



## Graue Energie und Graue Treibhausgasemissionen der Neubau- und Erneuerungstätigkeit im Gebäudepark in der Stadt Zürich bis 2050

Eine ergänzende Abschätzung auf Grundlage des Gebäudeparkmodells und des Konzepts Energieversorgung 2050

## **IMPRESSUM**

### **Auftraggeberin:**

Stadt Zürich,  
Amt für Hochbauten,  
Fachstelle nachhaltiges Bauen  
Dr. Heinrich Gugerli  
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21  
8021 Zürich

### **Auftragnehmende:**

TEP Energy GmbH  
Technology Economics Policy - Research and Advice  
Rotbuchstrasse 68, CH-8037 Zürich  
[www.tep-energy.ch](http://www.tep-energy.ch)

Department of Civil and Environmental Engineering  
Chalmers University of Technology  
SE-412 96 Göteborg, Schweden  
[www.chalmers.se/en](http://www.chalmers.se/en)

### **Autoren:**

Dr. Martin Jakob, TEP Energy GmbH, Projektleitung  
Gregor Martius, TEP Energy GmbH  
Ass.-Prof. Dr. York Ostermeyer, Chalmers University of Technology  
Prof. Dr. Holger Wallbaum, Chalmers University of Technology

### **Mitarbeit:**

Niko Heeren, ETH Zürich (bis Juli 2012)

### **Finanzierung:**

Studienprogramm 7 Meilenschritte

Download als pdf von  
[www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen)

Zürich, Juni 2014

# Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Zielsetzung .....	4
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Zielsetzung	4
2	Vorgehen und Methode.....	6
2.1	Einleitung	6
2.2	Systemgrenzen	6
2.3	Zeitliche Allokationsmethodik	8
2.4	Modellierungsmethodik: Einleitung	10
2.5	Modellierungsmethodik: GPM-Zusatzmodul „Umweltwirkungen der Erstellung“	12
2.6	Modellierungsmethodik: Anbindung ans GPM	13
2.7	Konkretisierung der Szenarien	14
3	Ergebnisse.....	16
3.1	Szenario-Ergebnisse	16
3.2	Sensitivitätsrechnung: Lebensdauer der Bauteile	22
3.3	Vergleich Betrieb versus Erstellung	23
4	Diskussion und Ausblick.....	27
4.1	Ökobilanz-Methodik und Systemgrenzen	27
4.2	Weiterentwicklung der Modellierungsmethodik	28
5	Literaturverzeichnis .....	29
6	Anhang .....	30
6.1	Input Tabelle: Lebensdauer Bauteile	30
6.2	Input Tabelle: Gebäudegeometrie	31
6.3	Input Tabelle: Marktanteile der Baumaterialien und Konstruktionstypen	32
6.4	Input Tabelle: Umweltkennwerte	34

# 1 Ausgangslage und Zielsetzung

## 1.1 Ausgangslage

Um die Machbarkeit der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft für den Gebäudebestand der Stadt Zürich zu beurteilen, haben TEP Energy und die Professur für Nachhaltiges Bauen an der ETH Zürich (Professur Wallbaum) ein bauteil- und gebäudetechnik-orientiertes Gebäudeparkmodell der Stadt Zürich (GPM Zürich) erstellt. Dieses wurde in der Folge zur Beantwortung unterschiedlicher Fragestellungen weiterentwickelt und angewendet.<sup>1</sup> Die neuste Version des Modells, erstellt durch TEP Energy im Rahmen des Projekts „Konzept Energieversorgung 2050 für die Stadt Zürich“ (EK 2050), ermöglicht eine regionale Auflösung der Stadt Zürich in homogene Energienachfrage- und Angebotszonen. Mit dieser Modellversion können die Betriebsenergie des Gebäudeparks sowie der sogenannte Kumulierte Energieaufwand (KEA) der verwendeten Endenergie quantifiziert und für verschiedene künftige Entwicklungspfade projiziert werden. In den verwendeten Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten gemäss Frischknecht et al. (2011) zudem enthalten sind die Heizanlagen zur Umwandlung der End- in Nutzenergie sowie die Wärmeverteilung innerhalb der Gebäude. Nicht enthalten sind jedoch die indirekten Auswirkungen, welche sich aufgrund des Materialeinsatzes im übrigen Teil des Gebäudes und der Bau- und Erneuerungstätigkeit ergeben (die Graue Energie und Graue Treibhausgasemissionen für die Erstellung und Entsorgung, fortan als nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen der Erstellung bezeichnet, gemäss Definition der Merkblätter SIA 2032 und SIA 2040).

Gemäss den Zielwerten des SIA-Effizienzpfades Energie (Merkblatt SIA 2040) sowie den Zielwerten für 2000-Watt-Areale (Leitfaden) ist neben der Betriebsenergie jedoch auch die nicht erneuerbare Primärenergie der Erstellung relevant, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen. Dabei sind die unterschiedlichen Systemgrenzen zu beachten: In den Zielwerten des Methodikpapiers zur 2000-W-Gesellschaft für Regionen (Bébié et al. 2009) ist die Graue Energie von Gütern und Dienstleistungen nicht enthalten, diese wird nur als Schattenbilanz erfasst. Die in dieser Studie ausgewiesenen Werte für die Erstellung der Gebäude ist Teil dieser erweiterten Bilanz.

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieses Projekts besteht darin, eine Abschätzung der Umweltwirkungen, welche durch die Bau- und Erneuerungstätigkeit im Gebäudepark in der Stadt Zürich verursacht werden, vorzunehmen. Hierbei soll sowohl modelltechnisch als auch bzgl. der betrachteten Szenarien auf die Grundlagen des Projekts EK 2050 Bezug genommen werden. Für drei Szenarien (siehe unten) soll die relevante Bau- und Erneuerungstätigkeit quantifiziert und eine ökologische Bewertung vorgenommen werden, dies auf Basis der dahinter liegenden Bauprozesse und der damit verbundenen Stoffströme. Als Ergebnisindikatoren werden die Treibhausgasemissionen (THG) die nicht erneuerbare Primärenergie (n.e. PE), die gesamte Primärenergie (gesamte PE) sowie die Umweltbelastungspunkte (UBP) ausgewiesen. Der Begriff „Umweltwirkungen“ wird in diesem Bericht zu Gunsten der Lesefreundlichkeit stellvertretend für die vier genannten Ergebnisindikatoren verwendet.

---

<sup>1</sup> Das GPM wurde im Rahmen folgender Studien angewendet: „Vorstudie zur Erreichbarkeit der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft für den Gebäudepark der Stadt Zürich“, „7-Meilenstritte – Wirkungsanalyse anhand des Gebäudeparkmodells Stadt Zürich“ und „Graue Energie und Umweltbelastungspunkte (Anhang zum Gebäudeparkmodell der Stadt Zürich)“

Konkret werden im Rahmen dieser Studie die folgenden Punkte bearbeitet:

- Eine Quantifizierung der Umweltwirkungen der Erstellung durch Gebäudeneubau und -erneuerungstätigkeit, differenziert nach Bauteilen im Zeitablauf bis 2050 für drei Szenario-Varianten, wobei sich die ersten beiden stark an das Referenz-Szenario bzw. die Effizienz-Szenario-Variante a des Projekts EK 2050 anlehnen:
  1. Ein Referenzszenario bildet eine moderate Entwicklung der Energieeffizienz und der Orientierung hin zu erneuerbaren Energien ab.
  2. Ein Effizienzscenario bildet tiefgreifende politische Maßnahmen mit hoher Wirkung auf die Energieeffizienz (Strom und Wärme) sowie die Nutzung von erneuerbaren Energien im Gebäudepark ab.
  3. Ein ökologisches Effizienzscenario unterstellt nebst vermehrtem Einsatz von erneuerbaren Energien und der Verbesserung der Energieeffizienz auch eine verstärkte Diffusion von Konstruktions- und Sanierungsmethoden sowie Gebäudeelementen und Baumaterialien mit geringerer Materialintensität und tieferen Umweltwirkungen.
- Eine Gegenüberstellung der Umweltwirkungen aufgrund der Neubau- und Erneuerungstätigkeit im Vergleich zum Betrieb der Gebäude (Raumwärme, Warmwasser und Strom).
- Eine Diskussion zur Machbarkeit der routinemässigen Integration der Umweltwirkungen der Erstellung in das Gebäudeparkmodell (GPM) und sowie zur Methodik der zeitlichen Allokation dieser Umweltwirkungen.

Betrachtet werden Bau- und Erneuerungstätigkeiten ab dem Jahr 2010. Dies bedeutet, dass Umweltwirkungen der Erstellung des Gebäudebestandes, wie er im Jahr 2010 bestand, nicht bilanziert werden. Begründet wird die Wahl dieser Systemgrenze

- mit dem Umstand, dass diese Wirkungen nicht mehr beeinflusst werden können.
- mit Verweis auf die Studie „Ressourcenstrategie Bauwerk Stadt Zürich“ (Rubli 2009), welche die im gegenwärtigen Gebäudebestand enthaltenen Umweltwirkungen der Erstellung bilanziert.

## 2 Vorgehen und Methode

### 2.1 Einleitung

Für die Grobabschätzung der Umweltwirkungen der Erstellung von Neubauten und Erneuerungen im Gebäudepark der Stadt Zürich kommt ein Bottom-Up Ansatz zur Anwendung. Es handelt sich entsprechend um eine Weiterentwicklung des Ansatzes, der im Bericht „Graue Energie und Umweltbelastungspunkte (Anhang zum Gebäudeparkmodell der Stadt Zürich)“ (Wallbaum und Heeren 2010) dokumentiert ist. Als zentrales Instrument kommt hierbei das Gebäudeparkmodell (GPM) zum Einsatz (Heeren et al. (2012), Jakob et al. (2013), Wallbaum et al. (2010)). Das Gebäudeparkmodell beinhaltet die Grundlagendaten zur Anzahl und zu den geometrischen Kennwerten unterschiedlicher Bauteile im Gebäudepark der Stadt Zürich. Im Rahmen dieser Studie wird dieses Mengengerüst der Bauteile und der Gebäudetechnikelemente des bestehenden Gebäudeparkmodells (Jakob et al. 2013) erweitert und mit Kennwerten zur Materialisierung und den Umweltwirkungen verknüpft.

