durchschnittlichen Anteil des Strom- und Wärmebedarfs multipliziert mit dem ODP-Faktor, wird aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw. EnEV 2009) errechnet.

$$ODP_{Nref} = (ODP_{NSref} + ODP_{NWref})$$

$$ODP_{NSref} = 1,17 \cdot 10^{-7} \cdot S_{ref} \text{ (Strombedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$ODP_{NSref} = 1,17 \cdot 10^{-7} \cdot 0,178 \text{ [kWh/m}^3_{BRI}]$$

$$ODP_{NSref} = 2,08 \cdot 10^{-8} \text{ [kg R11 -Äqu./ (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$ODP_{NWref} = 3,13 \cdot 10^{-9} \cdot W_{ref} \text{ (Wärmebedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$ODP_{NWref} = 3,13 \cdot 10^{-9} \cdot 9,497 \text{ [kWh/m}^3_{BRI}]$$

$$ODP_{NWref} = 2,97 \cdot 10^{-8} \text{ [kg R11 -Äqu./ (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$\text{ODP}_{\text{Nref}} = 1,00 * 10^{-7} \text{ [kg R11 -Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} * \text{a)]}$$

$$\text{ODP}_{\text{Gref}} = \text{ODP}_{\text{Kref}} + \text{ODP}_{\text{Nref}}$$

$$\text{ODP}_{\text{Gref}} = 1,00 * 10^{-7} \text{ [kg R11 -Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} * \text{a)]}$$

Sämtliche mathematischen Nachhaltigkeitsnachweise für das Ozon-schichtabbaupotenzial wurden aus dem ÖGNI Steckbrief für Ozon-schichtabbaupotenzial (ODP) Neubau Industriebau Nr.:NIN09-02 Version 2009 entnommen.³³² Die Werte für das Referenzgebäude sind Benchmark-Werte der ÖGNI.

Tabelle 4.6 ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Ozon-schichtabbaupotenzial Version 2009 Industriebau³³³

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kg R11 -Äqu./ (m ³ _{BRI} * a)]
10	ODP_G = 0,7*Referenzwert = 7 * 10⁻⁸ (Zielwert)
9	ODP _G = 0,76*Referenzwert
8	ODP _G = 0,82*Referenzwert
7,5	ODP _G = 0,85*Referenzwert
7	ODP _G = 0,88*Referenzwert
6	ODP _G = 0,94*Referenzwert
5	ODP_G = ODP_{Gref} = 1,00 * 10⁻⁷ (Referenzwert)
4	ODP _G = 3,25*Referenzwert
3	ODP _G = 5,5*Referenzwert
2	ODP _G = 7,75*Referenzwert
1	ODP_G = 10,0*Referenzwert = 1,00 * 10⁻⁶ (Grenzwert)

4.5.3.8 Rechengrundlagen Ozonbildungspotenzial (POCP)

Ozonbildungspotenzial Gebäude POCP_G

Der Wert für das Ozonbildungspotenzial Gebäude POCP_G errechnet sich aus der Summe des Wertes für Ozonbildungspotenzials für Errichtung, Erhaltung, Rückbau- und Entsorgung des Gebäudes POCP_K (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

³³²Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-02 Ozon-schichtabbaupotenzial (ODP). Steckbrief Version 2009. S. 5ff

³³³ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-02 Ozon-schichtabbaupotenzial (ODP). Steckbrief Version 2009. S. 8

und dem prognostizierten Wert für den Betrieb $POCP_N$ (lt. ÖNORM H 5055 Energiebedarf bzw. DIN V 18599/ EnEV 2009 - Energieeinsparungsverordnung für Gebäude), je als jährlichen Durchschnittswert auf den Betrachtungszeitraum gesehen.³³⁴

$$POCP_G = POCP_K + POCP_N$$

$POCP_K$ errechnet sich folgendermaßen:

$$POCP_K = (H + E) / t_d + I$$

H = Ozonbildungspotenzial des prognostizierten Wertes für die Errichtung

E = Ozonbildungspotenzial des prognostizierten Wertes für den Rückbau und die Entsorgung

I = Ozonbildungspotenzial des prognostizierten Wertes für die Instandhaltung (Konstruktion und Anlagentechnik)

t_d = Betrachtungszeitraum; auf 20 Jahre festgelegt

$POCP_N$ errechnet sich folgendermaßen:

$$POCP_N = POCP_{NS} + POCP_{NW}$$

$POCP_{NS}$ = Ozonbildungspotenzial des Strombedarfs während der Nutzung multipliziert mit dem POCP-Faktor des österreichischen Strommix

$POCP_{NW}$ = Ozonbildungspotenzial des Wärmebedarfs (Endenergiebedarf) während der Nutzung multipliziert mit POCP-Faktor des gewählten Energieträgers

Ozonbildungspotenzial Referenzwert $POCP_{Gref}$

Der Referenzwert für das Ozonbildungspotenzial für Industriebau wird aus zwei Anteilen errechnet:

- Der $POCP_{Kref}$ -Wert für Errichtung, Erhaltung und Rückbau/Entsorgung (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

$$POCP_{Kref} = 0,0006 \text{ [kg C}_2\text{H}_4 \text{ --Äqu. / (m}^3_{BRI} \cdot \text{a)]}$$

³³⁴ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-03 Ozonbildungspotenzial (POCP). Steckbrief Version 2009. S. 5

- Der $\text{POCP}_{\text{Nref}}$ -Wert für den durchschnittlichen Anteil des Strom- und Wärmebedarfs multipliziert mit dem POCP-Faktor, wird aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw. EnEV 2009) errechnet.

$$\text{POCP}_{\text{Nref}} = (\text{POCP}_{\text{NSref}} + \text{POCP}_{\text{NWref}})$$

$$\text{POCP}_{\text{NSref}} = 8,03 \cdot 10^{-5} \cdot S_{\text{ref}} \text{ (Strombedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$\text{POCP}_{\text{NSref}} = 8,03 \cdot 10^{-5} \cdot 0,178 \text{ [kWh/(m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a)]}$$

$$\text{POCP}_{\text{NSref}} = 1,42 \cdot 10^{-5} \text{ [kg C}_2\text{H}_4\text{-Äqu./(m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a)]}$$

$$\text{POCP}_{\text{NWref}} = 3,98 \cdot 10^{-5} \cdot W_{\text{ref}} \text{ (Wärmebedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$\text{POCP}_{\text{NWref}} = 3,98 \cdot 10^{-5} \cdot 9,497 \text{ [kWh/(m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a)]}$$

$$\text{POCP}_{\text{NWref}} = 0,00038 \text{ [kg C}_2\text{H}_4\text{-Äqu./(m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a)]}$$

$$\text{POCP}_{\text{Nref}} = 0,0004 \text{ [kg C}_2\text{H}_4\text{-Äqu./(m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a)]}$$

$$\text{POCP}_{\text{Gref}} = \text{POCP}_{\text{Kref}} + \text{POCP}_{\text{Nref}}$$

$$\text{POCP}_{\text{Gref}} = 0,001 \text{ [kg C}_2\text{H}_4\text{-Äqu./(m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a)]}$$

Sämtliche mathematischen Nachhaltigkeitsnachweise für das Ozonbildungspotenzial wurden aus dem ÖGNI Steckbrief für Ozonbildungspotenzial (POCP) Neubau Industriebau Nr.:NIN09-03 Version 2009 entnommen.³³⁵ Die Werte für das Referenzgebäude sind Benchmark-Werte der ÖGNI.

³³⁵Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-03 Ozonbildungspotenzial (POCP). Steckbrief Version 2009. S. 5ff

Tabelle 4.7 ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Ozonbildungspotenzial
Version 2009 Neubau Industriebau³³⁶

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kg C ₂ H ₄ -Äqu./ (m ³ _{BRI} *a)]
10	POCP_G = = 0,7*Referenzwert = 0,0007 (Zielwert)
9	POCP _G = = 0,76*Referenzwert
8	POCP _G = = 0,82*Referenzwert
7,5	POCP _G = = 0,85*Referenzwert
7	POCP _G = = 0,88*Referenzwert
6	POCP _G = = 0,94*Referenzwert
5	POCP_G = = Referenzwert = 0,0010 (Referenzwert)
4	POCP _G = = 1,25*Referenzwert
3	POCP _G = = 1,50*Referenzwert
2	POCP _G = = 1,75*Referenzwert
1	POCP_G = = 2*Referenzwert = 0,0020 (Grenzwert)

4.5.3.9 Rechengrundlagen Versauerungspotenzial (AP)

Versauerungspotenzial Gebäude AP_G

Der Wert für das Versauerungspotenzial Gebäude AP_G errechnet sich aus der Summe des Wertes für Versauerungspotenzial für Errichtung, Erhaltung, Rückbau- und Entsorgung des Gebäudes AP_K (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik) und dem prognostizierten Wert für den Betrieb AP_N (lt. ÖNORM H 5055 Energiebedarf bzw DIN V 18599/ EnEV 2009 - Energieeinsparungsverordnung für Gebäude), je als jährlichen Durchschnittswert auf den Betrachtungszeitraum gesehen.³³⁷

$$AP_G = AP_K + AP_N$$

AP_K errechnet sich folgendermaßen:

$$AP_K = (H + E) / t_d + I$$

H = Versauerungspotenzial des prognostizierten Wertes für die Errichtung

E = Versauerungspotenzial des prognostizierten Wertes für den Rückbau und die Entsorgung

³³⁶ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-03 Ozonbildungspotenzial (POCP). Steckbrief Version 2009. S. 8

³³⁷ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-04 Versauerungspotenzial (AP). Steckbrief Version 2009. S. 5

I = Versauerungspotenzial des prognostizierten Wertes für die Instandhaltung (Konstruktion und Anlagentechnik)

t_d = Betrachtungszeitraum; auf 20 Jahre festgelegt

AP_N errechnet sich folgendermaßen:

$$AP_N = AP_{NS} + AP_{NW}$$

AP_{NS} = Versauerungspotenzial des Strombedarfs während der Nutzung multipliziert mit dem AP-Faktor des österreichischen Strommix

AP_{NW} = Versauerungspotenzial des Wärmebedarfs (Endenergiebedarf) während der Nutzung multipliziert mit AP-Faktor des gewählten Energieträgers

Versauerungspotenzial Referenzwert AP_{Gref}

Der Referenzwert für das Versauerungspotenzial für Industriebau wird aus zwei Anteilen errechnet:

- Der AP_{Kref} -Wert für Errichtung, Erhaltung und Rückbau/Entsorgung (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

$$AP_{Kref} = 0,0057 [\text{kg SO}_2 \text{-Äqu.} / (\text{m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a})]$$

- Der AP_{Nref} -Wert für den durchschnittlichen Anteil des Strom- und Wärmebedarfs multipliziert mit dem AP-Faktor, wird aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw. EnEV 2009) errechnet.

$$AP_{Nref} = (AP_{NSref} + AP_{NWref})$$

$$AP_{NSref} = 0,00121 \cdot S_{ref} \text{ (Strombedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$AP_{NSref} = 0,00121 \cdot 0,178 [\text{kWh} / (\text{m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a})]$$

$$AP_{NSref} = 0,000215 [\text{kg SO}_2 \text{-Äqu.} / (\text{m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a})]$$

$$AP_{NWref} = 0,00044 \cdot W_{ref} \text{ (Wärmebedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$AP_{NWref} = 0,00044 \cdot 9,497 [\text{kWh} / (\text{m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a})]$$

$$AP_{NWref} = 0,04179 [\text{kg SO}_2 \text{-Äqu.} / (\text{m}^3_{\text{BRI}} \cdot \text{a})]$$

$$AP_{\text{Nref}} = 0,0042 \text{ [kg SO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{*a)]}$$

$$AP_{\text{Gref}} = AP_{\text{Kref}} + AP_{\text{Nref}}$$

$$AP_{\text{Gref}} = 0,010 \text{ [kg SO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{*a)]}$$

Versauerungspotenzial Zielwert AP_{Gziel}

Der Zielwert für das Versauerungspotenzial für Industriebau ergibt sich aus dem Gesamtreferenzwert AP_{Gref} multipliziert mit dem Faktor 0,70

$$AP_{\text{Gziel}} = AP_{\text{Gref}} * 0,7$$

$$AP_{\text{Gziel}} = 0,0070 \text{ [kg SO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{*a)]}$$

Versauerungspotenzial Grenzwert AP_{Ggrenz}

Der Grenzwert für das Versauerungspotenzial für Industriebau ermittelt sich aus der Multiplikation des Gesamtreferenzwertes AP_{Gref} mit dem Faktor 1,7.

$$AP_{\text{Ggrenz}} = AP_{\text{Gref}} * 1,70$$

$$AP_{\text{Ggrenz}} = 0,017 \text{ [kg SO}_2\text{-Äqu./ (m}^3_{\text{BRI}} \text{*a)]}$$

Sämtliche mathematischen Nachhaltigkeitsnachweise für das Versauerungspotenzial wurden aus dem ÖGNI Steckbrief für Versauerungspotenzial (AP) Neubau Industriebau Nr.:NIN09-04 Version 2009 entnommen.³³⁸ Die Werte für das Referenzgebäude sind Benchmark-Werte der ÖGNI.

³³⁸Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-04 Versauerungspotenzial (AP). Steckbrief Version 2009. S. 5ff

Tabelle 4.8 ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Versauerungspotenzial
Version 2009 Neubau Industriebau³³⁹

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kg SO ₂ -Äqu./ (m ³ _{BRI} * a)]
10	AP_G = 0,7 * Referenzwert = 0,007 (Zielwert)
9	
8	
7,5	
7	
6	
5	AP_G = AP_{Gref} = 0,01 (Referenzwert)
4	
3	
2	
1	AP_G = 1,70 * Referenzwert = 0,017 (Grenzwert)

4.5.3.10 Rechengrundlagen Überdüngungspotenzial (EP)

Überdüngungspotenzial Gebäude EP_G

Der Wert für das Überdüngungspotenzial Gebäude EP_G errechnet sich aus der Summe des Wertes für Überdüngungspotenzial für Errichtung, Erhaltung, Rückbau- und Entsorgung des Gebäudes EP_K (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik) und dem prognostizierten Wert für den Betrieb EP_N (lt. ÖNORM H 5055 Energiebedarf bzw DIN V 18599/ EnEV 2009 - Energieeinsparungsverordnung für Gebäude), je als jährlichen Durchschnittswert auf den Betrachtungszeitraum gesehen.³⁴⁰

$$EP_G = EP_K + EP_N$$

EP_K errechnet sich folgendermaßen:

$$EP_K = (H + E) / t_d + I$$

H = Überdüngungspotenzial des prognostizierten Wertes für die Errichtung

E = Überdüngungspotenzial des prognostizierten Wertes für den Rückbau und die Entsorgung

³³⁹ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-04 Versauerungspotenzial (AP). Steckbrief Version 2009. S. 8

³⁴⁰ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-05 Überdüngungspotenzial (EP). Steckbrief Version 2009. S. 5

I = Überdüngungspotenzial des prognostizierten Wertes für die Instandhaltung (Konstruktion und Anlagentechnik)

t_d = Betrachtungszeitraum; auf 20 Jahre festgelegt

EP_N errechnet sich folgendermaßen:

$$EP_N = EP_{NS} + EP_{NW}$$

EP_{NS} = Überdüngungspotenzial des Strombedarfs während der Nutzung multipliziert mit dem EP-Faktor des österreichischen Strommix

EP_{NW} = Überdüngungspotenzial des Wärmebedarfs (Endenergiebedarf) während der Nutzung multipliziert mit EP-Faktor des gewählten Energieträgers

Überdüngungspotenzial Referenzwert EP_{Gref}

Der Referenzwert für das Überdüngungspotenzial für Industriebau wird aus zwei Anteilen errechnet:

- Der EP_{Kref} -Wert für Errichtung, Erhaltung und Rückbau/Entsorgung (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

$$EP_{Kref} = 0,00074 \text{ [kg PO}_4 \text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

- Der EP_{Nref} -Wert für den durchschnittlichen Anteil des Strom- und Wärmebedarfs multipliziert mit dem EP-Faktor, wird aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw. EnEV 2009) errechnet.

$$EP_{Nref} = (EP_{NSref} + EP_{NWref})$$

$$EP_{NSref} = 9,3 \cdot 10^{-5} \cdot S_{ref} \text{ (Strombedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$EP_{NSref} = 9,3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,178 \text{ [kWh/ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$EP_{NSref} = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ [kg PO}_4 \text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$EP_{NWref} = 3,25 \cdot 10^{-5} \cdot W_{ref} \text{ (Wärmebedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$EP_{NWref} = 3,25 \cdot 10^{-5} \cdot 9,497 \text{ [kWh/ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$EP_{NWref} = 0,00031 \text{ [kg PO}_4 \text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$EP_{Nref} = 0,0003 \text{ [kg PO}_4\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

$$EP_{Gref} = EP_{Kref} + EP_{Nref}$$

$$EP_{Gref} = \mathbf{0,0011 \text{ [kg PO}_4\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

Überdüngungspotenzial Zielwert EP_{Gziel}

Der Zielwert für das Überdüngungspotenzial für Industriebau ergibt sich aus dem Gesamtreferenzwert EP_{Gref} multipliziert mit dem Faktor 0,70

$$EP_{Gziel} = EP_{Gref} * 0,7$$

$$EP_{Gziel} = \mathbf{0,00077 \text{ [kg PO}_4\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

Überdüngungspotenzial Grenzwert EP_{Ggrenz}

Der Grenzwert für das Überdüngungspotenzial für Industriebau ermittelt sich aus der Multiplikation des Gesamtreferenzwertes EP_{Gref} mit dem Faktor 2,0.

$$EP_{Ggrenz} = EP_{Gref} * 2,00$$

$$EP_{Ggrenz} = \mathbf{0,0022 \text{ [kg PO}_4\text{-Äqu./ (m}^3_{BRI} \text{ *a)]}$$

Sämtliche mathematischen Nachhaltigkeitsnachweise für das Überdüngungspotenzial wurden aus dem ÖGNI Steckbrief für Überdüngungspotenzial (EP) Neubau Industriebau Nr.:NIN09-05 Version 2009 entnommen.³⁴¹ Die Werte für das Referenzgebäude sind Benchmark-Werte der ÖGNI.