### 2.2 Systemgrenzen

#### 2.2.1 Zeitliche Systemgrenze

Bezüglich der betrachteten Umweltwirkungen der Erstellung beschränkt sich diese Studie auf die neu hinzukommenden Umweltwirkungen durch allgemeine und energetische Gebäudeerneuerungen sowie Neubauten zwischen 2010 bis 2050. Nicht betrachtet werden die bereits in der Vergangenheit (vor dem Startzeitpunkt der Betrachtung) verursachten Umweltwirkungen zur Erstellung des 2010 vorhandenen Gebäudebestands. Konkret ergeben sich damit aus methodischer Sicht folgende Kategorien im Zeitablauf:

- Erstellung von neuen Gebäudeflächen ab dem Startjahr 2010:  
Im Zeitablauf ab 2010 nehmen die Umweltwirkungen zunächst zu, weil immer mehr Neubauten, Anbauten und Aufstockungen hinzukommen. Bei der gewählten Methode der zeitlichen Allokation (Abschreibungsprinzip) nehmen die Umweltwirkungen der Erstellung für diese Kategorie in einer bestimmten Bauperiode (beispielsweise 2011 bis 2020) typischerweise nach 2050 wieder ab, weil die Umweltwirkungen der Bauteile mit der kürzesten Abschreibungsperiode wieder ausläuft (die Erneuerung dieser Bauteile erscheint in der Rubrik „Erneuerung“).
- „Reguläre“ Ersatz-Erneuerung der Gebäude und Bauteile der Gebäude, getätigt zwischen 2010 und 2050:  
Je nach Nutzungsdauer der einzelnen Bauteile kommt ein sukzessiver höherer Anteil der Bauteile des Gebäudebestands ins erneuerungsbedürftige Alter. Bei den Gebäuden aus den frühen Bauperioden wird davon ausgegangen, dass sich ein steady state eingestellt hat und die Erneuerungstätigkeit von mittlerer Intensität ist. Bei späteren Bauperioden kommen zunächst die Bauteile mit kurzer, dann diejenigen mit mittellanger und langer Nutzungsdauer in die Erneuerungsbedürftigkeit, wobei sich letztere bereits wieder mit der zweiten Erneuerung der Bauteile mit kurzer Nutzungsdauer überlagern. Der steady state wird erst nach einigen Jahrzehnten erreicht, d.h. bei den jüngsten Bauperioden erst nach 2050.
- Add-on Investments getätigt zwischen 2010 und 2050:  
Dies betrifft im energetischen Bereich insbesondere solche im Bereich der opaken Gebäudehülle zur Erhöhung der Energieeffizienz (ohne Fenster, diese verhalten sich wie reguläre Ersatzerneuerungen).

## 2.2.2 Inhaltliche Systemgrenze

Auf Ebene der Gebäude erfolgt eine Aufteilung in deren Bestandteile gemäss SIA Merkblatt 2032 basierend auf dem Baukostenplan Hochbau eBKP-H (CRB 2009) mit folgenden Hauptkategorien:

- C: Konstruktion
- D: Technik
- E: Äussere Wandbekleidung Gebäude
- F: Bedachung
- G: Ausbau

Diese Strukturierung der Gebäudeelemente zeigt auch die Systemgrenze mit Bezug auf das Gebäude auf: So weit wie möglich wird das gesamte Gebäude betrachtet. Vernachlässigt werden die Elemente gemäss SIA Merkblatt 2032, Ziffer 3.2.3.2 (dies sind u.a. Gebäudeautomationssysteme, Brandschutz, Sicherheitssysteme, Kälte- und nutzungs-spezifische Anlagen). Aufgrund der grossen Heterogenität und Vielfalt, fehlender Daten zu Mengengerüst und Kennwerten sowie mutmasslich geringem Einfluss auf das Gesamtergebnis werden in diesem Projekt zusätzlich folgende Elemente nicht bilanziert: Vorbereitung, Balkone, Dacheinbauten und ein Teil des Innenausbau (Küche, Innenwand- und Deckenbekleidungen, Geräte, etc.). Beim Innenausbau berücksichtigt werden Bodenbeläge und Trennwände, bei der Gebäudetechnik die Heizverteilung und Lüftungsanlagen sowie Elektro- und Sanitärinstallationen. Tabelle 1 zeigt die berücksichtigten Gebäudeelemente.

Tabelle 1: Berücksichtigte Elemente nach Haupt- und Elementgruppe

Hauptkategorie	Elementgruppe	Elementgruppe (Kürzel)
<b>Rohbau</b>	Aushub	C 6.2
	Fundament	C 1
	Aussenwand unter Terrain	C 2.1 (A)
	Aussenwand über Terrain	C 2.1 (B)
	Stützenkonstruktion	C3
	Ausfachung	C 2.1
	Innenwände	C 2.2
	Decken	C 4.3
	Flachdach (Tragkonstruktion und Bekleidung)	C 4.4
Steildach (Tragkonstruktion und Bekleidung)	C 4.4	
<b>Hülle</b>	Wandbekleidung	E 1 und E 2
	Fenster	E 3
<b>Technik</b>	Elektro	D 1
	Heizverteilung	D 5
	Lüftung	D 7
	Sanitär	D 8
<b>Innenausbau</b>	Trennwände	G 1
	Bodenbeläge	G 2

## 2.3 Zeitliche Allokationsmethodik

Die durch die Bau- und Erneuerungstätigkeit verursachten Umweltwirkungen der Erstellung lassen sich auf unterschiedliche Arten auf die Zeitachse allozieren:

- **Investitionsprinzip:**  
Die Umweltwirkungen werden direkt dem Zeitpunkt der tatsächlichen Belastung zugeschrieben, d.h. dem Zeitpunkt der Investition zugeordnet. Dieses Prinzip kann auch als „direkte Anrechnung“ bezeichnet werden.
- **Abschreibungsprinzip:**  
Die Anrechnung der Umweltwirkungen der Erstellung wird gleichmässig über die Nutzungsdauer des betrachteten Bauteils verteilt, d.h. über die Lebensdauer abgeschrieben (verteilte Anrechnung). Falls die Lebensdauer des Gebäudes kürzer ist als die potenzielle Nutzungsdauer des betrachteten Bauteils oder dieses aus anderen Gründen vorzeitig ersetzt wird, wird die Abschreibungsdauer entsprechend verkürzt.

Wird nur eine einzelne Massnahme bei einem einzelnen Gebäude betrachtet, ist der Unterschied der beiden methodischen Ansätze unmittelbar nachvollziehbar:

- Beim Investitionsprinzip ergibt sich ein Peak beim Zeitpunkt der Massnahmenergreifung. Wird die Lebensdauer eines Gebäudes betrachtet, sind die Peaks der Gebäudeerstellung und der verschiedenen Erneuerungsmassnahmen zu erkennen. Die Peaks entsprechen dann auch dem Zeitpunkt der mit der Baumaterial/-produkt assoziierten Umweltwirkungen.
- Beim Abschreibungsprinzip und im zweiten Fall verteilen sich die Umweltwirkungen über die Lebensdauer der Massnahme. Das heisst, es erfolgt eine Gleichverteilung über die Zeitspanne, innerhalb derer die entsprechenden Bauteile und Gebäudetechnikelemente ihren Nutzen liefern. Bei diesem Prinzip stimmt die Belastung aus der Erstellung zeitlich auch besser mit der Belastung aus dem Betrieb überein

Im Fall einer Szenario-Betrachtung aggregieren sich die Effekte der verschiedenen Gebäude. Abbildung 1 und Abbildung 2 illustrieren exemplarisch die Ergebnisse im Fall einer Szenariobetrachtung eines ganzen Gebäudeparks für die beiden zeitlichen Allokationsmethoden.

Beim Investitionsprinzip (Abbildung 1) bleiben die Umweltwirkungen der Erneuerung im Zeitablauf nahezu konstant. Zu- und Abnahmen ergeben sich durch eine im Zeitablauf veränderte Bau- und/oder Erneuerungstätigkeit, durch veränderte Bau- und Erneuerungsmethoden oder durch eine Veränderung der spezifischen Materialkennwerte.

Beim Abschreibungsprinzip, d.h. bei der Anrechnung verteilt über die Lebensdauer, beginnen die Umweltwirkungen auf einem tieferen Niveau und nehmen dann sukzessive zu, weil sich die Beiträge der zusätzlichen, nachfolgenden Neubauten mit denjenigen der Vorperioden kumulieren. Am Ende des Lebenszyklus eines Bauteils wird angenommen, dass dieses ersetzt wird und somit werden die Umweltwirkungen konstant weiter bilanziert (in Abbildung 2 mit dem Vermerk „reinvest“ gekennzeichnet).

In dieser Studie wird die Bilanzierungsmethodik „Abschreibung über die Lebensdauer“ angewandt, da so die Belastungen denjenigen Zeitabschnitten zugeordnet werden, zu denen die entsprechenden Bauteile auch einen Nutzen erzeugen.