³⁴¹Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-05 Überdüngungspotenzial (EP). Steckbrief Version 2009. S. 5ff

Tabelle 4.9 ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Überdüngungspotenzial Version 2009 Neubau Industriebau³⁴²

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kg PO ₄ -Äqu./ (m ³ _{BRI} *a)]
10	EP _G = 0,7 * Referenzwert = 0,00077 (Zielwert)
9	
8	
7,5	
7	
6	
5	EP _G = EP _{Gref} = 0,0011 (Referenzwert)
4	
3	
2	
1	EP _G = 2,0 * Referenzwert = 0,0022 (Grenzwert)

4.5.3.11 Grundlagen Risiken für die lokale Umwelt

Umweltrisiken auf Grund von Baumaterialien und -produkten

Für die Kategorie „Risiken für die lokale Umwelt“ gibt es keine Berechnungsgrundlage, daher werden die Anforderungen in Qualitätsstufen gegliedert. Diese beziehen sich auf den Aufwand und auf den Schwierigkeitsgrad der Umsetzung, sowie auf die ökologische Bedeutung der Substitution eines Stoffes.³⁴³

Qualitätsstufen:

Handlungsstufe/ Qualitätsstufe 1 (Grenzwert)

- Verwendete Kunstschaumdämmstoffe dürfen keine halogenierten Treibmittel enthalten
- Bei Beschichtungen, Imprägnierungen, Kleber oder Schutzmittel, die PU, Epoxidharz oder Bitumen enthalten, die 80 % der Oberflächen bedecken, dürfen folgende Gefahrstoff-Informationen-System-Codes (GISCodes) und Produkt-Codes nicht enthalten: DD 1/2 (Polyurethansiegel), PU 30/50/60 (Polyurethansysteme, gesundheitsschädlich), RE 2,5/4/5/6/7/8/9 (Epoxidharzsysteme, sensibilisierend bis giftig und Krebs erzeugend), BBP 30-70 (Bitumenmassen, gesundheitsschädlich), Verlegewerkstoffe: _ D 6/7; RU 4; S 1 – S 6, Öle/ Wachse: Ö 60/70

³⁴² Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-05 Überdüngungspotenzial (EP). Steckbrief Version 2009. S. 8

³⁴³ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-06 Risiken für die lokale Umwelt. Steckbrief Version 2009. S. 1

Handlungsstufe/ Qualitätsstufe 2 (Referenzwert)

- Qualitätsstufe 1 muss erfüllt sein
- Pigmente und Sikkative in Lacken dürfen kein Blei, Cadmium, Chrom VI und deren Verbindungen beinhalten.
- Es dürfen Holzschutzmittel die den GISCode HSM-W 60-90 (Chrom-Kupferverbindungen) entsprechen nicht verwendet werden.
- Nur Bodenbelagsklebstoffe der Gruppen EmiCode EC 1 oder RAL UZ 113 dürfen verwendet werden.

Handlungsstufe/ Qualitätsstufe 3 (Teilziel)

- Qualitätsstufe 2 muss erfüllt sein und eines der folgenden Kriterien darf vernachlässigt werden
- Aluminium- und Edelstahlbauteile die mehr als 50 % der Hüllfläche des Gebäudes betragen, müssen eine chromoxidfreie Oberflächenveredelung haben.
- Schwermetallfilter in Regenabwässer sind zu verwenden, wenn Kupfer und Zink als Witterungsabdichtung mehr als 10 % der Gebäudegrundfläche betragen
- Nur Bitumenemulsionen der Gruppen GisCode BBP 10 dürfen verwendet werden.
- Nur Epoxidharzprodukte der Gruppen GisCode RE 0 und RE1 dürfen verwendet werden.
- Oberflächenprodukte zur Belegung dürfen den VOC-Gehalt von 10 % nicht überschreiten.
- Bei nicht mineralischen Oberflächen darf der VOC-Gehalt von 10 % nicht überschritten werden.
- Bei mineralischen Oberflächen darf die Beschichtung und die Belegung den VOC-Gehalt von 3 % nicht überschritten werden.
- Korrosionsschutz-, Dichtungs-, Kleber- oder Versiegelungshilfsmittel dürfen einem VOC-Gehalt von 10 % nicht überschreiten.

Handlungsstufe/ Qualitätsstufe 4 (Zielwert)

- Qualitätsstufe 3 muss erfüllt sein und zwei der folgenden Kriterien dürfen vernachlässigt werden
- Es dürfen keine halogenierten oder teilhalogenierten Kältemittel verwendet werden.

- Es dürfen keine Kunststoffe mit Blei- Cadmium- und Zinnstabilisatoren verwendet werden.
- Nur Epoxidharzprodukte der Gruppen GisCode RE 0 sind zugelassen. Zugelassen sind ausschließlich Polyurethanharzprodukte der Gruppen GisCode PU 10.
- Korrosionsschutzbeschichtungen der Gruppen GisCode BS 10 können verwendet werden.
- Beschichtungen, sowie Korrosionsschutz, Dichtungen, Kleber und Versiegelungen dürfen den VOC-Gehalt von 3 % nicht überschreiten
- Die Verwendung als emissions- und lösemittelfrei ausgewiesene Beschichtungen zur Belegung der mineralischen Oberflächen ist erlaubt.
- Der vorbeugende Holzschutz erfolgt ausschließlich konstruktiv, oder durch artentypische Resistenzen.³⁴⁴

Der Nachweis für die Einhaltung der Materialien und Produkte kann über die EPD's Typ III erfolgen.

Nur wenn aus technischen oder funktionalen Gründen, oder der Aufwand nicht vertretbar ist, werden Ausnahmen zugelassen, diese müssen jedoch begründet und belegt werden.³⁴⁵

³⁴⁴ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-06 Risiken für die lokale Umwelt. Steckbrief Version 2009. S. 5ff

³⁴⁵ Vgl. ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-06 Risiken für die lokale Umwelt. Steckbrief Version 2009. S. 5

Tabelle 4.10 ÖGNI Punktevergabe für den Wirkungsindikator Risiken für die lokale Umwelt Version 2009 Neubau Industriebau³⁴⁶

Bewertungspunkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes
10	Erfüllung der Qualitätsstufe 4 (Zielwertanforderungen)
9	
8	
7,5	Erfüllung der Qualitätsstufe 3 (Teilzielanforderungen)
7	
6	
5	Erfüllung der Qualitätsstufe 2 (Referenzwertanforderungen)
4	
3	
2	
1	Erfüllung der Qualitätsstufe 1 (Grenzwertanforderungen)

Diese Werte werden für das jeweilige Projekt interpoliert.

4.5.3.12 Rechengrundlagen Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE_{ne})

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar - Gebäude PE_{ne,G}

Der Wert für den „Primärenergiebedarf nicht erneuerbar“ - Gebäude PE_{ne,G} errechnet sich aus der Summe des Wertes für Errichtung, Erhaltung, Rückbau- und Entsorgung des Gebäudes PE_{ne,K} (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik) und dem prognostizierten Wert für den Betrieb PE_{ne,N} (lt. ÖNORM H 5055 Energiebedarf), je als jährlichen Durchschnittswert auf den Betrachtungszeitraum gesehen.³⁴⁷

$$PE_{ne,G} = PE_{ne,K} + PE_{ne,N}$$

PE_{ne,K} errechnet sich folgendermaßen:

$$PE_{ne,K} = (H + E) / t_d + I$$

H = Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des prognostizierten Wertes für die Errichtung

³⁴⁶ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-06 Risiken für die lokale Umwelt. Steckbrief Version 2009. S. 8

³⁴⁷ Vgl. ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE_{ne}). Steckbrief 2009. S. 5

E = Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des prognostizierten Wertes für den Rückbau und die Entsorgung

I = Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des prognostizierten Wertes für die Instandhaltung (Konstruktion und Anlagentechnik)

t_d = Betrachtungszeitraum; auf 20 Jahre festgelegt

$PE_{ne,N}$ errechnet sich folgendermaßen:

$$PE_{ne,N} = PE_{ne,NS} + PE_{ne,NW}$$

$PE_{ne,NS}$ = Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Strombedarfs während der Nutzung multipliziert mit dem PE-Faktor des österreichischen Strommix

$PE_{ne,NW}$ = Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Wärmebedarfs (Endenergiebedarf) während der Nutzung multipliziert mit PE-Faktor des gewählten Energieträgers

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Referenzwert $PE_{ne,Gref}$

Der Referenzwert für den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar für Industriebau wird aus zwei Anteilen errechnet:

- Der $PE_{ne,Kref}$ -Wert für Errichtung, Erhaltung und Rückbau/Entsorgung (Gebäude-Rohbau, Gebäude-Ausbau und Gebäude-Technik)

$$PE_{ne,Kref} = 23 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

- Der $PE_{ne,Nref}$ -Wert für den durchschnittlichen Anteil des Strom- und Wärmebedarfs durch den Betrieb des Gebäudes, wird aus dem Energiebedarf (EEB) nach ÖNORM H 5055 (bzw. EnEV 2009) errechnet.

$$PE_{ne,Nref} = (PE_{ne,NSref} + PE_{ne,NWref})$$

$$PE_{ne,NSref} = 3,07 \cdot S_{ref} \text{ (Strombedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$PE_{ne,NSref} = 3,07 \cdot 0,178 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$PE_{ne,NSref} = 1,964 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$PE_{ne,NWref} = 1,33 \cdot W_{ref} \text{ (Wärmebedarf des Referenzgebäudes)}$$

$$PE_{ne,NWref} = 1,33 \cdot 9,497 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$PE_{ne, NWref} = 45,562 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$PE_{ne, Nref} = 47,5 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

$$PE_{ne, Gref} = PE_{ne, Kref} + PE_{ne, Nref}$$

$$PE_{ne, Gref} = 71,5 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Zielwert $PE_{ne, Gziel}$

Der Zielwert für Primärenergiebedarf nicht erneuerbar für Industriebau ergibt sich aus dem Gesamtreferenzwert $PE_{ne, Gref}$ multipliziert mit dem Faktor 0,70

$$PE_{ne, Gziel} = PE_{ne, Gref} \cdot 0,7$$

$$PE_{ne, Gziel} = 50,05 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Grenzwert $PE_{ne, Ggrenz}$

Der Grenzwert für den Energiebedarf nicht erneuerbar für Industriebau ermittelt sich aus der Multiplikation des Gesamtreferenzwertes $PE_{ne, Gref}$ mit dem Faktor 1,4.

$$PE_{ne, Ggrenz} = PE_{ne, Gref} \cdot 1,4$$

$$PE_{ne, Ggrenz} = 100,1 \text{ [kWh / (m}^3_{BRI} \cdot a \text{)]}$$

Sämtliche mathematischen Nachhaltigkeitsnachweise für den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar wurden aus dem ÖGNI Steckbrief für Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE_{ne}) Neubau Industriebau Nr.:NIN09-10 Version 2009 entnommen.³⁴⁸ Die Werte für das Referenzgebäude sind Benchmark-Werte der ÖGNI.

³⁴⁸Vgl. ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE_{ne}). Steckbrief 2009. S. 5ff

Tabelle 4.11 ÖGNI Punktevergabe für den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar Version 2009 Neubau Industriebau³⁴⁹

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kWh / (m ³ _{BRI} * a)]
10	PE_{ne,G} = 0,7 * Referenzwert = 50,05 (Zielwert)
9	PE _{ne,G} = 0,76 * Referenzwert
8	PE _{ne,G} = 0,82 * Referenzwert
7,5	PE _{ne,G} = 0,85 * Referenzwert
7	PE _{ne,G} = 0,88 * Referenzwert
6	PE _{ne,G} = 0,94 * Referenzwert
5	PE_{ne,G} = Referenzwert = 71,5 (Referenzwert)
4	PE _{ne,G} = 1,1 * Referenzwert
3	PE _{ne,G} = 1,2 * Referenzwert
2	PE _{ne,G} = 1,3 * Referenzwert
1	PE_{ne,G} = 1,4 * Referenzwert = 100,1 (Grenzwert)

4.5.3.13 Rechengrundlagen Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie (PE_{ges})

Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie PE_{ges,G}

Der Wert für den Gesamtprimärenergiebedarf Gebäude PE_{ges,G} errechnet sich aus der Summe der Werte für Primärenergiebedarf nicht erneuerbar PE_{ne,G}, dem Primärenergiebedarf erneuerbar und Energie aus Sekundärbrennstoffen des Gebäudes Sek_G, je als jährlichen Durchschnittswert auf den Betrachtungszeitraum gesehen.

$$PE_{ges,G} = PE_{ne,G} + PE_{e,G} + Sek_G$$

Die Berechnung für PE_{e,G} und Sek_G erfolgt nach den Rechenregeln wie PE_{ne,G}., allerdings werden die Datensätze für die jeweilige Kategorie herangezogen.³⁵⁰

³⁴⁹ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE_{ne}). Steckbrief 2009. S. 8

³⁵⁰ ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-11 Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie. Steckbrief Version 2009. S. 5ff

Tabelle 4.12 ÖGNI Punktevergabe für den Primärenergiebedarf erneuerbar Version 2009 Neubau Industriebau³⁵¹

Bewertungs- punkte	Beschreibung des zu erreichenden Wertes [kWh / (m ³ _{BRI} *a)]
10	PE _{ges, G} = 0,40 * Referenzwert = 29,4 (Zielwert)
2,5	PE _{ges, G} = Referenzwert (Referenzwert)
0,5	PE _{ges, G} = 1,40 * Referenzwert = 102,9 (Grenzwert)

4.5.4 Durchgeführter Prozess der ÖGNI-Ökobilanz mittels BIM-Methode

Im Folgenden werden die Prozessschritte für die durchgeführte BIM-basierte Ökobilanz beschrieben. Die folgende Darstellung stellt die Zusammenhänge grafisch dar.