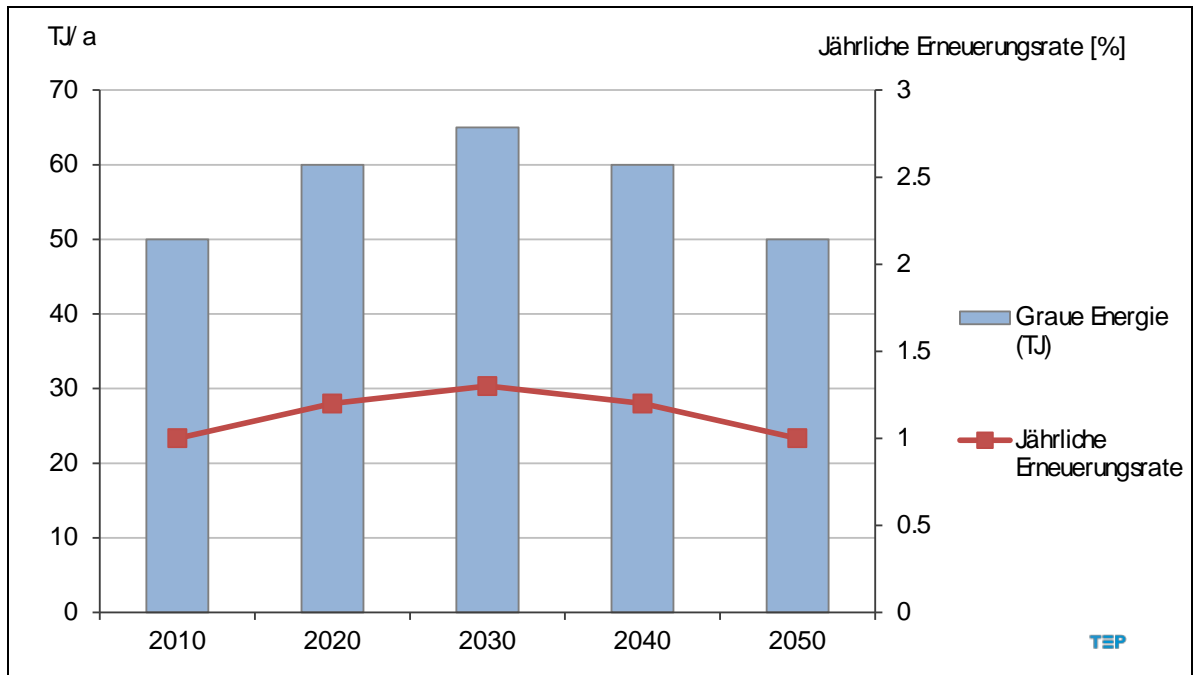


Abbildung 1 Allokation der nicht erneuerbaren Primärenergie der Erstellung gemäss der Allokationsmethodik "Investitionsprinzip" (direkte Anrechnung), exemplarische Darstellung für einen Teil des Gebäudeparks

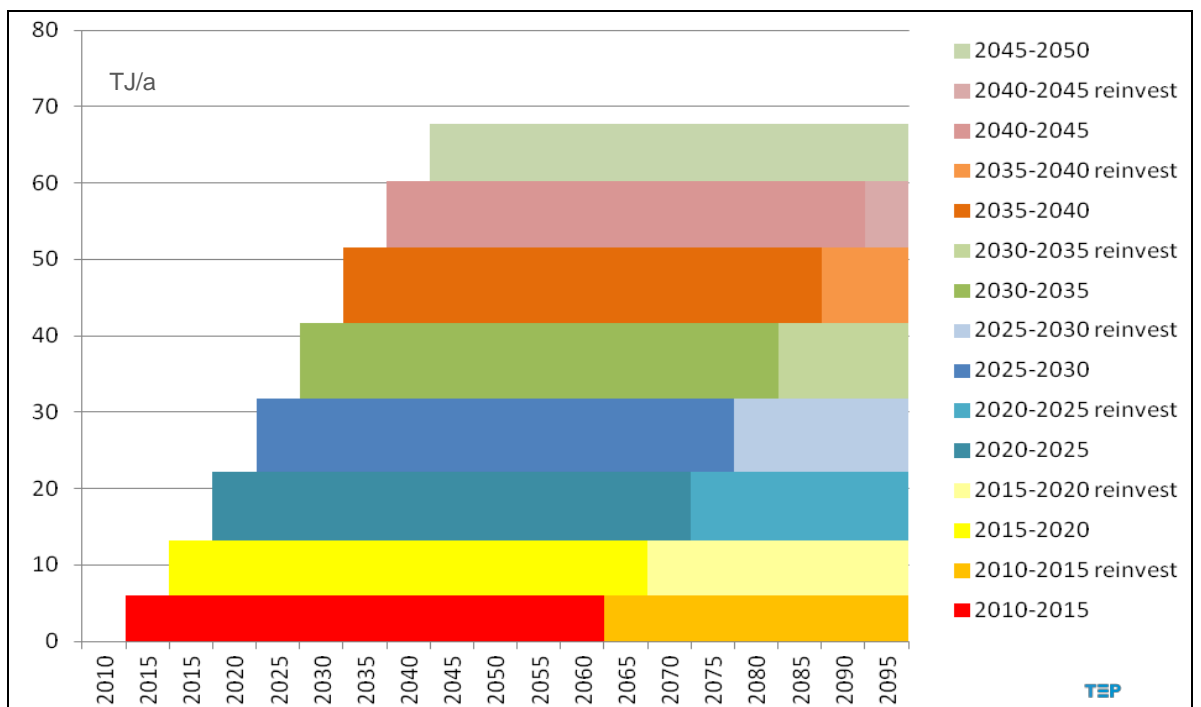


Abbildung 2 Exemplarische Allokation der nicht erneuerbaren Primärenergie der Erstellung gemäss der Allokationsmethodik "Abschreibungsprinzip", exemplarische Darstellung für einen Teil des Gebäudeparks

## 2.4 Modellierungsmethodik: Einleitung

In diesem Kapitel wird die modelltechnische Umsetzung der Berechnung der Umweltwirkungen der Erstellung erläutert. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über alle Inputs und Outputs des Berechnungsmodells zur Quantifizierung der Umweltwirkungen der Erstellung im Gebäudepark Zürich. Der Ansatz besteht darin, ein zusätzliches Modul „Umweltwirkungen der Erstellung“ an das bestehende Mengengerüst und Berechnungsmodell des im Projekt EK 2050 weiterentwickelten GPM anzubinden. Die Abbildung zeigt als Fließbild den Datenfluss und die Berechnungsgänge des Moduls „Umweltwirkungen“ sowie den Schnittpunkt, an welchem diese Betrachtung an das existierende Gebäudeparkmodell angebunden wird.

Jedes Kästchen des Fließbildes beschreibt einen Modellinput oder -output. Diese Kästchen sind nummeriert und werden nachfolgend in einem Unterkapitel mit derselben Nummerierung erläutert. Dabei wird zum einen die Bedeutung der Kenngrösse in Bezug auf die Berechnungsmethodik aufgezeigt, zum anderen werden wichtige inhaltliche Merkmale hervorgehoben. Jedes Kästchen enthält folgende Informationen:

- Name der Kenngrösse (fett hervorgehoben)
- Allfällige Präzisierung der Kenngrösse
- Einheit
- Beispiel zur Illustration
- Datenquelle
- Differenzierungsdimensionen der Kenngrösse

Die Kästchen der Abbildung sind zudem unterschiedlich eingefärbt:

- Graue Kästchen enthalten Kenngrössen zur Berechnung der Umweltwirkungen der Erstellung. Diese Inputs wurden im Rahmen dieser Studie neu erhoben oder definiert.
- Braune Kästchen enthalten Kenngrössen aus dem Gebäudeparkmodell „EK 2050“ (auf vereinzelte Ausnahmen wird in den jeweiligen Unterkapitel eingegangen).
- Rote Kästchen enthalten Zwischenresultate und Endresultate der Modellrechnung.

Die Pfeile zwischen den Kästchen beschreiben den Datenfluss des Berechnungsvorganges.

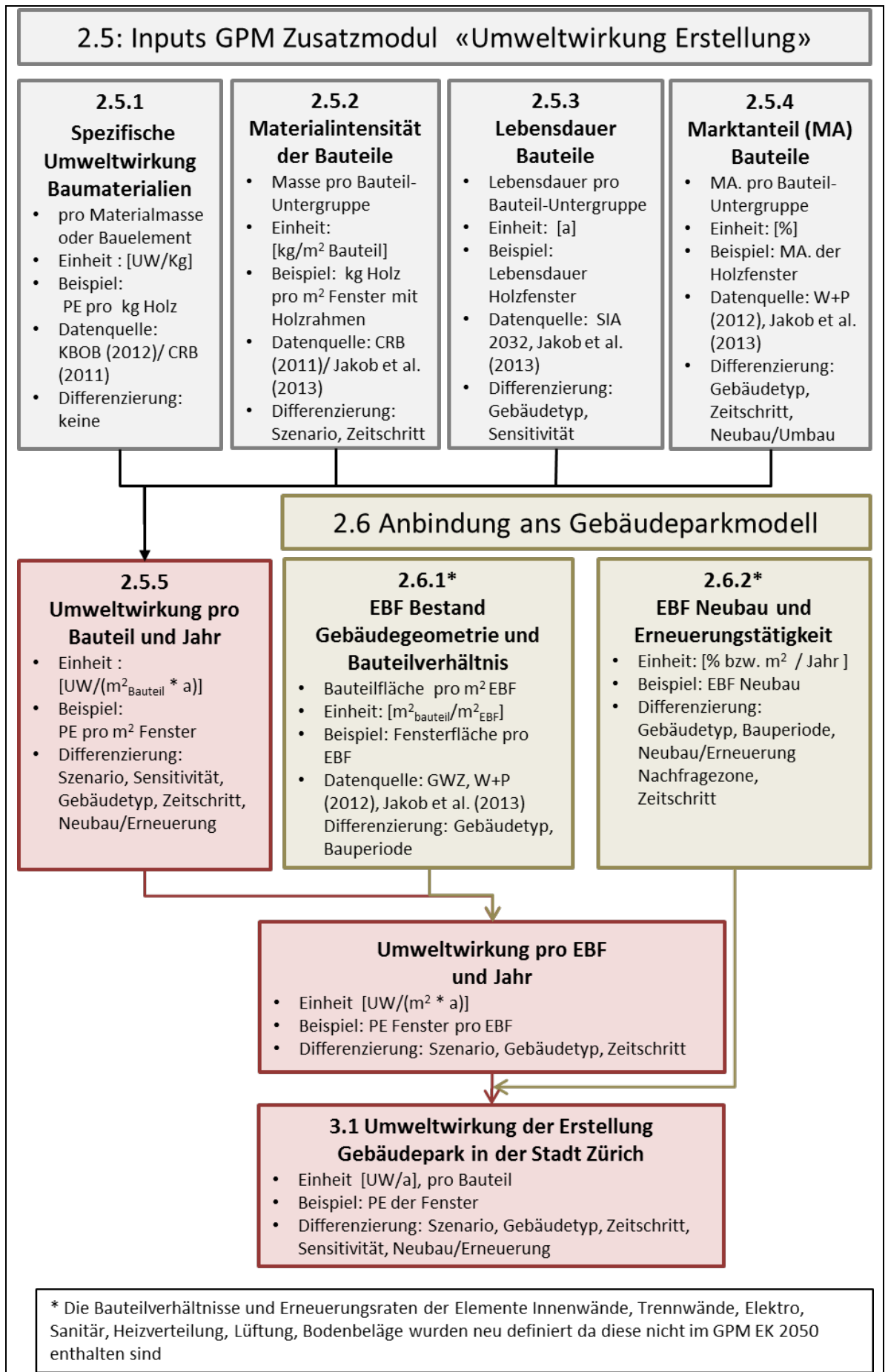


Abbildung 3: Fließbild der Modell Inputs (grau und grün eingefärbt) und Outputs (rot eingefärbt)

## **2.5 Modellierungsmethodik: GPM-Zusatzmodul „Umweltwirkungen der Erstellung“**

Im Modul Umweltwirkungen der Erstellung (GPM-UW) werden spezifische Ökobilanz-Kennwerte von Bauteilen gebildet, aggregiert und bereitgestellt. Diese Kennwerte pro Bauteil werden anschliessend an das bestehende Gebäudeparkmodell (GPM) angebunden, welches bereits Informationen zur Geometrie und zur Anzahl der Bauteile im Gebäudepark der Stadt Zürich sowie zur erwarteten Neubau- und Sanierungstätigkeit enthält. In den folgenden Unterkapiteln 2.5.1 bis 2.5.5 werden schrittweise der Berechnungsgang des Moduls GPM-UW und die verwendeten Datengrundlagen erläutert.

### **2.5.1 Spezifische Umweltwirkungen der Baumaterialien**

„Spezifische Umweltwirkungen der Baumaterialien“ subsummiert die Kennwerte gesamte Primärenergie, nicht erneuerbare Primärenergie, Umweltbelastungspunkte und Treibhausgasemissionen (GWP 100) pro Bezugsgrösse (in der Regel ist die Bezugsgrösse die Masse des Baumaterials). Die Berechnungsmethodik des Modells ist für alle vier Kennwerte gleich. Datengrundlage sind die Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB 2012), welche auf der ecoinvent-Datenbank basieren. In einem ersten Rechenschritt wird der spezifisch Kennwert pro Materialeinheit mit dem flächen- oder volumenspezifischen Materialbedarf pro Bauteil multipliziert (siehe Kapitel 2.5.2).

Im Fall der Gebäudetechnik beziehen sich die Kennwerte auf die Energiebezugsfläche (EBF). Dabei wird die spezifische Intensität unterschiedlicher Technisierungsstufen berücksichtigt.

### **2.5.2 Materialintensität der Bauteile**

Die Materialintensität beschreibt, wie viel von welchem Material für die Erstellung der betrachteten Bauteile benötigt wird. Als Beispiel beschreibt der Materialintensitäts-Kennwert von Holzfenstern, wie viel Kilogramm Holz in einem durchschnittlichen Fensterrahmen (pro m<sup>2</sup> Fensterfläche) verarbeitet sind. Als Datenquelle der Materialintensitäts-Kennwerte dienen der Elementartenkatalog (CRB 2011) und eigene Annahmen.

Da es eine Vielzahl unterschiedlicher Baumaterialien und Konstruktionsweisen gibt, ist eine Differenzierung der Bauteile gemäss Baukostenplan Hochbau der eBKP-H (CRB 2009) nicht hinreichend. Aus diesem Grund werden im Rahmen dieser Studie zusätzliche Bauteil-Untergruppen definiert, um die bei Neubau- und Erneuerung verwendeten Baustoffe genauer abbilden zu können. Beispielsweise wird das EKrB Element Fenster in die vier Untergruppen Holzfenster, Metallfenster, Kunststofffenster und Holz-Metallfenster unterteilt. Die Untergruppen werden für die Darstellung der Ergebnisse zu den eBKP-H Elementgruppen, beziehungsweise den Hauptgruppen aggregiert. Hierzu ist es notwendig, die Marktanteile der Bauteil-Untergruppen im Gebäudepark bzw. bei der Neubau- und Erneuerungstätigkeit zu kennen, siehe dazu Kapitel 2.5.3. Die Bauteil-Untergruppen sind im Anhang in Kapitel 6.3 und 6.4 aufgeführt.

### **2.5.3 Marktanteile der Bauteile**

Für die betrachteten Bauelemente wird der Marktanteil unterschiedlicher Baumaterialien und Konstruktionstypen bei Neubauten und Erneuerung des Gebäudeparks festgelegt.

Eine der wichtigen Datengrundlagen ist der Immo-Monitoring Bericht von Wüest und Partner (Immo-Monitoring 2012), welcher empirische Werte zu den Marktanteilen von Baumaterialien und Konstruktionstypen enthält. Für Bauteile, die nicht im Immo-Monitoring aufgeführt sind, werden Marktanteile festgesetzt. Dabei werden die unbekannt Marktanteile als Funktion der Marktanteile von Bauteilen mit empirischer Basis berech-

net (insbesondere als Funktion der Tragkonstruktion). Zum Beispiel werden bei einem Haus mit einem Beton-Mauerwerk die Decken zu einem definierten Anteil auch aus Beton hergestellt und zu einem anderen Anteil aus einem der anderen betrachteten Baustoffe. Diese Methodik folgt der Sachlogik eines Planers oder Architekten und gewährleistet eine transparente Dokumentation der Inputdaten (siehe Kapitel 6.3 im Anhang). Dabei wurde berücksichtigt, dass die Häufigkeit der Konstruktionsweisen auch vom Gebäudetyp abhängt. Zum Beispiel gibt es einen höheren Anteil Massivbauten im Bereich Wohnen und einen höheren Anteil Skelettbauten im Dienstleistungsbereich. Die Diffusion von Lüftungsanlagen wurde gemäss den Szenario-Annahmen des EK 2050 festgelegt.

#### **2.5.4 Lebensdauer der Bauteile**

Die Gebäude und die Bauteile werden im Berechnungsmodell gemäss definierten Zyklen erneuert. Die Umweltwirkungen für die Erstellung werden bei der Bilanzierung über diese Lebensdauer verteilt (siehe Kapitel 2.3). Die Lebensdauer bezieht sich dabei weder auf die physikalische Lebensdauer der Bauteile noch auf die wirtschaftliche Amortisationszeit. Relevant ist die tatsächliche Nutzungsdauer. Die verwendeten Werte basieren grösstenteils auf den Werten des SIA Merkblatts 2032, mit Ausnahme von zwei Hauptunterschieden:

1. Die Nutzungsdauer wird nicht nur nach Bauteiltyp, sondern auch nach Gebäudenutzung unterschieden. So wird zum Beispiel berücksichtigt, dass ein Bürogebäude im Durchschnitt öfter erneuert wird als ein Schulgebäude.
2. Gegenüber dem SIA Merkblatt 2032 sind die Werte der Nutzungsdauer des Rohbaus erhöht. Die SIA 2032 definiert hierbei eine Amortisationszeit von 60 Jahren. Dieser Wert spiegelt eher eine wirtschaftliche Amortisationsdauer wider und impliziert sehr hohe Erneuerungs- und Abrissraten von über 1.5% pro Jahr. Diese Werte sind wesentlich höher als die empirisch beobachteten Rate gemäss Bundesamt für Statistik (BFS), Statistik Stadt Zürich und weiteren empirischen Erhebungen (Banfi et al 2012, Filippini et al. 2011, Jakob et al. 2013b). Die hier verwendete Nutzungsdauer des Rohbaus orientiert sich an den empirischen Werten. Alle Annahmen zur Lebensdauer sind in Kapitel 6.1 im Anhang aufgeführt.

Der Einfluss auf die Resultate dieser unterschiedlichen Festlegung der Lebensdauer im Vergleich zum SIA Merkblatt 2032 wird in einer Sensitivitätsanalyse aufgezeigt (siehe Kapitel 3.2). Dabei werden die in SIA 2032 definierten Werte in der Modellrechnung verwendet.

#### **2.5.5 Umweltwirkung pro Bauteil und Jahr**

Das Zwischenresultat aus dem Modul „Umweltwirkung Erstellung“ sind Kennwerte pro Bauteil (oder Bauteilfläche) und Jahr. Das heisst, die Umweltwirkung wird gemäss der in Kapitel 2.3 erläuterten Methode auf die Lebensdauer des Bauteils alloziert. Dieser Kennwert kann nun an das Mengengerüst des Gebäudeparkmodells angebunden werden.

#### **2.6 Modellierungsmethodik: Anbindung ans GPM**

Das GPM dient dazu, die unter 2.5 berechneten spezifischen Werte der Umweltwirkung mit dem Mengengerüst des Gebäudeparks der Stadt Zürich zu verbinden. Das GPM liefert die Energiebezugsfläche (EBF) der Neubauten resp. der Gebäudeerneuerungen bis im Jahr 2050. Für die Anbindung der Werte der Umweltwirkungen ans GPM werden diese mittels Kennwerten zu den Bauteilverhältnissen in Bezug zur Gebäudefläche gesetzt (siehe Kapitel 2.6.1).

### 2.6.1 Gebäudegeometrie und Bauteilverhältnis

Die Datenbank des Gebäudeparkmodells enthält Informationen zum Verhältnis der Gebäude-Aussenfläche (Fenster, Dach, Fassade, Boden) zur Energiebezugsfläche (EBF). Zusätzlich werden im Rahmen dieser Studie weitere Kennwerte neu definiert (z.B. das Verhältnis der Innenwände zur EBF). Mittels dieser Kennwerte kann die Umweltwirkung von der Bezugsgrösse „Bauteil/Bauteilfläche“ auf die Bezugsgrösse „EBF“ umgerechnet werden. Dies ermöglicht anschliessend eine Verrechnung mit der zukünftigen Veränderung der EBF durch Neubau und Erneuerung.

### 2.6.2 EBF Neubau und Erneuerungstätigkeit

Die Energiebezugsfläche in der Stadt Zürich ist die Basis für die Hochrechnung der Umweltwirkungen der Erstellung vom einzelnen Gebäudebestandteil auf den Gebäudepark. Relevant für die Berechnung sind die Neubau- und erneuerten Flächen und Gebäudeelemente der Jahre 2010 bis 2050, differenziert nach dem Gebäudetyp und der Bauperiode.