³⁵¹ Tabelle nach ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-11 Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie . Steckbrief Version 2009. S. 8

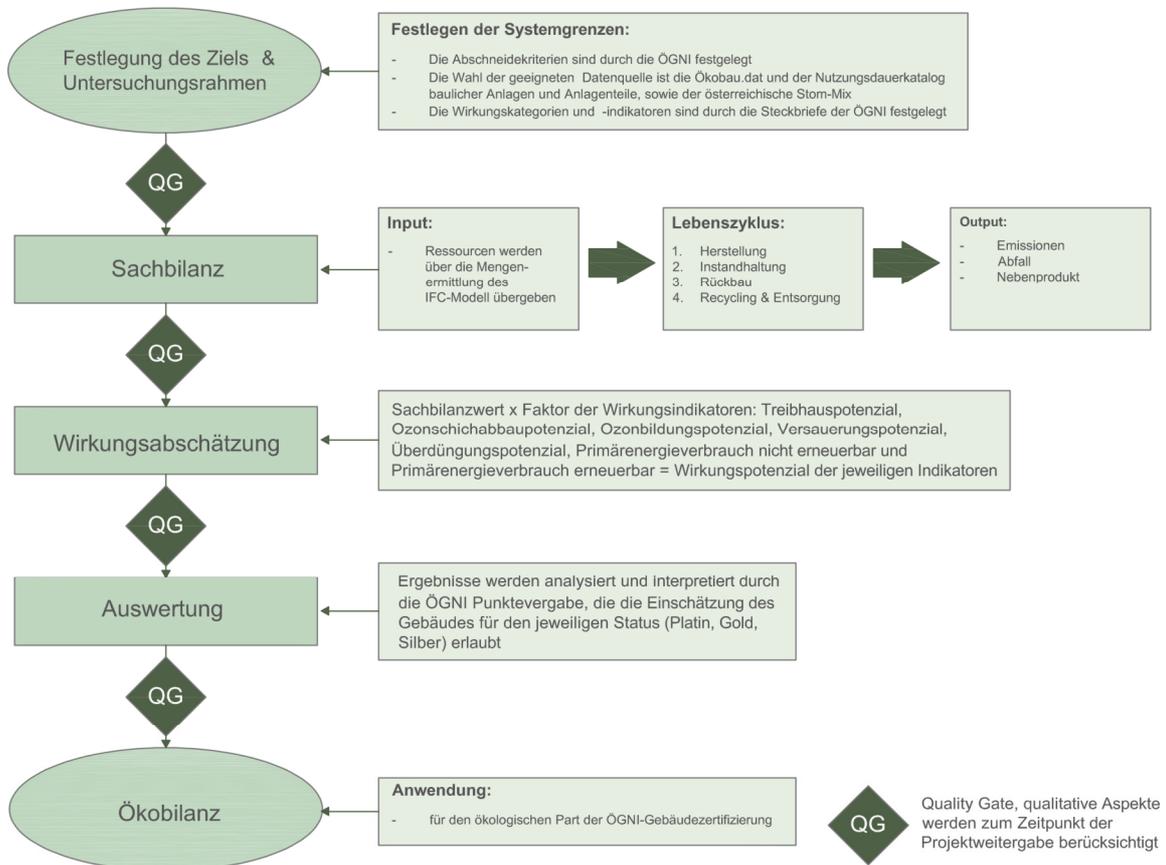


Bild 4.14 Prozess der durchgeführten Ökobilanz³⁵²

Als BIM-Prozess wird die open-BIM Variante gewählt mit den ausgewählten Software-Programmen, wie die folgende Grafik zeigt.

³⁵² Abbildung in Anlehnung an KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung, S. 40

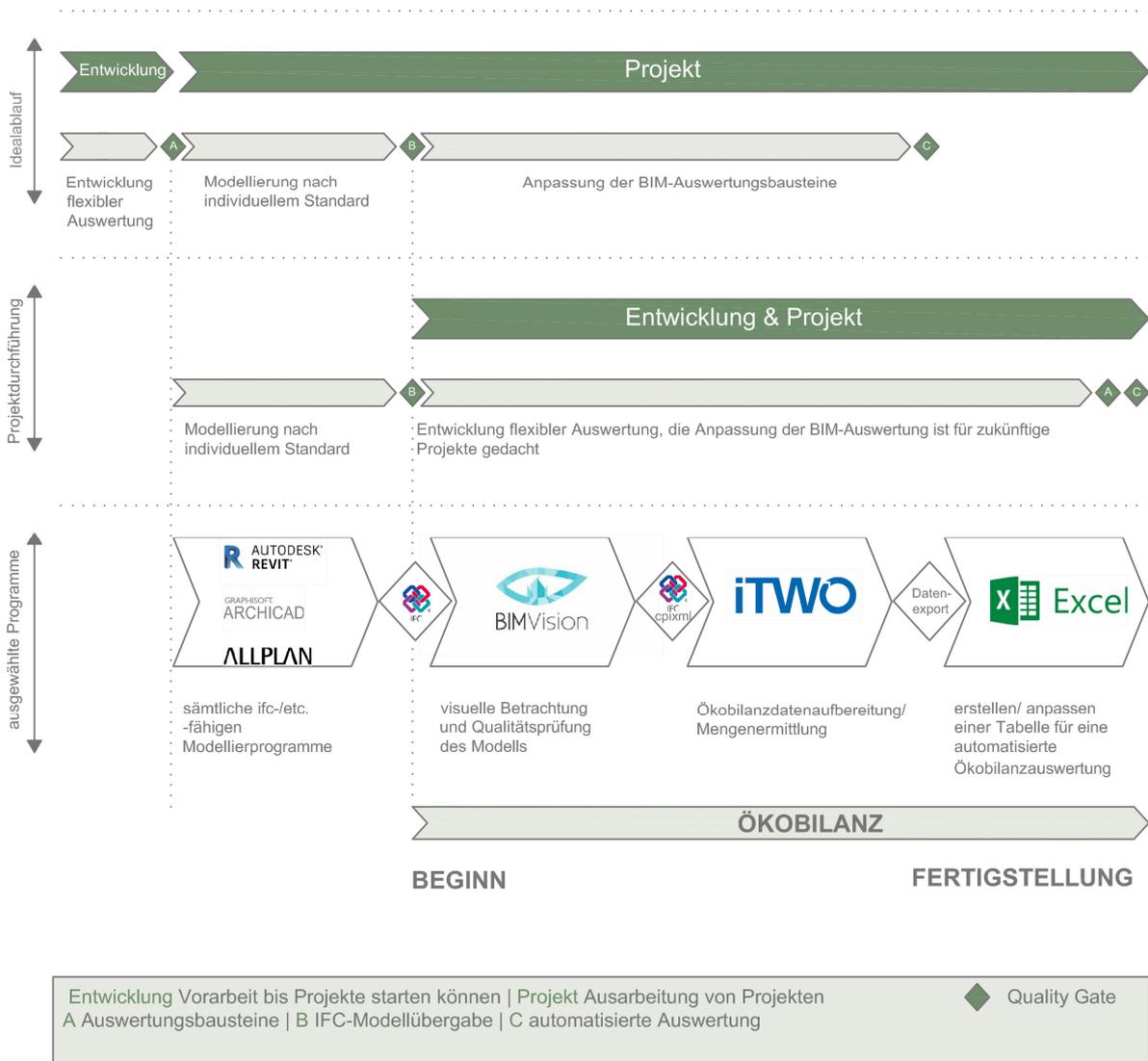


Bild 4.15 Programmwahl für die durchgeführte Ökobilanz³⁵³

4.5.4.1 Schritt 1 - Überprüfung des Datenmodells

Grundlage für die Mengenermittlung stellt das BIM-Modell dar, wie in der Bild 4.16 dargestellt. Dieses wurde als IFC-Datei übergeben. Der erste wichtige Schritt ist die Überprüfung des Modells auf Informationstiefe und Qualität. Für eine aussagekräftige Ökobilanz sollte mindestens LOD300 erreicht werden.

³⁵³ Abbildung nach HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. , S.164; LOGOS: <https://bimvision.eu/en/bim-vision-in-the-world-report-2016/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019 & <https://www.rib-software.com/group/ueber-rib/historie/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019 & <https://gravitatesolutions.com/products/nucleus/connector-excel-logo/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019 & <https://egan.com/specifying-tools/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019 & <https://www.graphisoft.com/info/news/graphisoft-logos/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019 & <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Allplan-logo.png>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019 & <https://www.bimcommunity.com/news/load/910/ifc-why-now>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019

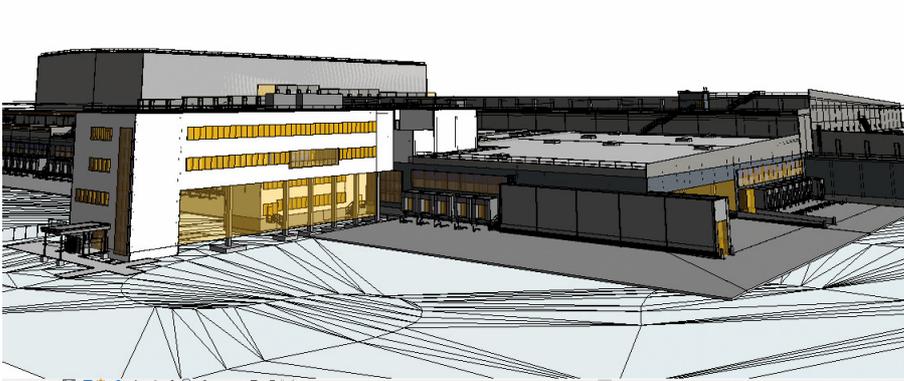


Bild 4.16 Gebäudedatenmodell

Für die Beurteilung der Bauteile wird das IFC-Modell in das Programm BIM-Vision geladen, in dem die Kontrolle durchgeführt werden kann. Zu Beginn werden alle Elemente, die im Modell vorhanden sind, nach den jeweiligen Bauteilkategorien des Modells aufgegliedert. Dies ist wichtig, um sicherzustellen, dass sämtliche Bauteile erfasst werden. In der folgenden Tabelle sind die unterschiedlichen Bauteilkategorien aufgelistet und die Anzahl der unterschiedlichen Elemente/ Bauteile, eine Gesamtliste aller unterschiedlichen Bauteile der einzelnen Kategorien befindet sich im Anhang Tabelle 5.1.

Tabelle 4.13 Bauteilkategorien des IFC-Modells

Bauteilkategorie	Anzahl der unterschiedlichen Bauteile der einzelnen Kategorien ¹
Attribute	94
Beam	316
Column	126
Default	26
Door	9
Foundation	99
Multi_Wall	36
Slab	113
Wall	30
Window	23

¹Die gesamte Liste aller im iTWO ausgewerteten unterschiedlichen Bauteile befindet sich im Anhang

Anschließend wurden die Bauteile auf ihre geometrischen Informationen, Art, Material, Lage im Gebäude, Funktion, sowie weitere Zusatzinformationen kontrolliert.

Anzumerken ist, dass es nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist, das Anwendungsbeispiel auf seine planerische und konstruktive Korrektheit zu prüfen.

Als Beispiel wurde eine Stütze gewählt:

Aus den Dateninformationen des vorliegenden BIM-Modells ist zu erkennen, dass es eine rechteckige Fertigteile Stahlbetonstütze ist, die in der Erdgeschoss-Ebene liegt. Die Stütze besitzt Konsolen und wird dem Projekt-Typ „S12“ zugeordnet. Es ist die exakte Lage der Stütze im Projekt angegeben und sämtliche geometrische Informationen. Weitere Angaben sind: innenliegend und Bauteilkategorie „Column“ (Component-Zuordnung). Zusätzlich stellt das 3D-Modell eine visuelle Kontrolle dar, wie in der folgenden Abbildung ersichtlich ist.

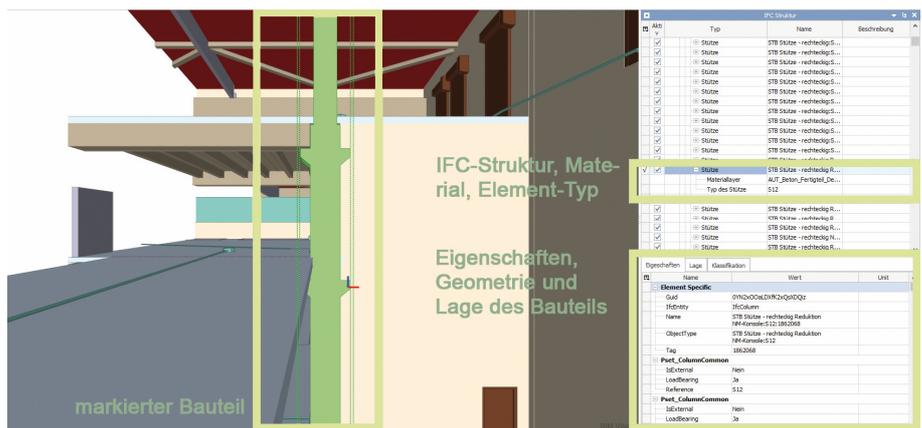


Bild 4.17 BIM-Viewer - Eigenschaften einer Stütze

Es wird die Struktur des IFC-Modells angegeben, das bedeutet, wie in der folgenden Grafik dargestellt, wird ersichtlich, dass das Element der Bauteilkategorie „Stütze“ (Revit-Typ Zuordnung) zugeordnet ist, mit dem Material „Beton-Fertigteil“ und dem Typ der Stütze „S12“.

✓	✓	Stütze	STB Stütze - rechteckig R...
		Materiallayer	AUT_Beton_Fertigteil_De...
		Typ des Stütze	S12

Bild 4.18 Struktur des IFC-Modells mit den Eigenschaften Material und Typ

Unter dem Begriff „Lage“ befinden sich die Angaben zur Projektposition des Bauteils, sowie auch Geometrieinformationen. Dies wird in der nachfolgenden Abbildung gezeigt. Es ist ersichtlich, dass keine Unterkategorien („Children“) vorhanden sind und dass das Bauteil eine eigene Geometrie besitzt.

Eigenschaften	Lage	Klassifikation	
Name	Wert	Unit	
Location			
Project	16-5070		
Storey	0,00 EBENE EG		
Top Elevation	14,43	m	
Bottom Elevation	-2,45	m	
Global Top Elevation	14,43	m	
Global Bottom Elevation	-2,45	m	
Geometry			
Has Own Geometry	Ja		
Children Have Geometry	Nein		
Global X	313,42	m	
Global Y	258,05	m	
Global Z	-2,45	m	
Bounding Box Length	1,5	m	
Bounding Box Width	0,9	m	

Bild 4.19 Bauteilinformationen Lage und Geometrie

Bei den Eigenschaften befinden sich die Detailangaben. Die folgende Grafik zeigt, dass das Bauteil eine bestimmte „Guid“ aufweist, das bedeutet eindeutig identifizierbar ist, der Kategorie „Column“ zugewiesen wird und mit einem „Namen“ und einem „Typen“ versehen ist. Weitere Angaben sind, dass das Bauteil „tragend“ und „innenliegend“ ist.

Eigenschaften	Lage	Klassifikation	
Name	Wert	Unit	
Element Specific			
Guid	0YN2x00aLDXfk2xQsXDQiz		
IfcEntity	IfcColumn		
Name	STB Stütze - rechteckig Reduktion NM-Konsole:S12:1862068		
ObjectType	STB Stütze - rechteckig Reduktion NM-Konsole:S12		
Tag	1862068		
Pset_ColumnCommon			
IsExternal	Nein		
LoadBearing	Ja		
Reference	S12		
Pset_ColumnCommon			
IsExternal	Nein		
LoadBearing	Ja		

Bild 4.20 Bauteilinformationen Eigenschaften

Durch die Informationen, die das IFC-Modell aufweist, lässt sich sagen, dass eine ausreichende Detailtiefe vorhanden ist, um eine aussagekräftige und sinnvolle Ökobilanz durchzuführen. Es sind sogar mehr Elemente vorhanden als benötigt werden. Die nicht ausgewerteten Bauteile (wie Außenanlage, Möblierungen, etc.) werden in der Mengenermittlung trotzdem

erfasst und aufgelistet, um sicherzustellen, dass kein Element übersehen wird.

Entdeckte Fehler und Mängel des BIM-Modells

Bei der Überprüfung des Modells wurde entdeckt, dass die Angaben der Bruttogeschossfläche, sowie der Nettogeschossfläche nicht stimmt, dies konnte jedoch rasch richtiggestellt werden. Da es sich hierbei ausschließlich um Flächen und Räume (als Elemente) handelt, gibt es keine Auswirkungen auf die Ökobilanz.

Für fehlende Informationen im BIM-Modell, wie Bewehrungsgrad, Betongüte, exakte Angabe des Dämmmaterials usw. wurden Annahmen getroffen. Die Dichte der Materialien wurde den Datenbanken Ökobau.dat und Baubook.at entnommen.