Die Erneuerungsraten wurden vom GPM EK 2050 übernommen. Bei Gebäudekomponenten, für die im EK 2050 keine Erneuerungsrate definiert ist (namentlich sind dies die Elementgruppen Trennwände, Sanitär, Elektro, Heizverteilung und Lüftung) wurden in dieser Studie Erneuerungsraten definiert. Diese basieren zum einen auf der Lebensdauer der Bauteile, zum anderen auf einer durchschnittlichen Nutzungsdauer pro Gebäudetyp. Bei der Festlegung der Erneuerungsraten wurde berücksichtigt, dass die Bauteile der neuesten Bauten des Bestands erst am Ende der betrachteten Periode (2010-2050) in die Erneuerungsphase kommen und dass sich die definierte Erneuerungsrate auf die gesamte EBF bezieht.

## 2.7 Konkretisierung der Szenarien

Drei unterschiedliche Szenarien werden betrachtet: ein Referenzszenario, ein Effizienz-szenario und ein ökologisches-Effizienz-szenario. Die Szenarien orientieren sich grundsätzlich an den Szenarien des EK 2050. Die in dieser Studie neu verwendeten Kennwerte, Marktanteile und Materialisierung (d.h. Typ und Masse der Baumaterialien nach Bauteil) werden inhaltlich gemäss der Stossrichtung der Szenarien im EK 2050 definiert. Folgend wird die Differenzierung weiter erläutert:

- Das „Referenzszenario“ entspricht dem Referenzszenario des EK 2050 in Bezug auf die Abriss-, Neubau- und Umbaurate und in Bezug auf die Entwicklung der Energieeffizienz des Gebäudeparks. Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass nur moderate energie- und klimapolitischen Massnahmen getroffen werden und unterstellt folglich eine eher konservative Entwicklung im Bereich der Energieeffizienz und beim Einsatz erneuerbarer Energien. Deshalb bleibt die Materialisierung der Bauteile (d.h. zum Beispiel die durchschnittliche Dämmstärke der Fassaden oder der Anteil doppel- oder dreifachverglaste Fenster.) mehr oder weniger konstant ab 2010.
- Das „Effizienz-szenario“ entspricht dem Effizienz-szenario (Variante 2a) des EK 2050 in Bezug auf die Abriss-, Neubau- und Umbaurate und in Bezug auf die Entwicklung der Energieeffizienz des Gebäudeparks. Die Materialisierung orientiert sich an der im Effizienz-szenario unterstellten, erhöhten Energieeffizienz. Konkret wird bei der Gebäudehülle mit einer erhöhten Dämmstärke von durchschnittlich 26 cm und mit dreifach verglasten Fenstern gerechnet (im Referenzszenario wird eine Dämmstärke von 18 cm und doppelt verglaste Fenster angenommen). Diese Kennwerte sind Durchschnittswerte welche sich im Zeitablauf leicht verändern. Die erhöhte Dämmstärke bedingt zudem bei hinterlüfteten Fassaden eine höhere Profilstärke für die Unterkonstruktion. Die Diffusion von Lüftungsanlagen ist höher. Die Marktanteile und die massenspezifischen Umweltkennwerte bleiben konstant. Das

Effizienzscenario geht von verstärkten Politikmassnahmen zur Förderung der Energieeffizienz aus.

- Das „ökologische-Effizienzscenario“ entspricht weitgehend dem Effizienzscenario. Im Unterschied zum Effizienzscenario werden vermehrt ökologischere Materialien eingesetzt. Konkret bedeutet dies höhere Anteile von Holzkonstruktion für das Tragwerk, die Decken, die Innenwände und das Dach.

Die genannte Szenario-Definition soll folgende Aspekte zu den Umweltwirkungen der Erstellung des Gebäudeparks illustrieren:

- Das Referenzscenario beschreibt die Umweltwirkungen der Erstellung bei Neubau und Erneuerung im Zeitablauf bis 2050 bei einer moderaten Verbesserung der Energieeffizienz. Durch den Vergleich mit dem Effizienzscenario wird die Zunahme der Umweltwirkungen der Erstellung aufgezeigt, welche sich durch die höhere Effizienzwirkung und der damit verbundenen erhöhten Materialisierung zwecks besserer Wärmedämmung ergibt.
- Der Vergleich des ökologischen-Effizienzscenario mit dem „normalen“ Effizienzscenario wiederum zeigt die Reduktion der Umweltwirkungen der Erstellung durch den Einsatz umweltfreundlicherer Konstruktions- und Erneuerungsmethoden und Materialien auf.

Im Rahmen dieser Studie wird kein Szenario definiert, welches den Einfluss einer Veränderung der massenspezifischen Umweltkennwerte darstellt (z.B. durch eine effizientere Produktion von Baustoffen).

## 3 Ergebnisse

In Kapitel 3.1 sind die wichtigsten Resultate der Szenario-Rechnungen dargestellt. In Kapitel 3.2 wird der Einfluss der angenommenen Lebensdauer der Bauteile auf die Resultate durch eine Sensitivitätsrechnung analysiert. In Kapitel 3.3 werden die Resultate der Umweltwirkungen der Erstellung den Werten des Betriebs gemäss dem EK 2050 gegenübergestellt.

### 3.1 Szenario-Ergebnisse

Die nicht erneuerbare Primärenergie für die Erstellung von Neubauten und die Erneuerung im Gebäudepark in der Stadt Zürich beträgt im Modellendjahr 2050 zwischen rund 1800 TJ/Jahr im Referenzszenario und rund 2300 TJ/Jahr im Effizienzzenario. Die Treibhausgasemissionen betragen im Jahr 2050 zwischen rund 145'000 t-CO<sub>2</sub>-Äquiv im Referenzszenario und rund 180'000 t-CO<sub>2</sub>-Äquiv im Effizienzzenario. Die Werte der Umweltwirkungen für die Erstellung liegen in beiden Effizienzzenarien rund ein Viertel höher als im Referenzszenario. Ausgedrückt pro Person sind dies im Effizienzzenario 190 Watt pro Person und 0.48 t-CO<sub>2</sub>-Äquiv pro Person im Jahr 2050.

Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen einen Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie und der Treibhausgasemissionen der Erstellung für die drei Szenarien. Die Effizienzzenarien weisen die höchsten Werte auf. Die Bezeichnung Effizienzzenario bezieht sich wie in Kapitel 2.7 erläutert auf Szenario-Definitionen zum Betrieb der Gebäude und nicht auf die Umweltwirkungen der Erstellung. Die höhere Energieeffizienz im Betrieb wird vor allem durch einen erhöhten Wärmeschutz und durch eine höhere Rate an energetischen Erneuerungen ermöglicht. Dies führt zu höherer Materialintensität (siehe Kapitel 2.5.2) und resultiert in um rund ein Viertel erhöhten Umweltwirkungen der Erstellung (die Auswirkung auf das Total von Betrieb und Erstellung ist im Kap. 3.2 erläutert).

Im ökologischen Effizienzzenario resultieren überraschenderweise die höchsten Umweltwirkungen der Erstellung. Der Ansatz des ökologischen Effizienzzenarios besteht darin, dass Holzkonstruktionen im Neubau höhere Marktanteile haben und somit die Umweltwirkungen der Erstellung im Vergleich zu den anderen Szenarien tiefer liegen sollten. Die Resultate zeigen, dass einerseits die Gesamtwirkung dieser Annahmen beschränkt ist, da eine realistische Steigerung der Holzkonstruktionen im Neubau, auch wenn sie ambitioniert ist, keine radikale Änderung der Bauweise im Gebäudepark bedeuten kann. Annahmegemäss nimmt die Diffusion von Holztragwerken im ökologischen Effizienzzenario zwar relativ gesehen stark zu (im Vergleich zu den anderen Szenarien in der Grössenordnung von 100%), bleibt aber absolut gesehen auf einem tiefen Niveau (je nach Gebäudetyp nimmt der Marktanteil im ökologischen Effizienzzenario von rund 5% bis 10% auf rund 10% bis 20% zu). Zudem hat der Rohbau nur einen Anteil von einem Viertel bis einem Drittel am Gesamtergebnis (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8), daher resultiert nur ein kleiner Unterschied zwischen dem Effizienzzenario und dem ökologischen Effizienzzenario.

Der Grund, dass die Resultate des ökologischen Effizienzzenario sogar höher liegen als im Effizienzzenario liegt in den spezifischen Kennwerten und in den Annahmen zur Lebensdauer: In Bezug auf die nicht-erneuerbare Primärenergie hat Holz gemäss der KBOB Liste (KBOB 2012) volumenbezogen zum Teil höhere Kennwerte als Beton (z.B. luftgetrocknetes raues Massivholz Buche, Eiche, Fichte und Tanne im Vergleich zu Beton C8/10). Bei den spezifischen Treibhausgasemissionen sind gemäss KBOB auch



die massenbezogenen Kennwerte für Holz zum Teil höher als bei Beton<sup>2</sup>. Bezüglich der Lebensdauer wurde die Annahme getroffen, dass Holztragwerke in der Gebäudeparkbeurteilung eine kürzere Lebensdauer haben als Mauerwerk oder Stahl-Beton Konstruktionen (100 statt 200 Jahre), sofern nicht die Gebäudenutzung die Lebensdauer bestimmt (z.B. Im Fall von Bürogebäuden, die im Durchschnitt eine verkürzte Lebensdauer von 70 Jahre haben).