Tabelle 4.14 Getroffene Annahmen für die Ökobilanz

Bewehrungsgrad (OI3 Berechnungsleitfaden V 3.0 (IBO März 2014) Ergänzungen)	
Wand	100 kg/m ³
Decke	100 kg/m ³
Treppen	150
Stützen	340 kg/m ³
Träger	340 kg/m ³
Fundament	160 kg/m ³
Bodenplatte	160 kg/m ³
Betongüte (in der Ökobau.dat 2009 sind die folgenden 3 Betongüten zur Verfügung gestellt)	
C 30/37	Fertigteile oder wenn Betongüte höher war
C 25/30	Alle übrigen nicht definierten Betonteile
C 20/25	Magerbeton
Wärmedämmung	
XPS	im Erdberührenden- und Dachbereich
Mineralwolle	wenn angegeben
EPS	alle übrigen nicht definierten Dämmungen
Metall	
Edelstahl	Wenn beim Material Stahl keine Beschichtung angegeben war (da verzinkter Stahl in der Ökobau.dat nicht vorhanden ist)
Aluminium	nur wenn angegeben
Stahlprofil	Stahlträger und Stahlstützen
Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm)	wenn eine Beschichtung für das Metall angegeben war
Stahl Feinblech (0,3-3,0mm)	wenn eine Beschichtung für das Metall angegeben war
Pulverbeschichten von Metallen	wenn eine Beschichtung für das Metall angegeben war

Fenster	
Kunststofffenster	alle Fenster
Holz	
Konstruktionsvollholz	Träger und Stützen
Brettschichtholz	Fischbauchträger
Trennwand	
Mobiletrennwand	Lackierte MDF-Platte
Mauerwerk	
Innenputz	Ziegelwände wurden mit einem Innenputz ergänzt

4.5.4.2 Schritt 2 - Mengenermittlung

Nach der Überprüfung des Modells findet die Mengenermittlung statt. Dafür wird die zuvor erstellte Bauteilliste erfasst und auf Basis von Mengensformeln beschrieben. Das IFC-Modell wird dafür in das Programm iTWO geladen, in dem die Mengenauswertung stattfindet, wie in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist.

Struktur	Schlüssel	OZ	Matchkey	Bezeichnung	Mengenabfrage	ME	Menge
	20 LG08			Lauerwerksarbeiten			
	20 LG11			atscharbeiten			
	20 LG16			entgrate			
	20 LG16.10			fände			
	20 LG16.20			ecken			
	20 LG16.30			fützen			
	20 LG16.30.10			S			
	20 LG16.30.20			TB			
	20 LG16.30.30						
	20 LG16.30.30.20		S00	00			
	20 LG16.30.30.30		S01	01			
	20 LG16.30.30.40		S02	02			
	20 LG16.30.30.50		S02a	02a			
	20 LG16.30.30.60		S05	05			
	20 LG16.30.30.70		S06	06			
	20 LG16.30.30.80		S06a	06a			
	20 LG16.30.30.90		S06b	06b			
	20 LG16.30.30.100		S06c	06c			
	20 LG16.30.30.110		S08	08			
	20 LG16.30.30.120		S09e	09e			
	20 LG16.30.30.130		S09e1	09e1			
	20 LG16.30.30.140		S10	10			
	20 LG16.30.30.150		S10a	10a			
	20 LG16.30.30.160		S10b	10b			
	20 LG16.30.30.170		S10c	10c			
	20 LG16.30.30.180		S10e1	10e1			
	20 LG16.30.30.190		S10e2	10e2			
	20 LG16.30.30.200		S10e3	10e3			
	20 LG16.30.30.210		S12	12			
	20 LG16.30.30.210.20			innenwände inklusive Beschichtungen sowie Stütze			
	20 LG16.30.30.210.20.1	1.1.88		4.01 Transportbeton C30/37	QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp +=Column")	m3	75.743
	20 LG16.30.30.210.20.2	9.1.682		5 Bauschuttauflereitung	QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp +=Column");(2400 'Dichte' 340 Bew.kg/m³)	kg	156.031.610
	20 LG16.30.30.210.20.3	4.1.202		1.2 Bewehrungsstahl	QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp +=Column");(340 kg/m³)	kg	25.752.790
	20 LG16.30.30.210.20.4	9.1.682		5 Bauschuttauflereitung	QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp +=Column");(340 'Dichte')	kg	25.752.790
	20 LG16.30.30.210.20.5						
	20 LG16.30.30.220		S12a				

Bild 4.21 Gliederung und Formelerstellung im iTWO

Die Gliederung der Mengenermittlung gestaltet sich folgendermaßen:

1. Ebene: Einteilung der Bauteile nach LBH20
2. Ebene: Einteilung nach den Bauteilkategorien des IFC-Modells
3. Ebene: Einteilung nach den einzelnen Bauteiltypen

4. Ebene: Einteilung nach der Gliederung der ÖNORM B1801-1 in den Kostenbereichen 2,4 und 3
5. Ebene: Einteilung nach Herstellung und Instandhaltung, sowie Rückbau und Entsorgung

Dies ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

Bezeichnung
Mauerwerksarbeiten
Estricharbeiten
Fertigteile
Wände
Decken
Stützen
VS
STB
S
S00
S01
S02
S02a
S05
S06
S06a
S06b
S06c
S08
S09e
S09e1
S10
S10a
S10b
S10e
S10e1
S10e2
S10e3
S12
Innenwände inklusive Beschichtungen sowie Stützen
1.4.01 Transportbeton C30/37
9.5 Bauschuttzubereitung
4.1.2 Bewehrungsstahl
9.5 Bauschuttzubereitung
Betongüte eigentlich C40/50; Rohdichte 2400kg/m³ ; Bk
S12a

Bild 4.22 Gliederung im iTWO

Im anschließenden Bild werden die im iTWO eingetragenen Mengenformeln dargestellt.

QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp =='Column' ")	m3	75,743
QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp =='Column' ")*(2400 'Dichte' -340 'Bew kg/m³')	kg	156.031,610
QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp =='Column' ")*340 'kg/m³'	kg	25.752,790
QTO(Typ:="Volumen";ME:="m3";Bauteil:="Bauteiltyp =='Column' ")*340 'Dichte'	kg	25.752,790
QTO(Typ:="Stückzahl";ME:="Stk";Bauteil:="Bauteiltyp =='Column' ")	Stk	6,000

Bild 4.23 Die eingegebenen Mengenformeln im iTWO

Für die Auswertung der Mengen werden die Daten mit den Informationen der Ökobau.dat verknüpft, wie die nachfolgende Grafik zeigt.

20.LG.16.30.30.210.20			Innenwände inklusive Beschichtungen sowie Stützen
20.LG.16.30.30.210.20.1C	1. 1. 88.		1.4.01 Transportbeton C30/37
20.LG.16.30.30.210.20.2C	9. 1. 682.		9.5 Bauschuttaufbereitung
20.LG.16.30.30.210.20.3C	4. 1. 202.		4.1.2 Bewehrungsstahl
20.LG.16.30.30.210.20.4C	9. 1. 682.		9.5 Bauschuttaufbereitung

Bild 4.24 Zuweisung zur Ökobau.dat

Jedes Element muss durch eine Formel und einen Datensatz der Ökobau.dat beschrieben sein, sonst kann es nicht erfasst und ausgewertet werden. Die erste Ökobilanz benötigt daher mehr Aufwand, da jede Formel neu geschrieben werden muss, erst mit den folgenden Ökobilanzen ist eine schnellere Auswertung möglich, da auf die bereits erstellten BIM-Auswertungsbausteine aufgebaut werden kann.

4.5.4.3 Schritt 3 - Ökobilanzauswertung

Für die tatsächliche Auswertung der Ökobilanz wird eine automatisierte Excel-Liste erstellt. Dafür werden die Mengenermittlung mit den Wirkungsindikatoren der Ökobau.dat verknüpft, sowie mit den Daten des Energieausweises.

Basiname	Menge	ME	Treibhaus-potential (GWP 100) [kg CO2-Äq.]	Ozonabbau-potential (ODP) [kg R11-Äq.]	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äq.]	Versauerungs-potential (AP) [kg SO2-Äq.]	Eutrophierungs-potential (EP) [kg Phosphat-Äq.]
Stahlbeton 30							
Außenwände und Kellerwände inkl. Fenster und Beschichtungen							
1.4.01 Transportbeton C25/30	1.072,21	m3	234298,6931	0,006267739	42,51570809	415,6691875	58,84293227
9.5 Bauschuttufbereitung	2.466,084	kg	86124,19851	-0,00092899	12,50273365	167,9111152	24,5655892
4.1.2 Bewehrungsstahl	107,221,06	kg	93749,54703	0,00846944	29,37871158	176,094622	14,8572389
9.5 Bauschuttufbereitung	107,221,06	kg	3744,530373	-4,03909E-05	0,543597116	7,300483277	1,068069096
Stahlbeton 35							
Außenwände und Kellerwände inkl. Fenster und Beschichtungen							
1.4.01 Transportbeton C25/30	10,979	m3	2399,122329	6,41791E-05	0,435349378	4,256281655	0,602527444
9.5 Bauschuttufbereitung	25.250,84	kg	881,8466163	-9,51216E-06	0,128018531	1,71928275	0,251533043
4.1.2 Bewehrungsstahl	1.097,86	kg	959,9248319	8,61832E-05	0,300815904	1,80307645	0,152126949
9.5 Bauschuttufbereitung	1.097,86	kg	38,34117393	-4,13572E-07	0,005566026	0,074751456	0,010936224
Stahlbeton 40							
Außenwände und Kellerwände inkl. Fenster und Beschichtungen							
1.4.01 Transportbeton C25/30	18,652	m3	4075,820173	0,000109033	0,739596019	7,230910414	1,023621631
9.5 Bauschuttufbereitung	42.899,60	kg	1498,20244	-1,61606E-05	0,217495505	2,920954237	0,427338963
4.1.2 Bewehrungsstahl	1.865,20	kg	1630,851751	0,00014642	0,51106725	3,063313177	0,258454092

Bild 4.25 Beispiel zur Zuweisung der Mengen zu den Wirkungsindikatoren

4.5.4.4 Ausgewertetes Projekt

In den weiteren Schritten werden die Werte, die den jeweiligen Wirkungsindikatoren zugeschrieben sind, den jeweiligen Lebenszyklusphasen und Elementen der Kostenbereiche der ÖNORM B1801-1 zugewiesen.

In der folgenden Abbildung erfolgt die Zuweisung zu den Lebenszyklusphasen.

Einheit	GWP / CO ₂ (kg/m ² BRP's)	ODP / CFC ₁₁ (kg/m ² BRP's)	POCP / C ₂ H ₄ (kg/m ² BRP's)	AP / SO ₂ (kg/m ² BRP's)	EP / PO ₂ ³ (kg/m ² BRP's)	PE _{ne} (MJ/m ² BRP's)	PE _e (MJ/m ² BRP's)
Herstellung absolut	2,19E+07	1,62E+00	6,86E+03	6,84E+04	1,46E+04	2,80E+08	6,30E+07
Herstellung relativ (Kennwert / m ²)	8,51E-01	6,28E-08	2,67E-04	2,66E-03	5,68E-04	1,09E+01	2,45E+00
Instandhaltung absolut	1,12E+05	9,74E-03	3,43E+01	5,32E+02	3,08E+01	1,93E+06	4,79E+04
Instandhaltung relativ (Kennwert / m ²)	4,37E-03	3,79E-10	1,33E-06	2,30E-05	1,20E-06	7,51E-02	1,86E-03
I Entsorgung absolut	5,35E+06	-6,73E-02	6,81E+02	1,02E+04	1,53E+03	-5,37E+06	-2,96E+05
Weitere Entsorgung absolut	3,12E+01	-3,39E-07	4,52E-03	6,07E-02	8,89E-03	4,24E+01	-1,45E+00
Gesamt Entsorgung absolut	5,35E+06	-6,73E-02	6,81E+02	1,02E+04	1,53E+03	-5,37E+06	-2,96E+05
Entsorgung relativ (Kennwert / m ²)	2,08E-01	-2,62E-09	2,65E-05	3,98E-04	5,33E-05	-2,09E-01	-1,15E-02
I Rückbau absolut	-1,60E+06	-1,36E-01	-4,25E+02	-6,45E+03	-1,35E+03	-2,05E+07	-6,43E+06
Weiterer Rückbau absolut	-1,44E+04	6,03E-04	-2,17E+00	6,23E+00	-8,38E+01	-1,40E+05	-9,01E+03
Gesamter Rückbau absolut	-1,62E+06	-1,35E-01	-4,27E+02	-6,44E+03	-1,44E+03	-2,06E+07	-6,44E+06
Rückbau relativ (Kennwert / m ²)	-6,23E-02	-5,26E-09	-1,66E-05	-2,50E-04	-5,61E-05	-8,03E-01	-2,50E-01
Gesamter Rückbau und Entsorgung absolut	3,73E+06	-2,03E-01	2,53E+02	3,80E+03	8,10E+01	-2,60E+07	-6,74E+06
Rückbau und Entsorgung re. (Kennwert / m ²)	1,45E-01	-7,87E-09	9,84E-06	1,48E-04	3,15E-06	-1,01E+00	-2,62E-01

Bild 4.26 Beispiel zur Zuweisung Lebenszyklusphasen

In der nachfolgenden Grafik befindet sich die Zuweisung zu den Kostenbereichen lt. ÖNORM B1801-1.

	2,67E+01	1,21E-06	6,04E-03	6,12E-02	1,22E-02	2,20E+02	5,09E+01	2,71E+02
Entsorgung	2,14E+01	1,21E-06	6,00E-03	6,08E-02	1,22E-02	2,18E+02	4,83E+01	2,66E+02
Außenwände und Kellerwände inkl. Fenster und Beschichtungen	1,84E+01	1,36E-06	5,76E-03	5,73E-02	1,21E-02	2,36E+02	5,35E+01	2,30E+02
Dach	5,530E+06	3,079E-01	1,733E+03	1,962E+04	6,308E+03	6,479E+07	4,719E+06	69466818,494
Geschossdecken inkl. Fußbodenaufbau und belagten Beschichtungen	5,862E+04	5,348E-03	2,277E+01	2,390E+02	1,320E+01	1,013E+05	1,342E+05	1206353,134
Bodenplatte inkl. Fußbodenaufbau und beläge sowie Geschossdecken über Luft	8,862E+06	6,392E-01	2,849E+03	2,319E+04	2,935E+03	1,161E+08	4,408E+07	160157898,343
Fundamente	2,184E+04	1,122E-03	5,089E+00	3,964E+01	4,696E+00	1,893E+05	1,085E+04	200162,768
Innenwände inklusive Beschichtungen sowie Säulen	1,371E+06	7,040E-02	3,193E+02	2,488E+03	2,947E+02	1,188E+07	6,808E+05	12562181,228
Türen	5,257E+06	4,147E-01	1,637E+03	2,018E+04	4,405E+03	6,991E+07	1,226E+07	82163677,379
Wärmeerzeugungsanlagen	5,993E+04	6,991E-03	2,824E+01	3,661E+02	6,472E+01	1,142E+06	5,071E+05	1648712,639
	3,784E+05	1,461E-01	1,603E+02	8,873E+02	8,483E+01	1,126E+07	1,466E+05	1,141E+07

Bild 4.27 Beispiel zur Zuweisung der Elemente zu den Kostenbereichen

Im Anhang befinden sich die ausgewerteten Tabellen des Projekts:

- Allgemeine Daten des Nachhaltigkeitsprojektes
- Gesamtwerte für Herstellung und Instandhaltung, sowie Rückbau und Entsorgung
- Energiebedarf
- ÖGNI Punktevergabe
- Vereinfachtes Rechenverfahren A1 laut ÖGNI
- Vollständiges Rechenverfahren A2 laut ÖGNI

4.5.4.5 Überprüfung

Bei der Prüffähigkeit der Daten der BIM-unterstützten Ökobilanz ist vor allem die Transparenz und Nachvollziehbarkeit hervorzuheben. Durch die zusammenhängende Aufbereitung der Daten ist es für den Prüfer relativ-einfach ersichtlich, woher die ermittelten Ergebnisse stammen und wie sie sich zusammensetzen.

Die einfach prüffähigen Daten bedurften einer zusätzlichen Aufbereitung und Ergänzung der Ausgangsdaten. Dies kann zukünftig durch bereits genormte oder standardisierte Ausgangsdaten zu einer Beschleunigung der Prozesse führen.

5 Zusammenfassung

Im folgenden Kapitel werden das Resümee zur Ökobilanz, sowie eine SWOT-Analyse zur BIM-gestützten Ökobilanz dargelegt, anschließend folgt ein Ausblick auf die zukünftigen Handlungsfelder der Nachhaltigkeit, die mit der BIM-Methode genutzt werden können.

5.1 Resümee zur Ökobilanz

Die Ökobilanz ist die ökologische Bewertung eines Produkts oder Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Allerdings gibt es keine komplett lückenlose, zu 100 % vergleichbare Methode, trotz festgelegter Normen. Denn ein wichtiger Teil der Ökobilanz ist die Einschätzung der Auswirkung auf die Umwelt und deren qualitative Bewertung, dies kann durch den Anwender beeinflusst und auf Grund von Intransparenz und Komplexität Fehlerhaft sein. Es ist abzuwiegen und zu definieren, wie die Ökobilanz angewandt wird und wie sie sinnvoll vergleichbar bleibt, ohne Nachteile zu verschleiern.

Die Ökobilanz ist kein Wundermittel, doch sie bündelt Wissen und zeigt so neue Erkenntnisse auf. Sie dient nicht dazu die Umweltwirkungen abschließend zu lösen. Ob nun Umweltkatastrophen, Gesundheitsschäden oder die Verschmutzungen schlimmer sind, ist wohl eine gesellschaftspolitische Frage, die nicht von der Wissenschaft allein lösbar ist. Allerdings bietet die Ökobilanz durch ihre vernetzten Ansetze neue Aspekte im Hinblick das menschliche Handeln ökologisch einzuschätzen.³⁵⁴

5.2 SWOT-Analyse der BIM-gestützten Ökobilanz

Die folgende SWOT-Analyse zeigt die Chancen und das Risiko, sowie die Stärken und Schwächen der mittels BIM unterstützen Ökobilanz.

5.2.1 Chancen (Opportunities)

- Einfachere Handhabung

Ökobilanzen sind sehr teuer, da sie sehr aufwendig sind. Durch die BIM-Methode wird eine schnellere und einfachere Handhabung der Ökobilanz ermöglicht. Die direkte Verarbeitung des BIM-Datenmodells erlaubt rasche Anpassungen und Abänderungen. Die Massen sind von vornherein im Modell vorhanden und können

³⁵⁴ Vgl. SENATSVERWALTUNG FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE : Ökobilanzen populär. https://www.hs-pforzheim.de/fileadmin/user_upload/uploads_redakteur/Forschung/INEC/Dokumente/Team__Publikationen_/OEkobilanzen_populaer_Berlin.PDF. Datum des Zugriffs: 31.03.2019

mit geringem Aufwand genutzt werden. Zukünftig kann der Ökobilanz so mehr Relevanz zukommen.

- Durchgängige Informationstiefe

Durch die direkte Verarbeitung und die Durchgängigkeit des BIM-Modells über die Projektphasen können beispielsweise detaillierte Mengen ermittelt werden. Alle Informationen, die im Modell stecken, können berücksichtigt werden und ermöglichen so eine exaktere Abbildung des Gebäudes, vor allem dann, wenn es als „As-built-Modell“ umgesetzt wurde.

5.2.2 Risiken (Threats)

- Qualität

Die Qualität des Ergebnisses hängt von der Eingabe und deren Berechnung ab (S.243). Die Wahl der Datensätze ist entscheidend. Sie müssen einem gewissen Qualitätsanspruch entsprechen, um eine richtige und relevante Aussage der Ökobilanz zu treffen. Die Berechnungen haben dem Anspruch der ÖNORM EN ISO 14 040 und 14 044, sowie der ÖNORM EN 15 978 zu entsprechen.

- Die Berücksichtigung von Wahrheit, Klarheit und Vollständigkeit (Grundsätze der Bilanzierung) sind auch bei der Ökobilanz zu beachten.
- Zu Beginn der Ökobilanz sind Abgrenzungen des Systems, Fragestellung, Datensätze und Ziele zu definieren und sinnvoll zu wählen.

5.2.3 Stärken (Strengths)

- Variantenuntersuchung

Die BIM-Methode ermöglicht Varianten und deren unterschiedliche Ökobilanzauswertungen einfacher zu vergleichen und gegenüberzustellen. Ohne digitales Datenmodell ist der Vergleich von Ökobilanzen zu aufwendig.

- Transparenz

Die BIM-gestützte Arbeitsweise erlaubt eine Nachvollziehbarkeit, da die Informationen gebündelt im digitalen Gebäudemodell enthalten sind. Massenermittlungen sind nachvollziehbar und überprüfbar.

5.2.4 Schwächen (Weaknesses)

- Grundverständnis
Bei der Eingabe der Daten ist ein Grundverständnis der Ökobilanzierung, sowie auch der BIM-Arbeitsweise und den dazugehörigen Hilfsmitteln/ Programme erforderlich
- Zu Beginn der Planung ist der Aufwand mittel BIM-Methode größer.
- Systemabgrenzungen sind sinnvoll zu wählen. Allerdings ist bei einer individuellen Wahl der Grenzen eine Vergleichbarkeit nur schwer möglich. Es gibt zwar die Vorgabe der Abschneidekriterien, aber es gibt Freiräume, die nicht exakt bestimmt werden können und individuell gewählt werden.
- Fehler fallen nur schwer auf, da die Berechnung sehr komplex ist. Es werden zahlreiche Werte auf einige wenige zusammengefasst. Eine Überprüfung ist ausschließlich durch eine exakte Nachrechnung möglich.
- ÖGNI-Prüfer haben einen persönlichen Ermessensspielraum, daher bewertet jede Person anders.

5.3 Zukünftige Handlungsfelder

Für die Zertifizierung von Gebäuden ist es wesentlich, dass die Ergebnisse eines Nachhaltigkeitszertifikates messbar, vergleichbar und somit für den Kunden bestellbar sind. Mit diesen Grundgedanken können zukünftig BIM-Modelle eine zentrale Informations- und Kommunikationsrolle übernehmen. Denn die darin befindlichen Inhalte können, da es sich bei einem BIM-Modell um eine visuell unterstützte Datenbank handelt, automatisiert, nachvollziehbar und standardisiert aufbereitet werden. Dies kann mit den entsprechenden Schnittstellen zu effizienten Prozessen führen, die vor allem zukünftig bei Änderungsprozessen während der Projektfortschreibung für lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen Vorteile bietet.³⁵⁵

Building Information Modeling bietet ein breites Spektrum, auf das die lebenszyklusorientierte Planung zurückgreifen kann. Zukünftig sollte Nachhaltigkeit im Planungsprozess nicht mehr nur als schönes Attribut betrachtet werden, sondern eine zentrale Rolle als Werkzeug bei der Findung von Planungsentscheidungen für das Management einnehmen.

³⁵⁵ Vgl. INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT TU GRAZ: Tagungsband - Reduktion von Bauablaufstörungen und systematischer Umgang mit Mehrkostenforderungen . 17. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium. S. 123

Eine weitere Steigerung der Effizienz kann durch die Anwendung von digitalen Gebäudedatenmodellen bei der Auswertung für lebenszyklusorientiertes Planen und Bauen durch die Standardisierung der BIM-Modellinhalten erreicht werden.

Um einen wirkungsvollen Beitrag zur Qualität, Nachhaltigkeit und Effizienz der Arbeit in Planung und Bauausführung zu erreichen, sind vor allem die internationalen BIM-Standards für die globale Zusammenarbeit und Vergleichbarkeit weiterzuentwickeln.³⁵⁶ Je weiter die BIM-Methode, Schnittstellen, BIM-Inhalte und BIM-Werkzeuge ausgereift sind, umso einfacher wird der Einsatz für den Anwender werden.

Für den Auftraggeber besteht zukünftig die Möglichkeit, auf Grund der effizienten Nutzung der Informationen, Nachhaltigkeitszertifizierungen einfacher und kostengünstiger als zusätzliches Dokument bereits in einer frühen Planungsphase mitanzubieten. Je flächendeckender Nachhaltigkeitszertifikate in Zukunft erstellt werden, umso höher wird die Anzahl der vergleichbaren Gebäude und der tatsächlichen Werte in der Praxis. Dies kann einerseits bei der Weiterentwicklung der Zertifizierungen zu einer höheren Qualität der Zertifikate führen und andererseits im Allgemeinen die Akzeptanz und Selbstverständlichkeit der Zertifizierung in der Bevölkerung steigern.

BIM unterstützt die Nachhaltigkeit vor allem mit den Gedanken das Gebäude zu einem frühen Zeitpunkt ganzheitlich betrachtet und über den gesamten Lebenszyklus begleitet werden. Beide befürworten durchgängige und integrative Prozesse, die dann besonders gut funktionieren, wenn alle Beteiligten möglichst früh miteinbezogen werden, um gemeinsam und partnerschaftlich zu arbeiten.³⁵⁷

Durch den Einsatz von BIM werden nicht Menschen und die Kommunikation der Menschen ersetzt³⁵⁸, sondern BIM zeigt die Zusammenhänge der handelnden Projektbeteiligten und deren Prozesse nachvollziehbar auf und führt meist dazu, dass die Kommunikation und Koordination schon zu Beginn intensiver, strukturierter und konstruktiv als konventionell durchgeführt wird. Es kann bereits zu Beginn eines Projektes das Ziel die Nachhaltigkeit des Gebäudes ganzheitlich zu steigern verfolgt werden.

³⁵⁶ Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 470

³⁵⁷ Vgl. ARBEITSGRUPPE, Ö.: Mehr Nachhaltigkeit in BIM S. 1f

³⁵⁸ Vgl. ARBEITSGRUPPE, Ö.: Mehr Nachhaltigkeit in BIM S. 2

A.1 Anhang

A.1.1 BIM-Model Bauteilliste

Tabelle 5.1 Liste aller im iTWO ausgewerteten Bauteile

Gesamte Liste aller im iTWO ausgewerteten Bauteile	
Bezeichnung	Bauteiltyp
Anfahrerschutz Holz 20x20cm	Attribute
Typ 6 POS 2	Attribute
Typ 6 POS 1	Attribute
Typ 6 POS 9	Attribute
Typ 1a POS 4	Attribute
Typ 1a POS 3	Attribute
Typ 1a POS 1	Attribute
Typ 1a POS 2	Attribute
Typ 1a POS 6	Attribute
Typ 1a POS 5	Attribute
Typ 1c POS 3	Attribute
Typ 1c POS 6	Attribute
Typ 1c POS 5	Attribute
Typ 1c POS 4	Attribute
Typ 5 POS 2	Attribute
Typ 5 POS 1	Attribute
Typ 5 POS 4	Attribute
Typ 5 POS 12	Attribute
Typ 5 POS 5	Attribute
Typ 5 POS 1a	Attribute
Typ 7 POS 5	Attribute
Typ 1 POS 4	Attribute
Typ 1 POS 3	Attribute
Typ 1 POS 1	Attribute
Typ 1 POS 7	Attribute
Typ 1 POS 5	Attribute
Typ 1 POS 2	Attribute
Typ 1 POS 6	Attribute
Typ 1b POS 3	Attribute
Typ 2 POS 1	Attribute
Typ 2 POS 2	Attribute
Typ 2 POS 6	Attribute
Typ 2 POS 3	Attribute
Typ 2 POS 4	Attribute
Typ 4 POS 3	Attribute
Typ 4 POS 1	Attribute
Typ 4 POS 2	Attribute
Typ 4 POS 4	Attribute

Typ 4 POS 3a	Attribute
Typ 4 POS 6	Attribute
Typ 3 POS 6	Attribute
Typ 3 POS 3	Attribute
Typ 3 POS 4	Attribute
Typ 3 POS 1	Attribute
Typ 3 POS 2	Attribute
S51a	Attribute
4cm Aufdopplung Holz für Sek-Tore	Attribute
Typ 6 POS 1a	Attribute
S60	Attribute
Typ 8 POS 1a	Attribute
Typ 8 POS 1b	Attribute
Typ 8 POS 4	Attribute
Typ 8 POS 5	Attribute
Typ 8 POS 2	Attribute
Typ 8 POS 6	Attribute
Typ 6 POS 8	Attribute
Fugenprofil	Attribute
Fugenprofil Sinuskurve	Attribute
Fugenprofil Torbereich	Attribute
Typ 1c POS 1	Attribute
Typ 1c POS 2	Attribute
Typ 1b POS 1	Attribute
Typ 1b POS 2	Attribute
Typ 1b POS 4	Attribute
Typ 2a POS 2	Attribute
Typ 2a POS 1	Attribute
Typ 2a POS 3	Attribute
Typ 2a POS 4	Attribute
Typ 5 POS 7	Attribute
Typ 5 POS 6	Attribute
Typ 5 POS 11	Attribute
Typ 7 POS 2	Attribute
Rammschutz innen	Attribute
Betonrammschutz an Isopaneele	Attribute
100mm mit Aufstandsbogen	Attribute
b=150mm h=220mm	Attribute
b=360mm h=400mm	Attribute
b=125mm h=100mm Niro	Attribute
Betonrammschutz an Isopaneele Inneneck	Attribute
Betonrammschutz an Isopaneele Ausseneck	Attribute
d 100mm mit Auslauf	Attribute
d 150mm mit Auslauf	Attribute
Typ 5 POS 13	Attribute
Typ 5 POS 2a	Attribute

S50d 24/36cm	Attribute
S50c 24/36cm	Attribute
S50b 24/36cm	Attribute
Typ 8 POS 3a	Attribute
Typ 8 POS 3b	Attribute
d 80mm mit AB	Attribute
Typ 1 POS 9	Attribute
Typ 2 POS 5	Attribute
Typ 4 POS 5	Attribute
Typ 3 POS 5	Attribute
_T18b	Beam
_T18b1	Beam
_T4a3	Beam
_T4c	Beam
_T4c4	Beam
_T4d	Beam
_T4d1	Beam
_T4k	Beam
_T4k1	Beam
_T4k-22cm	Beam
_T5a2	Beam
_T5a3	Beam
_T5b	Beam
_T5c	Beam
_T5d	Beam
20cm	Beam
22cm	Beam
D14	Beam
D14b	Beam
D14b 2	Beam
D14b 3	Beam
D14b 4	Beam
D14b1	Beam
D14b1 2	Beam
D14b1 3	Beam
D14b1 4	Beam
D14b2	Beam
D14b2 2	Beam
D14b2 3	Beam
D14b3	Beam
D14b3 2	Beam
D14b3 3	Beam
D14b4	Beam
D14b4 2	Beam
D14b4 3	Beam
D14b4 4	Beam

D14b5	Beam
D14b5 2	Beam
D14b5 3	Beam
D14b5 4	Beam
D14b6	Beam
D14b6 2	Beam
D14b7	Beam
D14b7 2	Beam
D14b8	Beam
D14b9	Beam
D14c	Beam
D14c1	Beam
D14e	Beam
D14e1	Beam
D14e2	Beam
Diagonale 22/22	Beam
Druckriegel 20/20	Beam
Druckriegel 20/24	Beam
gedämmt 240	Beam
gedämmt 300	Beam
HEA120	Beam
HEA220	Beam
HEA260	Beam
HEB 240	Beam
HEB 400	Beam
IPE180	Beam
L 20x10	Beam
L150x10	Beam
planen 185	Beam
planen 215	Beam
QRO 120x120x5	Beam
QRO 180x6.0 (EN 10210-2)	Beam
QRO 200x200x10	Beam
RO21.3x2.3	Beam
STB 40 x 100	Beam
STB 40 x 60	Beam
STB 50 x 130	Beam
STB 50 x 56	Beam
STB 50 x 60	Beam
STB 50 x 60 mit Abschlaer	Beam
STB 50 x 70	Beam
STB 50 x 90	Beam
STB 60 x 170	Beam
STB 60 x 40	Beam
STB 60 x 60	Beam
STB 70 x 110	Beam

STB 80 x 100	Beam
STB 80 x 118	Beam
STB 80 x 40	Beam
STB 80 x 50	Beam
STB 90 x 144	Beam
STB 90 x 150	Beam
STB-Verbundträger 40 x 48	Beam
T10a	Beam
T10b	Beam
T10b1	Beam
T10b2	Beam
T10c	Beam
T10d	Beam
T10e	Beam
T10f	Beam
T10h	Beam
T10i	Beam
T11a	Beam
T11c	Beam
T12a	Beam
T12b	Beam
T12c	Beam
T12c1	Beam
T12d	Beam
T12f	Beam
T13a	Beam
T13b	Beam
T13c	Beam
T13d	Beam
T13e	Beam
T13f	Beam
T13g	Beam
T13h	Beam
T14a	Beam
T14b	Beam
T14c	Beam
T14c1	Beam
T14d	Beam
T14e	Beam
T14e1	Beam
T16a	Beam
T16b	Beam
T16b1	Beam
T16b2	Beam
T16b3	Beam
T16b4	Beam