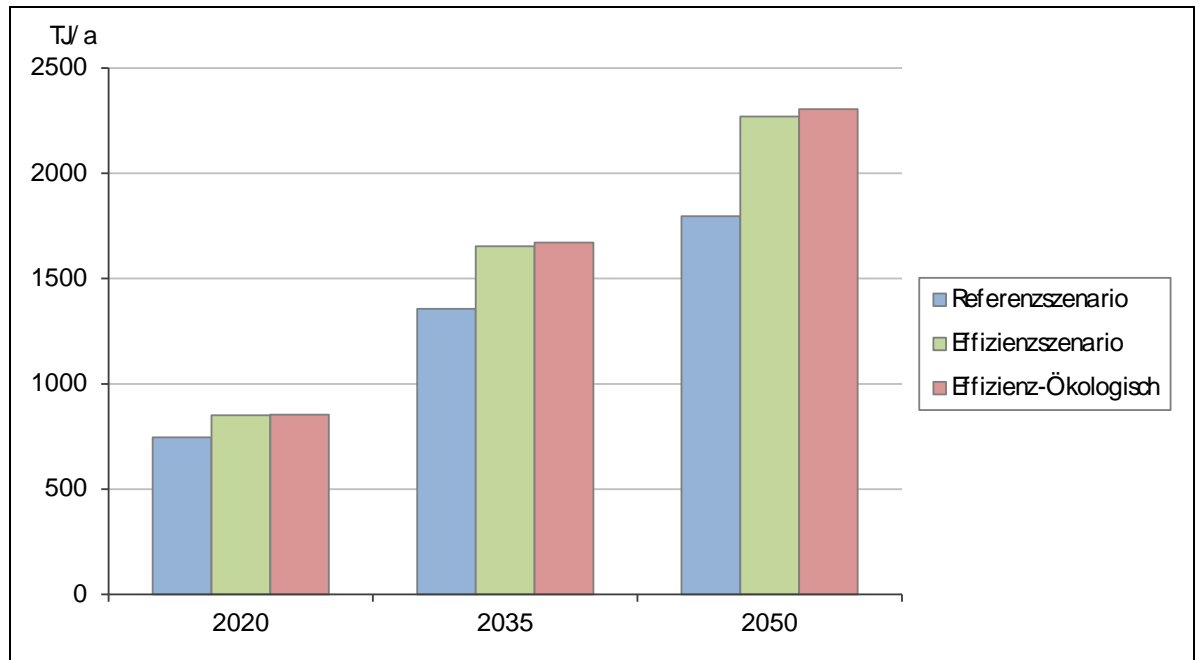


Abbildung 4 Nicht-erneuerbare Primärenergie für die Erstellung im Zeitablauf nach Szenario

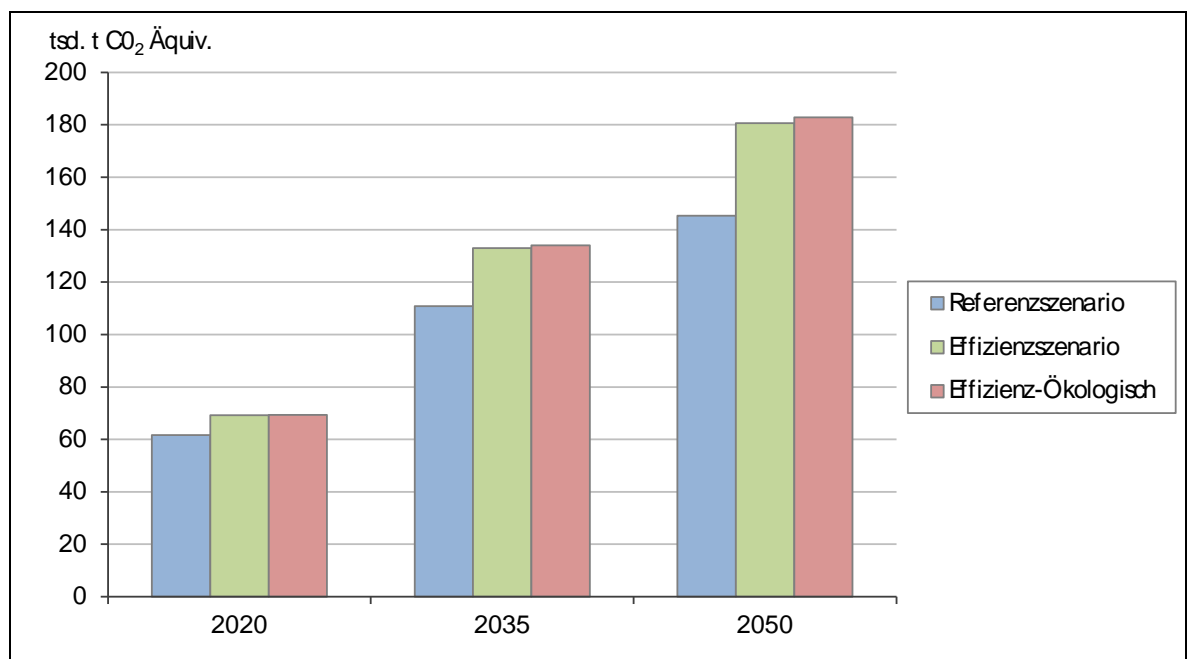


Abbildung 5 Treibhausgasemissionen für die Erstellung im Zeitablauf nach Szenario

<sup>2</sup> Hierbei ist zu erwähnen, dass aktuelle Berechnungen zeigen, dass diese Kennwerte für Holz nicht mehr den Stand der Technik abbilden und voraussichtlich zu hoch sind. Nach Veröffentlichung der neuen Ökoinventare in 2014 (ecoinvent 3.2) sollte dieser Punkte noch einmal genauer untersucht werden.

Abbildung 6 zeigt die Grössenordnung der beiden Ergebnisindikatoren Umweltbelastungspunkte der Erstellung und gesamte Primärenergie der Erstellung kumuliert über alle Gebäudekomponenten für das Jahr 2050, exemplarisch für Effizienzscenario.

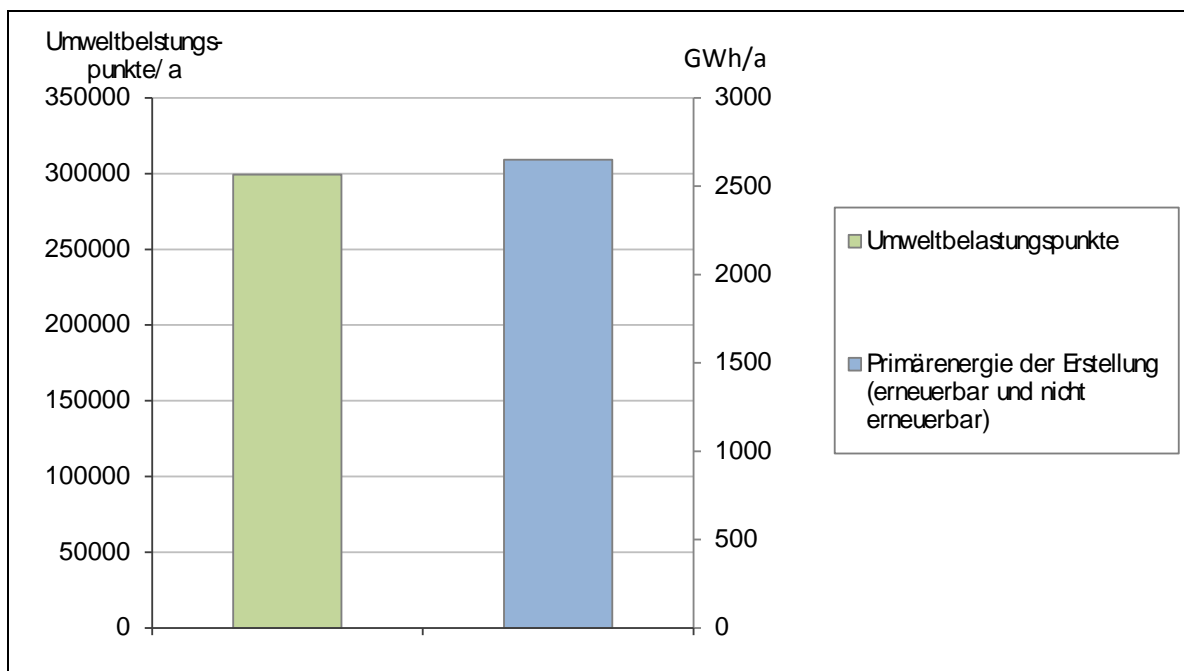


Abbildung 6 Umweltbelastungspunkte der Erstellung (linke Achse) und gesamte Primärenergie der Erstellung (rechte Achse) im Effizienzscenario im Jahr 2050.

Abbildung 7 bis Abbildung 11 zeigen die Anteile der Gebäudeelemente am Total. Die folgende Analyse beleuchtet die Anteile der verschiedenen Gebäudeelemente und geht dabei nicht auf die diesbezüglich eher kleinen Unterschiede zwischen den Szenarien ein. In den Abbildungen wird exemplarisch das Effizienzscenario dargestellt.

Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen den Verlauf der nicht erneuerbaren Primärenergie, der Treibhausgasemissionen und der Umweltbelastungspunkte der Erstellung für drei Zeitschritte bis zum Jahr 2050 für das Effizienzscenario, aufgeteilt in die Hauptgruppen der Gebäudeelemente. Die Werte starten auf einem sehr tiefen Niveau im Jahr 2010 und nehmen bis zum Jahr 2050 kontinuierlich zu. Dies folgt aus der zugrundeliegende Berechnungsmethodik, bei der die Umweltwirkungen der Erstellung über die Nutzungsdauer verteilt werden (gemäss dem Abschreibungsprinzip, siehe Kapitel 2.3 und 2.2.1) und ausgehend von der Wirkung eines Jahres (Jahr 2010) sukzessive weitere Beiträge der künftigen Neubau- und Erneuerungstätigkeit dazukommen.

Die Zunahme der Umweltwirkungen der Erstellung ist zwischen 2020 und 2035 grösser als die Zunahme zwischen 2035 und 2050. Der relativen Anteile des Rohbaus, der Gebäudehülle und der Technik am Total sind je in der gleichen Grössenordnung und unterscheiden sich leicht je nach Ergebnisindikator. Die relativen Anteile der Hauptgebäudekomponentengruppen verändern sich im Zeitablauf. Der Rohbau hat im Jahr 2020 den höchsten Anteil an den Umweltwirkungen der Erstellung, im Jahr 2035 die Gebäudehülle und im Jahr 2050 die Gebäudetechnik. Mögliche Erklärungsansätze sind die Dynamik der Neubauten und die Erneuerungszyklen des Gebäudebestands: Eine Grund für die stärkere Zunahme der Gebäudetechnik im Vergleich zur Gebäudehülle zwischen 2035 und 2050 ist, dass ein Grossteil der Gebäude aus den flächeintensiven Bauperioden (1970-2000) bis 2035 die Gebäudehülle bereits erneuert haben und daher der Anteil relativ zur Gebäudetechnik abnimmt.