T16b5	Beam
T16b6	Beam
T16b7	Beam
T16b8	Beam
T17	Beam
T17a	Beam
T17b	Beam
T18a	Beam
T18b	Beam
T18b2	Beam
T18c	Beam
T18c3	Beam
T19a	Beam
T19b	Beam
T19c	Beam
T19c1	Beam
T19d	Beam
T1a	Beam
T1b	Beam
T1c	Beam
T1d	Beam
T1f1	Beam
T1g	Beam
T1h	Beam
T1i	Beam
T1j	Beam
T1k	Beam
T1l	Beam
T1m	Beam
T1n	Beam
T20a	Beam
T20a2	Beam
T20b	Beam
T20b2	Beam
T21	Beam
T22	Beam
T2a	Beam
T2b	Beam
T2c	Beam
T2d	Beam
T2e	Beam
T2f	Beam
T2g	Beam
T2i	Beam
T2j	Beam
T2j1	Beam

T30a2	Beam
T30a3	Beam
T30b2	Beam
T30b3	Beam
T30c1	Beam
T30c2	Beam
T30c3	Beam
T30d2	Beam
T30d3	Beam
T31	Beam
T31a	Beam
T31b	Beam
T32a	Beam
T32b	Beam
T32c	Beam
T32d	Beam
T3a	Beam
T3b	Beam
T3c	Beam
T3d	Beam
T3e	Beam
T3g	Beam
T3h	Beam
T3i	Beam
T3j	Beam
T4a	Beam
T4a1	Beam
T4a2	Beam
T4a3	Beam
T4a4	Beam
T4a5	Beam
T4a6	Beam
T4a7	Beam
T4a8	Beam
T4b2	Beam
T4c	Beam
T4c2	Beam
T4c3	Beam
T4h	Beam
T4i1	Beam
T4j	Beam
T4j1	Beam
T4ja	Beam
T50	Beam
T5a	Beam
T5a1	Beam

T5a2	Beam
T5a3	Beam
T5b	Beam
T5c	Beam
T5d	Beam
T6a	Beam
T6a2	Beam
T6d	Beam
T6d2	Beam
T6d3	Beam
T6d4	Beam
T6e	Beam
T6e2	Beam
T6f3	Beam
T6f4	Beam
T6g	Beam
T7a	Beam
T7b	Beam
T7c	Beam
T7d	Beam
T7e	Beam
T7f	Beam
T7g	Beam
T8a	Beam
T8b	Beam
T8c	Beam
T8d	Beam
T8e	Beam
T8f	Beam
T8h	Beam
T8i	Beam
T9a	Beam
T9a1	Beam
T9b	Beam
T9b1	Beam
T9c	Beam
T9d	Beam
T9d1	Beam
T9e	Beam
T9f	Beam
T9h	Beam
T9i	Beam
U100	Beam
U160	Beam
U2	Beam
U200	Beam

U200a	Beam
U201b	Beam
U202	Beam
U202a	Beam
U204	Beam
U240	Beam
U3	Beam
U35a	Beam
U35b	Beam
U35b3	Beam
U36a	Beam
U36a3	Beam
U36b	Beam
U36b1	Beam
U36c	Beam
U36d	Beam
U40	Beam
U40a	Beam
U5b	Beam
U--95/50	Beam
UPN220	Beam
VU1	Beam
VU10a	Beam
VU10b	Beam
VU10c	Beam
VU10d	Beam
VU11a	Beam
VU11a ohne Auflager	Beam
VU11b	Beam
VU11c	Beam
VU12a	Beam
VU12b	Beam
VU12c	Beam
VU13	Beam
VU14a	Beam
VU14b	Beam
VU1a	Beam
VU2	Beam
VU2a	Beam
VU3	Beam
VU3a	Beam
VU4	Beam
VU5	Beam
VU6b	Beam
VU7	Beam
VU7a	Beam

VU7b	Beam
VU8	Beam
VU9	Beam
VU9a	Beam
AKP_FT-ST_Kopfteil	Column
HEA400	Column
RO 60.3x3.2 (EN 10219-2)	Column
S00	Column
S01	Column
S02	Column
S02a	Column
S05	Column
S06	Column
S06a	Column
S06b	Column
S06c	Column
S08	Column
S09e	Column
S09e1	Column
S10	Column
S10a	Column
S10b	Column
S10e	Column
S10e1	Column
S10e2	Column
S10e3	Column
S12	Column
S12a	Column
S12b	Column
S13	Column
S15	Column
S16	Column
S17	Column
S18	Column
S18a	Column
S18a 1	Column
S18a 2	Column
S18a 3	Column
S18a1	Column
S18b	Column
S18b 1	Column
S18b1	Column
S18c	Column
S18c 1	Column
S18c1	Column
S18d	Column

S18d1	Column
S18e	Column
S18f	Column
S18g	Column
S19	Column
S19a	Column
S19a2	Column
S19a3	Column
S19a4	Column
S19a5	Column
S19a6	Column
S19b	Column
S19c	Column
S19d	Column
S19d1	Column
S21	Column
S21a	Column
S21c	Column
S21c2	Column
S21d	Column
S21d1	Column
S21d2	Column
S21d3	Column
S21d4	Column
S21f	Column
S21g	Column
S21g1	Column
S21m	Column
S21n	Column
S21o	Column
S22	Column
S22a	Column
S22b	Column
S22c	Column
S22e	Column
S23	Column
S23a	Column
S24b	Column
S24b1	Column
S24b2	Column
S24b3	Column
S30	Column
S31	Column
S31a	Column
S31a1	Column
S32a	Column

S32b	Column
S32c	Column
S32d	Column
S33	Column
S50a	Column
SHS 10x5	Column
SHS 12x5	Column
SHS 30x10	Column
SHS100x8	Column
SHS150x10	Column
STB 70 x 70	Column
STB 80 x 70	Column
STB 80 x 80	Column
STB 90 x 90	Column
STB 95 x 80	Column
STB 95 x 95	Column
Stütze 50/40	Column
VS1a	Column
VS1a1	Column
VS1b	Column
VS2a	Column
VS2a1	Column
VS2a2	Column
VS2b2	Column
VS3	Column
VS4	Column
VS5	Column
VS6a	Column
VS6b	Column
VS6b1	Column
VS7	Column
VS7a	Column
VS7b	Column
VS7c	Column
VS8a	Column
VS8b	Column
Auflager - Metall - Rund	Column
Auflager - Metall - Rund schwarz	Column
Flachdach WD 18cm	Default
Flachdach WD 2cm Gefälle	Default
Flachdach WD 6cm	Default
Foliendach auf Massivdecke_20,0WD-MW_Folie	Default
Foliendach HRL-Silo Trapezblech_WD-MW_Folie	Default
Foliendach Trapezblech_WD-MW_Folie	Default
Foliendach WD20+Folie	Default
Gefälledämmung	Default

Dachrinne 100 x 75	Default
Dachrinne 150 x 100 RAL 9007	Default
Dachrinne 150 x 120 RAL 9007	Default
Dachrinne 260 x 200 RAL 9007	Default
Treppe	Default
250 mm Stärke	Default
Lauf ohne Belag 25cm	Default
Wange - Metall - 75 mm Breite	Default
Podest (nicht massiv)	Default
GiRo Stufen mit 30 mm Auftritt	Default
230 mm Stärke	Default
30 mm Auftritt 15 mm Steigung	Default
270 mm Stärke	Default
30 mm Auftritt 15 mm Steigung d27	Default
240 mm Stärke	Default
30 mm Auftritt 15 mm Steigung d22 mit Belag	Default
200 mm Stärke	Default
Lauf ohne Belag 20cm	Default
90 x 210_FB 20	Door
80 x 210_FB 20	Door
90 x 210_FB 00	Door
DL 5000x4850	Door
90 x 210_FB 00 SW	Door
Typ E 400 x 500	Door
Typ H 400 x 500	Door
90 x 200_FB 20	Door
100 x 210_FB 20	Door
100/40	Foundation
100/40 a	Foundation
100/40 b	Foundation
80/40	Foundation
80/40 a	Foundation
80/40 b	Foundation
F08	Foundation
F08A	Foundation
F08B	Foundation
F09	Foundation
F11	Foundation
F11A	Foundation
F14	Foundation
F15	Foundation
F16	Foundation
F17	Foundation
F18	Foundation
F19	Foundation
FS05FS23	Foundation

FS06	Foundation
FS06a	Foundation
FS06cFS06b	Foundation
FS07a1a	Foundation
FS08	Foundation
FS09a2	Foundation
FS09a2 2	Foundation
FS09b2	Foundation
FS09c1	Foundation
FS09e	Foundation
FS09e1FS23a	Foundation
FS10aa	Foundation
FS10b	Foundation
FS10e	Foundation
FS11	Foundation
FS12	Foundation
FS12a	Foundation
FS17a	Foundation
FS18e	Foundation
FS18f+FS13	Foundation
FS18f1	Foundation
FS18gFS12a	Foundation
FS19_1	Foundation
FS19_2	Foundation
FS21	Foundation
FS21h	Foundation
FS21h+FS24b	Foundation
FS21h1	Foundation
FS21h2	Foundation
FS21h3	Foundation
FS24a	Foundation
FS24b	Foundation
FS24c	Foundation
FS30g	Foundation
FS33	Foundation
FS50a	Foundation
Fundament Vordach VW für Poller 70x70x20	Foundation
FW 50	Foundation
FW 50a	Foundation
FW 50b	Foundation
FW10	Foundation
Ortbetonsockel 44/74	Foundation
OS1 26/40	Foundation
OS2 26/32	Foundation
OS3 22/44	Foundation

SFS16	Foundation
Stahlbeton 120cm	Foundation
Stahlbeton 30cm	Foundation
Stahlbeton 50cm	Foundation
Stahlbeton 70cm	Foundation
Streifenfund. 1	Foundation
Streifenfund. 14	Foundation
Streifenfund. 15	Foundation
Streifenfund. 17	Foundation
Streifenfund. 18	Foundation
Streifenfund. 19	Foundation
Streifenfund. 2	Foundation
Streifenfund. 20	Foundation
Streifenfund. 21	Foundation
Streifenfund. 22	Foundation
Streifenfund. 23	Foundation
Streifenfund. 25	Foundation
Streifenfund. 26	Foundation
Streifenfund. 26a	Foundation
Streifenfund. 27	Foundation
Streifenfund. 28	Foundation
Streifenfund. 28a	Foundation
Streifenfund. 29	Foundation
Streifenfund. 31	Foundation
Streifenfund. 32	Foundation
Streifenfund. 33	Foundation
Streifenfund. 34	Foundation
Streifenfund. 6	Foundation
Streifenfund. 8	Foundation
Tor_Tür_100x100	Foundation
Tor_Tür_100x130	Foundation
Tor_Tür_100x150	Foundation
VFS1a	Foundation
Wandfundament	Foundation
BS-Panneel 12 Kühlraum	Multi_Wall
BS-Panneel 15 Fassade RAL 7024	Multi_Wall
BS-Panneel 15 Fassade RAL 9006	Multi_Wall
BS-Panneel 15 Fassade RAL 9007	Multi_Wall
BS-Panneel 16	Multi_Wall
Dachhochzug 10cm WD + Folie	Multi_Wall
Dachhochzug 12cm WD + Folie	Multi_Wall
Dachhochzug 12cm WD + Folie HRL	Multi_Wall
Dachhochzug 20cm WD + Folie	Multi_Wall
Dachhochzug DS + 10cm WD + Folie 2	Multi_Wall
Fassade VW	Multi_Wall
Fassade VW Sockel	Multi_Wall

GK 2-schalig 12.5	Multi_Wall
GK 2-schalig 15.0	Multi_Wall
GK 2-schalig 30.0	Multi_Wall
GK VS 2-schalig 10.0	Multi_Wall
GK VS 2-schalig 12.5	Multi_Wall
GK VS 2-schalig 17.5	Multi_Wall
GK VS 2-schalig 20.0	Multi_Wall
GK VS 2-schalig 26,5	Multi_Wall
Hohlwand 25	Multi_Wall
Hohlwand 30	Multi_Wall
Hohlwand 35	Multi_Wall
Hohlwand 40	Multi_Wall
PU-Panneel 10 Kühlraum	Multi_Wall
PU-Panneel 12 Kühlraum	Multi_Wall
PU-Panneel 15 Fassade RAL 7024	Multi_Wall
PU-Panneel 15 Fassade RAL 9007	Multi_Wall
PU-Panneel 17 Kühlraum	Multi_Wall
PU-Panneel 20 Kühlraum	Multi_Wall
Stahlbeton + WD 25+10	Multi_Wall
STB SANDWICH 0+12+8	Multi_Wall
STB SANDWICH 20+12+8	Multi_Wall
STB SANDWICH 25+12+8	Multi_Wall
VWS WD EPS 12cm + Putz 1cm	Multi_Wall
WD 10 cm HRL	Multi_Wall
10 Aufbeton	Slab
10 Aufbeton Variabel	Slab
16 Aufbeton	Slab
AKP_ED14	Slab
AKP_ED17	Slab
AKP_ED20	Slab
AKP_STB20	Slab
Belüftung Fassadenhohlraum	Slab
Bodenblech	Slab
Bodenplatte 25cm	Slab
Bodenplatte 50cm	Slab
Bodenplatte STB 25	Slab
D16 HDD 26,5cm	Slab
D22 HDD 16cm	Slab
D22 HDD 20cm	Slab
D24 HDD 16cm	Slab
Doppelboden 80cm	Slab
Elementdecke 16	Slab
Elementdecke 20	Slab
Elementdecke 30	Slab
Elementdecke 40	Slab
Elementdecke 50	Slab

Fassadensprung WD 10 + Gefälledämmung	Slab
FB 18 Estrich vereinfacht	Slab
FB 20 Fliesen vereinfacht	Slab
FB 20 Linoleum vereinfacht	Slab
FB 20 Teppich Estrich vereinfacht	Slab
Flachdach WD 8 + GF-Dä + Folie + Kies	Slab
FT 15	Slab
GEF-BETON	Slab
Gitterrost 3cm	Slab
Hallenboden 22cm	Slab
Hallenboden 25cm	Slab
HDD 40	Slab
HDD 4-32-B	Slab
HDD 4-40-B	Slab
HDD 4-40-C	Slab
HDD 4-50-C	Slab
HDD 5-26,5-B	Slab
LKW-Stellfläche 25cm	Slab
Magerbeton	Slab
Metallraster-Decke 62,5x62,5	Slab
MF Decke 62,5x62,5	Slab
Paneeldecke 10cm	Slab
Paneeldecke 15cm RAL 7024	Slab
Pflasterbelag Terrasse Innenhof 4cm	Slab
Pflasterung	Slab
Stahl- Leichtdecke mit Brandschutz	Slab
Stahlbetonrost 26	Slab
Stahlbetonrost 50	Slab
STB 120	Slab
STB 14	Slab
STB 16	Slab
STB 16 Elementdecke	Slab
STB 17	Slab
STB 18	Slab
STB 20	Slab
STB 22	Slab
STB 23	Slab
STB 24	Slab
STB 25	Slab
STB 30	Slab
STB 30 Elementdecke	Slab
STB 40	Slab
STB 50	Slab
STB 80	Slab
Trapezblech 15cm	Slab
Untersicht VW	Slab

VD 10 HDD 20cm	Slab
VD 13 HDD 26,5cm	Slab
VD 14a HDD 26,5cm	Slab
VD 14b HDD 20cm	Slab
VD11 HDD 32cm	Slab
VD12a HDD 32cm	Slab
VD12b HDD 26,5cm	Slab
VD12c HDD 32cm	Slab
VD2 HDD 20cm	Slab
VD3 HDD 45cm	Slab
VD5 HDD 32cm	Slab
VD6 HDD 26,5cm	Slab
VD8 HDD 26,5cm	Slab
VD9 HDD 45cm	Slab
Vogelschutznetz	Slab
Vouten HRL	Slab
Vouten HRL01	Slab
Vouten HRL02	Slab
Vouten HRL03	Slab
Vouten HRL04	Slab
Vouten HRL05	Slab
Vouten HRL06	Slab
Vouten HRL07	Slab
Vouten HRL08	Slab
Vouten HRL09	Slab
Vouten HRL10	Slab
Vouten HRL11	Slab
Vouten HRL12	Slab
Vouten HRL13	Slab
Vouten HRL14	Slab
Vouten HRL15	Slab
Vouten HRL16	Slab
Vouten HRL17	Slab
Vouten HRL18	Slab
Vouten HRL19	Slab
WD 10	Slab
WD 12	Slab
WD 12 MW	Slab
WD 12 XPS	Slab
WD 13	Slab
WD 14	Slab
WD 17	Slab
WD 3x8cm	Slab
WD 6	Slab
WD 8	Slab
Dachverblechung Vordach VW	Wall