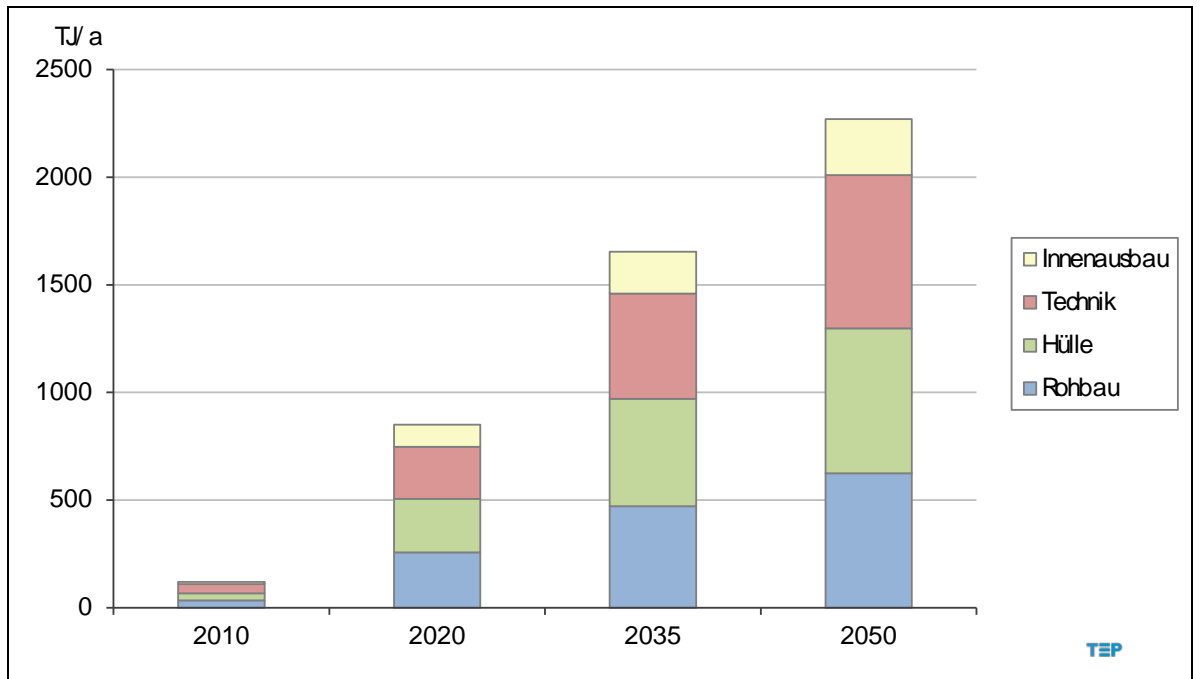


Abbildung 7 Nicht erneuerbare Primärenergie für die Erstellung Gebäudeparks im Zeitablauf bis 2050 im Effizienzzenario aufgeteilt nach Hautgebäudekomponentengruppe

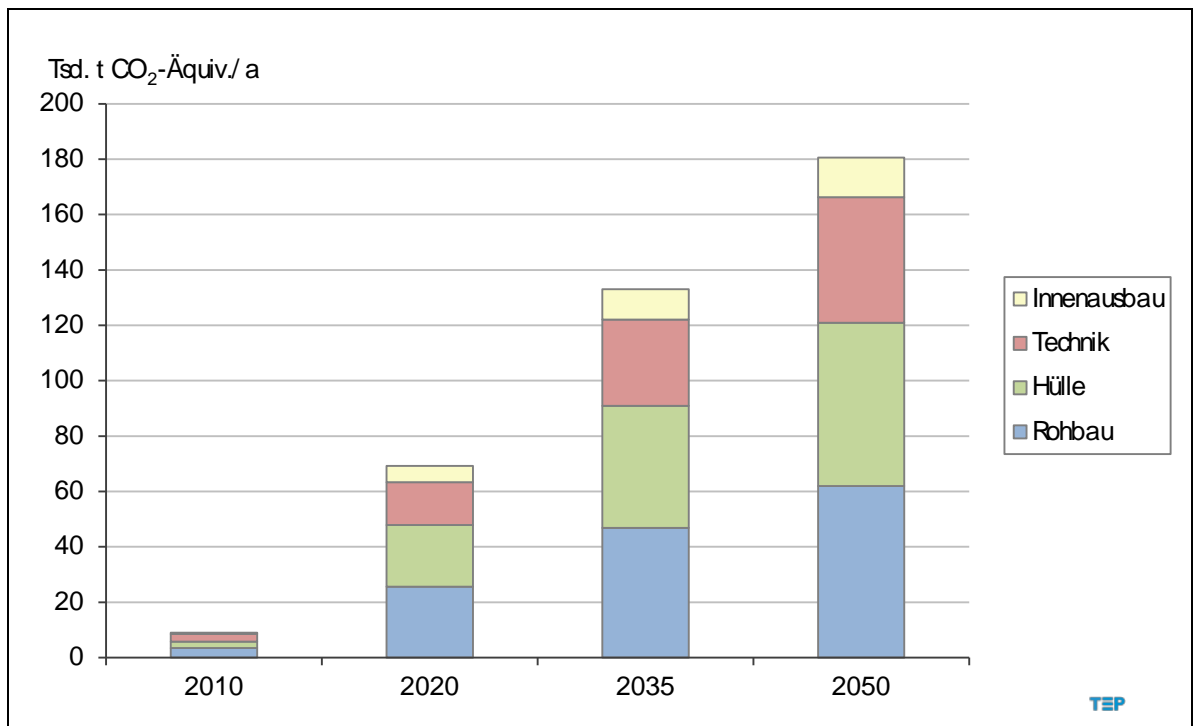


Abbildung 8 Treibhausgasemissionen für die Erstellung des Gebäudeparks im Zeitablauf bis 2050 im Effizienzzenario aufgeteilt nach Hautgebäudekomponentengruppe

Der relative Rückgang des Anteils des Rohbaus lässt sich durch die Dynamik der Neubautätigkeit erklären: In der Periode 2010-2015 beträgt die Neubaufäche rund 3 Mio. m<sup>2</sup> pro Jahr, die Fläche sanierter Gebäude rund 1.7 Mio. m<sup>2</sup> pro Jahr. In der Periode 2045-2050 beträgt die jährliche Neubaufäche noch 0.9 Mio. m<sup>2</sup> pro Jahr, die jährliche Fläche erneuerter Gebäude rund 1.4 Mio. m<sup>2</sup> pro Jahr. Aufgrund des Rückgangs der Neubautätigkeit nimmt der Anteil des Rohbaus am Total ab.

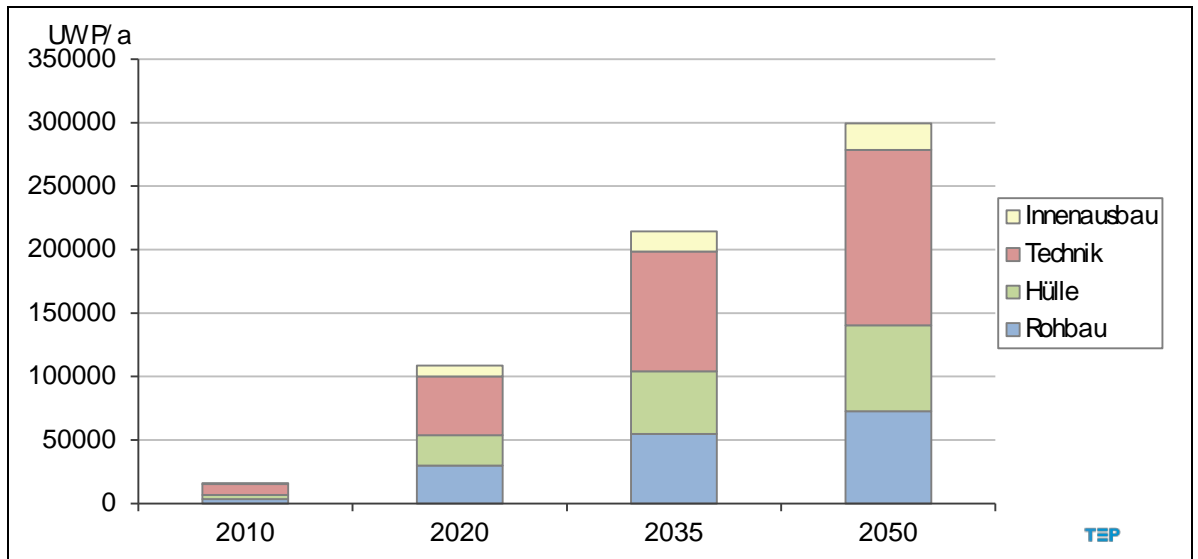


Abbildung 9: Umweltbelastungspunkte der Erstellung im Effizienzscenario, aufgeteilt nach den Hauptkategorien der Gebäudekomponenten

Abbildung 10 zeigt die Anteile der nicht erneuerbaren Primärenergie für Neubau (erstellt zwischen 2010 und 2050) und Erneuerung im Jahr 2050. Der Neubau hat einen Anteil von 58%. Die Gebäudeerneuerung hat einen hohen Anteil von rund 42%, der durch den oben genannten Rückgang der Neubautätigkeit begründet wird. Zu Beginn der Zeitperiode 2010 bis 2050 hat der Neubau einen leicht höheren Anteil von über 60%, dies aufgrund der höheren Neubautätigkeit zu Beginn der Betrachtungsperiode.