Gitterwand 10cm	Wall
Gitterwand 5cm	Wall
Magerbeton für SM1	Wall
Magerbeton für SM1 2	Wall
Mob.Trennwand	Wall
Mob.Trennwand 2	Wall
Stahlbeton 20	Wall
Stahlbeton 25	Wall
Stahlbeton 30	Wall
Stahlbeton 35	Wall
Stahlbeton 40	Wall
Stahlbeton 50	Wall
Stahlbeton Fertigteil 16	Wall
Stahlbeton Fertigteil 20	Wall
Stahlbeton Fertigteil 25	Wall
Stahlbeton Fertigteil 25cm Brüstung	Wall
Stahlbeton Fertigteil 30	Wall
Stahlbeton Fertigteil 40	Wall
Systemwand Glas 1-fach	Wall
TORWAND 39cm	Wall
Trapezblech 10	Wall
Wand Frostschrürze	Wall
Wand Frostschrürze 2	Wall
WD 5	Wall
WD EPS 12cm	Wall
WD XPS 8cm	Wall
Ziegel 12	Wall
Ziegel 17	Wall
Ziegel 25	Wall
DK_1200x2000 L+ R 8cm	Window
FIX_1200x2000 L+ R 8cm	Window
DK_1000x2000 L+ R 8cm	Window
DK_1200x2250_FB200	Window
FIX_1200x2000 Links 8cm	Window
FIX_1200x550 L+ R 8cm	Window
DK_1100x2000 L+ R 8cm	Window
FIX_1250x2000 L+ R 8cm	Window
DK_1250x2000 L+ R 8cm	Window
DK_1950x1350	Window
DK_1800x1350	Window
FIX_1200x1200	Window
+Kühlraum 1,20 x 2,40	Window
RWA Dunkel 220 x 270	Window
1,00 x 1,00	Window
DK_950x2000 L+ R 8cm	Window
TIKO 1,20 x 2,40	Window

FIX_1600x1200	Window
DK_1300x2000 L+ R 8cm	Window
RWA PC 220 x 270	Window
1.25 x 1.25	Window
1,20 x 1,50	Window
1,20 x 2,00	Window

A.1.2 Allgemeine Daten des Nachhaltigkeitsprojektes

ALLGEMEINE DATENERMITTLUNG

BGFa	[m ²]	68491	Anzahl Geschosse	
BRI	[m ³]	1286267,00	UG	0
NGFa	[m ²]	65495	OG	1-4
A/V	[m ⁻¹]	0,067031347	Wärmeerzeugung	
Dachfläche	[m ²]	59783	Art der Wärmeerzeugung	Fernwärme
Fassadenfläche	[m ²]		Energieträger	Wasser/Glykol
Gebäudehülle	[m ²]	86220	Kühlung	
Transparente Fläche	[m ²]	2124	Art der Kühlung	Kältemaschinen
Betrachtungszeitraum	[Jahre]	20	Energieträger	Wasser/Glykol

Gebäudeart
Neubau Industriebau
100,00%

		Bezug (BRI) (m ³)		[kg/m ³ BRI*a]	[MJ/m ³ BRIa]	(Kennwert / m ³ a)
Wärmebedarf	HEB Heizenergiebedarf	9.2.6 Fernwärme Mix		3233564,00	[kWh/m ³ BRI*a]	
Strombedarf	KEB Kühlenergiebedarf	9.2.5 Strom Mix Ö		10065635,00	[kWh/m ³ BRI*a]	
Strombedarf	BSB Betriebsstrombedarf+BefEB	9.2.5 Strom Mix Ö		6117707,00	[kWh/m ³ BRI*a]	
Strombedarf	BeLEB Beleuchtungsenergiebedarf	9.2.5 Strom Mix Ö		2963064,00	[kWh/m ³ BRI*a]	
Strombedarf	Fördertechnik	9.2.5 Strom Mix Ö		0,00	[kWh/m ³ BRI*a]	

Verwendete Datengrundlagen:

BIM-Modell	
Ökobau.dat 2009	
Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile 2006	
Energieausweise_Lager 23.03.2018 & Verwaltung 11.03.2018	
lt. Energieausweis	

A.1.3 Gesamtwerte für Herstellung und Instandhaltung, sowie Rückbau und Entsorgung

ÖKOBILANZ

Gesamtwerte für Herstellung + Instandhaltung und Rückbau + Entsorgung

Betrachtungszeitraum

20 Jahre

BRI 1286267,00 [m²]

NIN09

Gesamtwerte	Treibhaus-potential (GWP 100) (kg CO ₂ - Äqv.)	Ozonabbau- potential (ODP) (kg R11-Äqv.)	Photochem. Oxidantien- bildungspot. (POCP) (kg Ethen-Äqv.)	Versauerungs- potential (AP) (kg SO ₂ -Äqv.)	Eutrophierungs- potential (EP) (kg Phosphat-Äqv.)	Primärenergie nicht regenerierbar (MJ)	Primärenergie regenerierbar (MJ)
	SB01 GWP / CO ₂ [kg/m ³ BRI*a]	SB02 ODP / CFC ₁₁ [kg/m ³ BRI*a]	SB03 POCP / C ₂ H ₄ [kg/m ³ BRI*a]	SB04 AP / SO ₂ [kg/m ³ BRI*a]	SB05 EP / PO ₄ ³ [kg/m ³ BRI*a]	SB10 PEne [MJ/m ³ BRIa]	SB11 PEe [MJ/m ³ BRIa]
Herstellung absolut	2,19E+07	1,62E+00	6,86E+03	6,84E+04	1,46E+04	2,80E+08	6,30E+07
Herstellung relativ (Kennwert / m ³ a)	8,51E-01	6,28E-08	2,67E-04	2,66E-03	5,68E-04	1,09E+01	2,45E+00
Instandhaltung absolut	1,12E+05	9,74E-03	3,43E+01	5,92E+02	3,08E+01	1,93E+06	4,79E+04
Instandhaltung relativ (Kennwert / m ³ a)	4,37E-03	3,79E-10	1,33E-06	2,30E-05	1,20E-06	7,51E-02	1,86E-03
1. Entsorgung absolut	5,35E+06	-6,73E-02	6,81E+02	1,02E+04	1,53E+03	-5,37E+06	-2,96E+05
Weitere Entsorgung absolut	3,12E+01	-3,36E-07	4,52E-03	6,07E-02	8,89E-03	4,24E+01	-1,45E+00
Gesamt Entsorgung absolut	5,35E+06	-6,73E-02	6,81E+02	1,02E+04	1,53E+03	-5,37E+06	-2,96E+05
Entsorgung relativ (Kennwert / m ³ a)	2,08E-01	-2,62E-09	2,65E-05	3,98E-04	5,93E-05	-2,09E-01	-1,15E-02
1. Rückbau absolut	-1,60E+06	-1,36E-01	-4,25E+02	-6,45E+03	-1,35E+03	-2,05E+07	-6,43E+06
Weiterer Rückbau absolut	-1,44E+04	6,03E-04	-2,17E+00	6,23E+00	-8,98E+01	-1,40E+05	-9,01E+03
Gesamter Rückbau absolut	-1,62E+06	-1,35E-01	-4,27E+02	-6,44E+03	-1,44E+03	-2,06E+07	-6,44E+06
Rückbau relativ (Kennwert / m ³ a)	-6,29E-02	-5,26E-09	-1,66E-05	-2,50E-04	-5,61E-05	-8,03E-01	-2,50E-01
Gesamter Rückbau und Entsorgung absolut	3,73E+06	-2,03E-01	2,53E+02	3,80E+03	8,10E+01	-2,60E+07	-6,74E+06
Rückbau und Entsorgung relativ (Kennwert / m ³ a)	1,45E-01	-7,87E-09	9,84E-06	1,48E-04	3,15E-06	-1,01E+00	-2,62E-01

A.1.4 Energiebedarf

ÖKOBILANZ

Wir bauen heute für morgen.



ENERGIEBEDARF

Datengrundlage:		Gebäudeart									
BRI	1286267 [m³]	Neubau Industriebau									
BIM-Modell	Energieausweise Lager 23.03.2018 & Verwaltung 1.1.03.2018	NIN09									
	Energiemenge	Einheit	Treibhauspotential (GWP 100) (kg CO2-Äqv.)	Ozonabbaupotential (ODP) (kg R11-Äqv.)	Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) (kg Ethen-Äqv.)	Versauerungspotential (AP) (kg SO2-Äqv.)	Eutrophierungspotential (EP) (kg Phosphat-Äqv.)	Primärenergie nicht regenerierbarer (MJ)	Primärenergie regenerierbarer (MJ)	Arf des Datensatzes	
Büro NBV											
Wärmebedarf	11640830,40	MJ	828469,494	0,00160317	79,5614662	1018,78951	99,1014998	11088817,7	8369,39209	MJ	EPD
Strombedarf	68927061,60	MJ	5905254,32	0,02784653	806,446621	9462,30702	806,446621	61346962,4	66996712,4	MJ	EPD
Strombedarf Fördertechnik	0,00	MJ	0	0	0	0	0	0	0	MJ	EPD
BRI		1286267,00									
Zeitraum (a)		20									
Ergebnis Strombedarf		4,59E+00	2,16E-08	6,27E-04	7,36E-03	6,27E-04	7,70E-05	4,77E+01	5,21E+01		
Ergebnis Wärmebedarf		6,44E-01	1,25E-09	6,19E-05	7,92E-04	7,70E-05	7,70E-05	8,62E+00	6,51E-03		

A.1.5 ÖGNI Punktevergabe

ÖKOBILANZ

ZUSAMMENFASSUNG

Betrachtungszeitraum

20 Jahre

1286267,00 [m³]

Verwendet wurden:

BIM-Modell

Energieausweise Lager 23.03.2018 & Verwaltung 11.03.2018

BRI

NIN09

Gref	Einheit	Treibhaus-potential (GWP 100) (kg CO ₂ -Äqv.)		Ozonabbau-potential (ODP) (kg R11-Äqv.)		Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) (kg Ethen-Äqv.)		Versauerungs-potential (AP) (kg SO ₂ -Äqv.)		Eutrophierungs-potential (EP) (kg Phosphat-Äqv.)		Primärenergie nicht regenerierbar (kWh)		Primärenergie regenerierbar (kWh)		
		SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB10	SB11	SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB10	SB11	PEe
		GWP / CO ₂	ODP / CFC ₁₁	POCP / C ₂ H ₄	AP / SO ₂	EP / PO ₄ ³	PEe									
		[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]
		6,24E+00	7,82E-08	9,67E-04	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	6,63E+01	5,43E+01	2,19E+00	2,19E+00
		1,00E+00	5,53E-08	2,78E-04	2,83E-03	5,73E-04	9,96E+00	2,19E+00	2,83E-03	5,73E-04	9,96E+00	2,19E+00	9,96E+00	2,19E+00	2,19E+00	2,19E+00
		8,51E-01	6,28E-08	2,67E-04	2,66E-03	5,68E-03	1,09E+01	2,45E+00	2,66E-03	5,68E-03	1,09E+01	2,45E+00	1,09E+01	2,45E+00	2,45E+00	2,45E+00
		4,37E-03	3,79E-10	1,33E-06	2,30E-05	1,20E-06	7,51E-02	1,86E-03	2,30E-05	1,20E-06	7,51E-02	1,86E-03	7,51E-02	1,86E-03	1,86E-03	1,86E-03
		1,45E-01	-7,87E-09	9,84E-06	1,48E-04	3,15E-06	-1,01E+00	-2,62E-01	1,48E-04	3,15E-06	-1,01E+00	-2,62E-01	-1,01E+00	-2,62E-01	-2,62E-01	-2,62E-01
		5,24E+00	2,29E-08	6,89E-04	8,15E-03	7,04E-04	5,63E+01	5,21E+01	8,15E-03	7,04E-04	5,63E+01	5,21E+01	5,63E+01	5,21E+01	5,21E+01	5,21E+01
		4,59E+00	2,16E-08	6,27E-04	7,36E-03	6,27E-04	4,77E+01	5,21E+01	7,36E-03	6,27E-04	4,77E+01	5,21E+01	4,77E+01	5,21E+01	5,21E+01	5,21E+01
		6,44E-01	1,25E-09	6,19E-05	7,92E-04	7,70E-05	8,62E+00	6,51E-03	7,92E-04	7,70E-05	8,62E+00	6,51E-03	8,62E+00	6,51E-03	6,51E-03	6,51E-03
		6,24E+00	7,82E-08	9,67E-04	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	6,63E+01	5,43E+01	2,19E+00	2,19E+00
		3,82E+00	7,00E-08	7,00E-04	7,00E-03	7,70E-04	5,01E+01	2,94E+01	7,00E-03	7,70E-04	5,01E+01	2,94E+01	5,01E+01	2,94E+01	2,94E+01	2,94E+01
		7,63E+00	1,00E-06	2,00E-03	1,70E-02	2,20E-03	1,00E+02	1,03E+02	1,70E-02	2,20E-03	1,00E+02	1,03E+02	1,00E+02	1,03E+02	1,03E+02	1,03E+02
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		4,29	9,92	8,15	6,42	6,81	7,08	6,95	6,42	6,81	7,08	6,95	7,08	6,95	6,95	6,95

Gref	Einheit	Treibhaus-potential (GWP 100) (kg CO ₂ -Äqv.)		Ozonabbau-potential (ODP) (kg R11-Äqv.)		Photochem. Oxidantien-bildungspot. (POCP) (kg Ethen-Äqv.)		Versauerungs-potential (AP) (kg SO ₂ -Äqv.)		Eutrophierungs-potential (EP) (kg Phosphat-Äqv.)		Primärenergie nicht regenerierbar (kWh)		Primärenergie regenerierbar (kWh)	
		SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB10	SB11	SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB10	SB11
		GWP / CO ₂	ODP / CFC ₁₁	POCP / C ₂ H ₄	AP / SO ₂	EP / PO ₄ ³	PEe								
		[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kg/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]	[kWh/m ³ BRI*a]
		6,24E+00	7,82E-08	9,67E-04	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	6,63E+01	5,43E+01	2,19E+00
		1,00E+00	5,53E-08	2,78E-04	2,83E-03	5,73E-04	9,96E+00	2,19E+00	2,83E-03	5,73E-04	9,96E+00	2,19E+00	9,96E+00	2,19E+00	2,19E+00
		8,51E-01	6,28E-08	2,67E-04	2,66E-03	5,68E-03	1,09E+01	2,45E+00	2,66E-03	5,68E-03	1,09E+01	2,45E+00	1,09E+01	2,45E+00	2,45E+00
		4,37E-03	3,79E-10	1,33E-06	2,30E-05	1,20E-06	7,51E-02	1,86E-03	2,30E-05	1,20E-06	7,51E-02	1,86E-03	7,51E-02	1,86E-03	1,86E-03
		1,45E-01	-7,87E-09	9,84E-06	1,48E-04	3,15E-06	-1,01E+00	-2,62E-01	1,48E-04	3,15E-06	-1,01E+00	-2,62E-01	-1,01E+00	-2,62E-01	-2,62E-01
		5,24E+00	2,29E-08	6,89E-04	8,15E-03	7,04E-04	5,63E+01	5,21E+01	8,15E-03	7,04E-04	5,63E+01	5,21E+01	5,63E+01	5,21E+01	5,21E+01
		4,59E+00	2,16E-08	6,27E-04	7,36E-03	6,27E-04	4,77E+01	5,21E+01	7,36E-03	6,27E-04	4,77E+01	5,21E+01	4,77E+01	5,21E+01	5,21E+01
		6,44E-01	1,25E-09	6,19E-05	7,92E-04	7,70E-05	8,62E+00	6,51E-03	7,92E-04	7,70E-05	8,62E+00	6,51E-03	8,62E+00	6,51E-03	6,51E-03
		6,24E+00	7,82E-08	9,67E-04	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	1,10E-02	1,28E-03	6,63E+01	5,43E+01	6,63E+01	5,43E+01	2,19E+00
		3,82E+00	7,00E-08	7,00E-04	7,00E-03	7,70E-04	5,01E+01	2,94E+01	7,00E-03	7,70E-04	5,01E+01	2,94E+01	5,01E+01	2,94E+01	2,94E+01
		7,63E+00	1,00E-06	2,00E-03	1,70E-02	2,20E-03	1,00E+02	1,03E+02	1,70E-02	2,20E-03	1,00E+02	1,03E+02	1,00E+02	1,03E+02	1,03E+02
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		4,29	9,92	8,15	6,42	6,81	7,08	6,95	6,42	6,81	7,08	6,95	7,08	6,95	6,95

Punkte für ÖGNI-Zertifikat

A.1.6 Vereinfachtes Rechenverfahren A1 laut ÖGNI

ÖKOBILANZ

Wir bauen heute für morgen.



DATENERMITTLUNG - ÖKOBILANZ /VEREINFACHTES RECHENVERFAHREN/

G _{ref}	/Gesamtwert (K+N)/	Einheit	Treibhauspotential (GWP 100) (kg CO ₂ -Äqv.)		Ozonabbaupotential (ODP) (kg R11-Äqv.)		Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) (kg Ethen-Äqv.)		Versauerungspotential (AP) (kg SO ₂ -Äqv.)		Eutrophierungspotential (EP) (kg Phosphat-Äqv.)		Primärenergie regenerierbar (kWh)		Gesamtprimärenergie (kWh)	
			SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB10	SB11							
			GWP / CO ₂	ODP / CFC ₁₁	POCP / C ₂ H ₄	AP / SO ₂	EP / PO ₄	PEne	PEe	PEges						
			[kg/m ² BRT*a]	[kg/m ² BRT*a]	[kg/m ² BRT*a]	[kg/m ² BRT*a]	[kg/m ² BRT*a]	[kWh/m ² BRT*a]	[kWh/m ² BRT*a]	[kWh/m ² BRT*a]						
K _{ref}			1,33E+00	6,17E-08	3,35E-04	3,45E-03	6,43E-04	1,37E+01	5,02E+00	1,87E+01						
N _{ref}		/Betrieb/	1,07E+00	6,06E-08	3,00E-04	3,04E-03	6,08E-04	1,09E+01	2,42E+00	1,33E+01						
		N _{ref} / Strombedarf, Nutzungsphase/	2,62E-01	1,14E-09	3,44E-05	4,07E-04	3,52E-05	2,82E+00	2,60E+00	5,42E+00						
		N _{ref} / Wärmebedarf, Nutzungsphase/	2,30E-01	1,08E-09	3,13E-05	3,68E-04	3,13E-05	2,38E+00	2,60E+00	4,99E+00						
			3,22E-02	6,23E-11	3,09E-06	3,96E-05	3,85E-06	4,31E-01	3,25E-04	4,31E-01						

G _{ist}	/Gesamtwert (K+N)/	K _{ist}	Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung/		Herstellung/		Herstellung/		Herstellung/		Herstellung/		Herstellung/		Herstellung/	
			H _{ist(1)}	H _{ist(2)}	H _{ist(3)}	H _{ist(4)}	H _{ist(5)}	H _{ist(6)}	H _{ist(7)}	H _{ist(8)}						
			2,67E+01	1,21E-06	6,04E-03	6,12E-02	1,22E-02	2,20E+02	5,09E+01	2,71E+02						
			2,14E+01	1,21E-06	6,00E-03	6,08E-02	1,22E-02	2,18E+02	4,83E+01	2,66E+02						
			1,84E+01	1,36E-06	5,78E-03	5,73E-02	1,21E-02	2,36E+02	5,35E+01	2,90E+02						
			5,530E+06	3,079E-01	1,733E+03	1,962E+04	6,308E+03	6,475E+07	4,719E+06	69466818,494						
			5,862E+04	5,348E-03	2,277E+01	2,390E+02	1,320E+01	1,013E+06	1,942E+05	1206953,134						
			8,862E+06	6,392E-01	2,849E+03	2,319E+04	2,935E+03	1,161E+08	4,408E+07	160157898,343						
			2,184E+04	1,122E-03	5,089E+00	3,964E+01	4,696E+00	1,893E+05	1,085E+04	200182,768						
			1,371E+06	7,040E-02	3,193E+02	2,488E+03	2,947E+02	1,888E+07	6,808E+05	12562181,228						
			5,257E+06	4,147E-01	1,637E+03	2,018E+04	4,405E+03	6,991E+07	1,226E+07	82163677,379						
			5,993E+04	6,991E-03	2,824E+01	3,661E+02	6,472E+01	1,142E+06	5,071E+05	1648712,639						
			3,784E+05	1,461E-01	1,603E+02	8,873E+02	8,483E+01	1,126E+07	1,466E+05	1,141E+07						

Ist-Werte

A.1.7 Vollständiges Rechenverfahren A2 laut ÖGNI

ÖKOBILANZ

Wir bauen heute für morgen.



DATENERMITTLUNG - ÖKOBILANZ / VOLLSTÄNDIGES RECHENVERFAHREN/

G _{ref}	/Gesamtwert (k+N)/	Einheit	Treibhaus- potential (GWP 100) (kg CO2- Äqv.)	Ozonabbau- potential (ODP) (kg R11- Äqv.)	Photochem. Oxidantien- bildungspot. (POCP) (kg Ethen-Äqv.)	Versauerungs- potential (AP) (kg SO2-Äqv.)	Eutrophierungs- potential (EP) (kg Phosphat-Äqv.)	Primärenergie nicht regenerierbar (kWh)		Primärenergie regenerierbar (kWh)	Gesamtprimäre nergie (kWh)
								SB01	SB10		
			GWP / CO ₂	ODP / CFC ₁₁	POCP / C ₂ H ₄	AP / SO ₂	EP / PO ₄ ³	PEne	PEe	PEges	
			[kg/m³BRT*a]	[kg/m³BRT*a]	[kg/m³BRT*a]	[kg/m³BRT*a]	[kg/m³BRT*a]	[kWh/m³BRT*a]	[kWh/m³BRT*a]	[kWh/m³BRT*a]	
			1,26	5,64E-08	3,12E-04	3,24E-03	6,08E-04	12,77	4,79	17,57	
			1,00E+00	5,53E-08	2,78E-04	2,83E-03	5,73E-04	9,96E+00	2,19E+00	1,21E+01	
			2,62E-01	1,14E-09	3,44E-05	4,07E-04	3,52E-05	2,82E+00	2,60E+00	5,42E+00	
			2,30E-01	1,08E-09	3,13E-05	3,68E-04	3,13E-05	2,38E+00	2,60E+00	4,99E+00	
			3,22E-02	6,23E-11	3,09E-06	3,96E-05	3,88E-06	4,31E-01	3,25E-04	4,31E-01	
			2,52E+01	1,13E-06	6,24E-03	6,48E-02	1,22E-02	2,55E+02	9,59E+01	3,51E+02	
			2,00E+01	1,11E-06	5,56E-03	5,66E-02	1,15E-02	1,99E+02	4,38E+01	2,43E+02	
			1,70E+01	1,26E-06	5,33E-03	5,32E-02	1,14E-02	2,18E+02	4,90E+01	2,67E+02	
			2,90E+00	-1,57E-07	1,97E-04	2,96E-03	6,30E-05	-2,02E+01	-5,24E+00	-2,55E+01	
			8,74E-02	7,57E-09	2,66E-05	4,60E-04	2,40E-05	1,50E+00	3,72E-02	1,54E+00	
			5,24E+00	2,29E-08	6,89E-04	8,15E-03	7,04E-04	5,63E+01	5,21E+01	1,08E+02	

ALLGEMEINE DATENERMITTLUNG

	Anzahl Geschosse
BGFa [m²]	UG
BRI [m³]	OG
A/V [m-1]	1-4
NGFa [m²]	Wärmeerzeugung
Dachfläche [m²]	Art der Wärmeerzeugung
Fassadenfläche	Energieträger
Gesamtfläche [m²]	Kühlung
Transparente Fl. [m²]	Art der Kühlung
	Energieträger
ANGABEN AUS DEM ENERGIEAUSWEIS	
Heizwärmebedarf [kWh/m³BRT*a]	3233564
Kühlenergiebedarf [kWh/m³BRT*a]	10065635
Strombedarf [kWh/m³BRT*a]	9080771

Literaturverzeichnis

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=LEGISSUM%3A128171>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018.

<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/80545.htm>). Datum des Zugriffs: 14.10.2018.

<https://www.foerderportal.at/wohnbaufoerderung-in-oesterreich-im-ueberblick/>. Datum des Zugriffs: 14.10.2018.

<https://www.energyagency.at/fakten-service/verbraucherinfos/energieausweis.html>. Datum des Zugriffs: 14.10.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/376056/OENORM_EN_15643-1_2010_11_01. Datum des Zugriffs: 02.11.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/388031/OENORM_EN_15643-2_2011_04_15;jsessionid=E1118AF78B7E2468469254B9E6EB6ACE. Datum des Zugriffs: 03.11.2018.

- https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/418057/OENORM_EN_15643-3_2012_03_15. Datum des Zugriffs: 03.11.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/347181/OENORM_EN_ISO_14040_2009_11_01;jsessionid=C68174EE1975E96024C8BC4AFF9B3856. Datum des Zugriffs: 03.11.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/634637/OENORM_EN_ISO_14044_2018_06_15. Datum des Zugriffs: 03.11.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/446812/OENORM_EN_15978_2012_10_01. Datum des Zugriffs: 02.11.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/519174/OENORM_EN_15804_2014_04_15. Datum des Zugriffs: 02.11.2018.

https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/418086/OENORM_EN_15643-4_2012_03_15;jsessionid=940EDDFC22CB5C4D5BE9513FB62A5680. Datum des Zugriffs: 03.11.2018.

- <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/Angewandte-Methoden/Umweltproduktdeklarationen.html>. Datum des Zugriffs: 03.03.2019.
- <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/umweltproduktdeklarationen-epd/>. Datum des Zugriffs: 03.03.2019.
- <https://ibu-epd.com/?s=PCR&lang=de>. Datum des Zugriffs: 07.03.2019.
- <https://www.ecodesignkit.de/methoden/b2-analyse-und-bewertungsmethoden/b21-die-oekobilanz/die-oekobilanz/> . Datum des Zugriffs: 07.02.2019.
- http://www.solidworks.de/sustainability/sustainable-design-guide/3008_DEU_HTML.htm. Datum des Zugriffs: 07.02.2019.
- <https://bimvision.eu/en/bim-vision-in-the-world-report-2016/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://www.rib-software.com/group/ueber-rib/historie/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://gravitatesolutions.com/products/nucleus/connector-excel-logo/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://egan.com/specifying-tools/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://www.graphisoft.com/info/news/graphisoft-logos/>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Allplan-logo.png>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://www.bimcommunity.com/news/load/910/ifc-why-now>. Datum des Zugriffs: 19.04.2019.
- <https://www.habau.at/de>. Datum des Zugriffs: 01.05.2019.
- <https://ibu-epd.com/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.un.org/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.unenvironment.org/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.breeam.com/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://new.usgbc.org/leed>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.dgnb.de/de/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/certificationE.htm>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.behqe.com/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.oegnb.net/tqb.htm>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.

- <https://www.ogni.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.ibo.at/>. Datum des Zugriffs: 10.05.2019.
- <https://www.truecadd.com/level-of-development-lod.php>. Datum des Zugriffs: 11.05.2019.
- <https://www.ogni.at/uber-uns/>. Datum des Zugriffs: 23.02.2019.
- <https://www.dgnb-system.de/de/system/zertifizierungssystem/>. Datum des Zugriffs: 25.02.2019.
- <https://www.dgnb-system.de/de/system/bewertung/>. Datum des Zugriffs: 31.04.2019.
- <https://zitatezumnachdenken.com/albert-einstein/543>. Datum des Zugriffs: 21.05.2019.
- <https://www.usgbc.org/guide/om>. Datum des Zugriffs: 06.11.2018.
- https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm. Datum des Zugriffs: 14.10.2018.
- https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/geschichte_748.htm. Datum des Zugriffs: 24.10.2018.
- https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/kyoto_protokoll_1108.htm. Datum des Zugriffs: 26.11.2018.
- <https://www.dgnb-system.de/de/zertifizierung/vorteile/>. Datum des Zugriffs: 24.02.2019.
- <https://www.breeam.com/discover/why-choose-breeam/>. Datum des Zugriffs: 18.01.2019.
- <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 01.05.2019.
- <https://www.protim.si/de/bim>. Datum des Zugriffs: 12.05.2019.
- ARBEITSGRUPPE, Ö.: Mehr Nachhaltigkeit in BIM . ÖGNI, 2019.
- AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. Norm. Wien. Austrian Standards Institute (ASI), 2015-07-01.
- BIRKMANN, J.; VOLLMER, M.; SCHANZE, J.: Raumentwicklung im Klimawandel: Herausforderungen für die räumliche Planung. Hannover. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 2013.
- BMUB; REFERAT B I 5 – BAUINGENIEURWESEN, NACHHALTIGES BAUEN, BAUFORSCHUNG: Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2.Auflage. Leitfaden. Berlin. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), 2016.

- BMVBS; REFERAT B 13; REFERAT II 5: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Leitfaden. Berlin. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 2001.
- BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2015.
- BRUNDTLAND KOMMISSION: Report of the world commission on environment and development: Our common future. Report. United Nations (UNO), 1987.
- EBERT, T.; EßIG, N.; HAUSER, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. München. Detail, 2010.
- EL KHOULI, S.; JOHN, V.; ZEUMER, M.: Nachhaltig Konstruieren. München. DETAIL, 2014.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION: Leitfaden zur Architekturpolitik der Kommission. http://ec.europa.eu/oib/doc/architectural-policy-guide_de.pdf. Datum des Zugriffs: 05.11.2018.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT: RICHTLINIE 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>. Datum des Zugriffs: 09.11.2018.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT: RICHTLINIE 2008 Abfallrahmenrichtlinie. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aev0010>. Datum des Zugriffs: 05.11.2018.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT: VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 Bauproduktverordnung. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=DE>. Datum des Zugriffs: 05.11.2018.
- HAUSKNECHT, K.; LIEBICH, T.: BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart. Fraunhofer IRB, 2016.
- HERMANN, C.: Ganzheitliches Lifecycle Management. Heidelberg. Springer, 2010.
- HOFSTADLER, C.: Wissenschaftlichesarbeiten. Präsentation Baubetrieb FS. Graz. TU Graz, 2018.
- HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Springer Vieweg, 2017.
- INSTITUT FÜR BAUBETRIEB UND BAUWIRTSCHAFT TU GRAZ: Tagungsband - Reduktion von Bauablaufstörungen und systematischer Umgang mit Mehrkostenforderungen . 17. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium. Graz. 2019.

- KÖNIG, H. et al.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. München. DETAIL, 2009.
- MCGRAW HILL CONSTRUCTION: SmartMarket Report. Report. Bedford. McGraw Hill Construction, Research & Analytics, 2014.
- NORDBY, A. S.; JØRGENSEN, P.; GRIM, M.: Integrale Planung; Prozessleitfaden. Leitfaden. Wien. e7 Energie Markt Analyse GmbH, 2014.
- NORMUNGSINSTITUT, A. S.: Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) — Level 2. Norm. Wien. Austria Standard Institut / Österreichisches Normungsinstitut, 2015.
- NORMUNGSINSTITUT, AUSTRIA STANDARD INSTITUT / ÖSTERREICHISCHES: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen. Norm. Wien. Austria Standard Institut / Österreichisches Normungsinstitut, 2018.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-01 Treibhauspotenzial (GWP) . Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-02 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP). Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-03 Ozonbildungspotenzial (POCP). Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-04 Versauerungspotenzial (AP). Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-06 Risiken für die lokale Umwelt. Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE ne). Steckbrief 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NBV09-01 Treibhauspotenzial (GWP). Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2009.
- ÖGNI: Steckbrief Nr.: NIN09-05 Überdüngungspotenzial (EP). Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- ÖGNI: Steckbrief-Nr.: NIN09-11 Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie . Steckbrief Version 2009. Wien. ÖGNI, 2012.
- SENATSWERWALTUNG FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE : Ökobilanzen populär. https://www.hs-pforzheim.de/fileadmin/user_upload/uploads_redakteur/Forschung/INEC/Dokumente/Team__Publikationen_/OEKobilanzen_populaer_Berlin.PDF. Datum des Zugriffs: 31.03.2019.
- SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. Stuttgart. Springer Vieweg, 2016.

TAUTSCHNIG, A.; FRÖCH, G.; GÄCHTER, W.: Österreichischer BIM-Bericht 2017. Innsbruck. STUDIA Universitätsverlag, 2017.

WALL, J.: Lebenszyklusorientierte Modellierung von Planungs-, Ausschreibungs- und Vergabeprozessen. Dissertation. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft TU Graz, 2017.