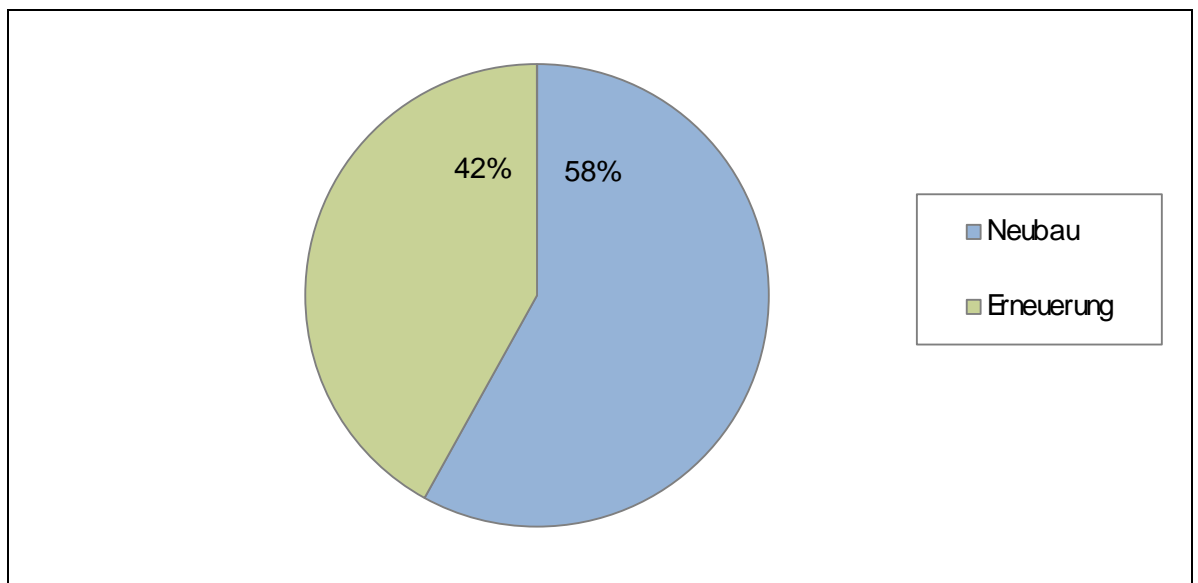


Abbildung 10 Anteil zwischen Neubau (erstellt zwischen 2010 und 2050) und Erneuerung an der nicht erneuerbaren Primärenergie für die Erstellung im Jahr 2050

Abbildung 11 zeigt exemplarisch die nicht erneuerbare Primärenergie der Erstellung des Gebäudeparks im Jahr 2050 für das Effizienzscenario, aufgeteilt nach allen Gebäude-Elementgruppen. Besonders hohe Anteile haben Elementgruppen, deren Materialien hohe spezifische Umweltkennwerte und eine tiefe oder mittlere Lebensdauer haben.

Die Gebäudehülle und im Speziellen die Wandbekleidung hat einen hohen Anteil. Die Gründe dafür sind die im Vergleich zum Rohbau eher tiefe Lebensdauer von rund 50 Jahren und die hohen spezifischen Kennwerte der Dämmmaterialien aus Polystyrol

(EPS oder XPS) und der Aluminiumprofile von hinterlüfteten Fassaden <sup>3</sup>(hinterlüftete Fassaden haben im Nicht-Wohnbereich hohe Anteile). Hohe spezifische Umweltkennwerte und eher tiefe Lebensdauer haben auch die Elemente Flachdach (welches auch die Dachhaut umfasst) und Fenster.

Einen hohen Anteil am Total hat auch die Gebäudetechnik. Die Elemente der Gebäudetechnik (z.B. Elektro oder Sanitär) haben hohe spezifische Kennwerte und eine hohe Erneuerungsrate.

Der Rohbau hat einen verhältnismässig tiefen Anteil. Einerseits sind die Materialien im Rohbau im Vergleich zu den Materialien der Gebäudetechnik oder der Dämmung tendenziell weniger energieintensiv. Andererseits werden die Umweltwirkungen der Erstellung des Rohbaus über eine lange Lebensdauer verteilt.

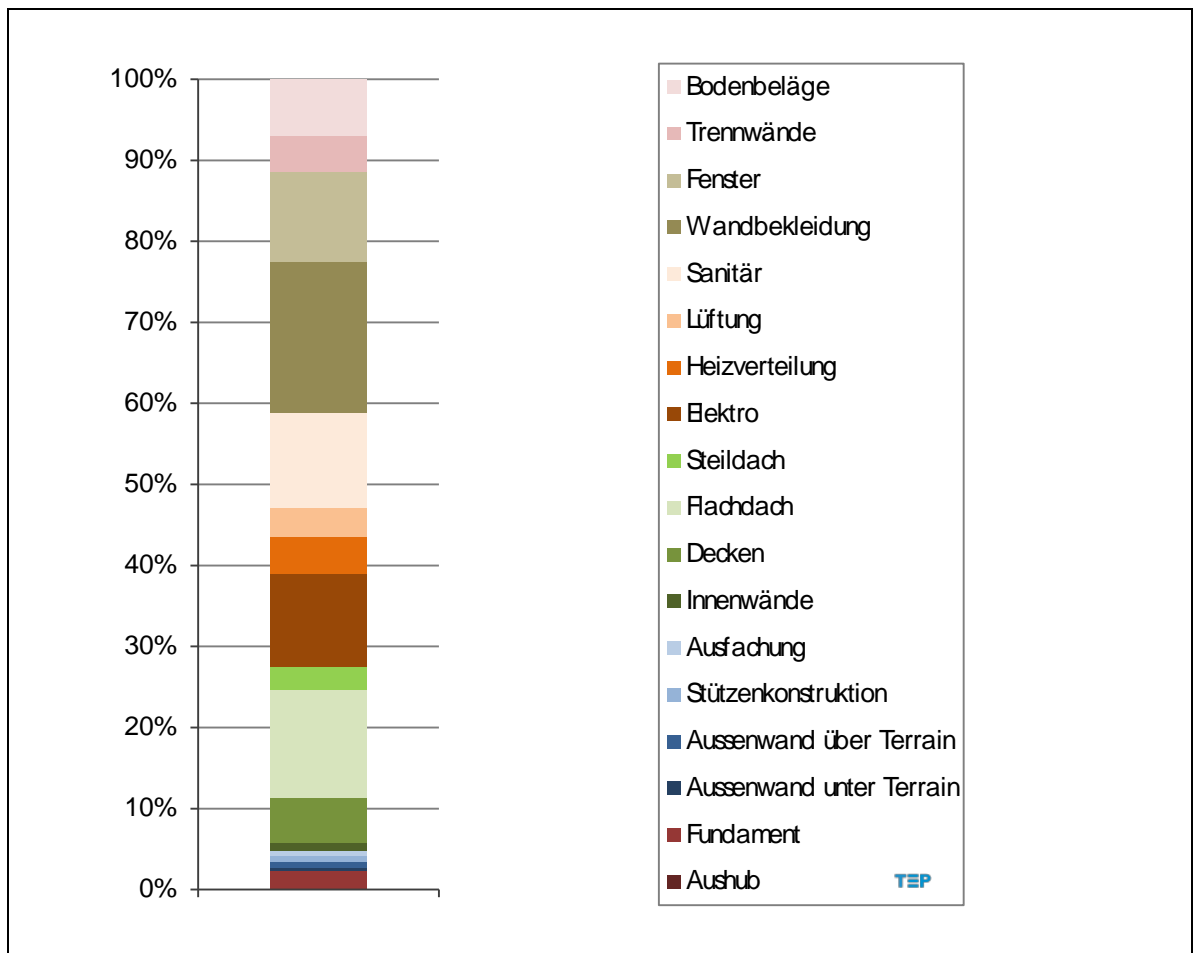


Abbildung 11 Nicht erneuerbare Primärenergie für die Erstellung des Gebäudeparks im Jahr 2050 für das Effizienzscenario (kumulierte seit dem Modellstartjahr 2010 aufgeteilt nach Bauteil).

<sup>3</sup> Zu erwähnen ist, dass die Aluminiumindustrie anmerkt, dass sie mehr als 98% recycelt (v.a. in den westlichen industrialisierten Ländern) und sich dies noch nicht ausreichend in den Ökobilanz-Inventaren widerspiegelt.

### 3.2 Sensitivitätsrechnung: Lebensdauer der Bauteile

Durch eine Sensitivitätsrechnung soll der Einfluss der unterstellten Lebensdauer der Bauteile auf die Resultate aufgezeigt werden. Die Ergebnisswerte der Umweltwirkungen pro Bauteil verhalten sich proportional zu einer Änderung der Lebensdauer. Wie in Kapitel 2.5.4 erläutert, unterscheiden sich in den drei betrachteten Szenarien die Annahmen zur Lebensdauer zu den Werten des SIA Merkblatts 2032<sup>4</sup>. Dies zum einen durch eine differenziertere Definition der Nutzungsdauer nach Bauteiltyp und nach Gebäudenutzung, zum anderen durch eine in der Gebäudeparkbetrachtung generell längere Nutzungsdauer verschiedener Bauteile, im Speziellen des Rohbaus, aber auch einzelner Elemente in den Bereichen Hülle, Technik und Innenausbau. Alle Annahmen zur Lebensdauer sind in Kapitel 6.1 im Anhang dokumentiert. Der Einfluss der Festlegung der Lebensdauer gemäss SIA Merkblatt 2032 wird nachfolgend exemplarisch für die nicht erneuerbare Primärenergie und das Effizienzzenario aufgezeigt.

Bei der Anwendung der Lebensdauer-Kennwerte gemäss SIA Merkblatt 2032 liegt die nicht erneuerbare Primärenergie im Total rund 30% höher (siehe Abbildung 12). Obwohl die Lebensdauer-Kennwerte gemäss den Annahmen in dieser Studie teils deutlich höher liegen als die Lebensdauer gemäss SIA Merkblatt 2032 (z.B. beim Rohbau wird teils eine über doppelt so lange Lebensdauer angenommen), beschränkt sich die Auswirkung auf das Gesamtergebnis auf einen moderate erhöhten Wert von rund 30%. Dies kann mit dem Umstand erklärt werden, dass sich in vielen Bereichen, nicht zuletzt bei der Gebäudetechnik, die Lebensdauer-Annahmen nur sehr geringfügig voneinander unterscheiden. Bei der Gebäudetechnik beträgt die Erhöhung in den Resultatwerten im Jahr 2050 denn auch nur rund 20% und bei der Gebäudehülle rund 15%, also deutlich weniger als beim Total (30%). Beim Rohbau ergibt sich mit einer Erhöhung von rund 50% der grösste Unterschied.

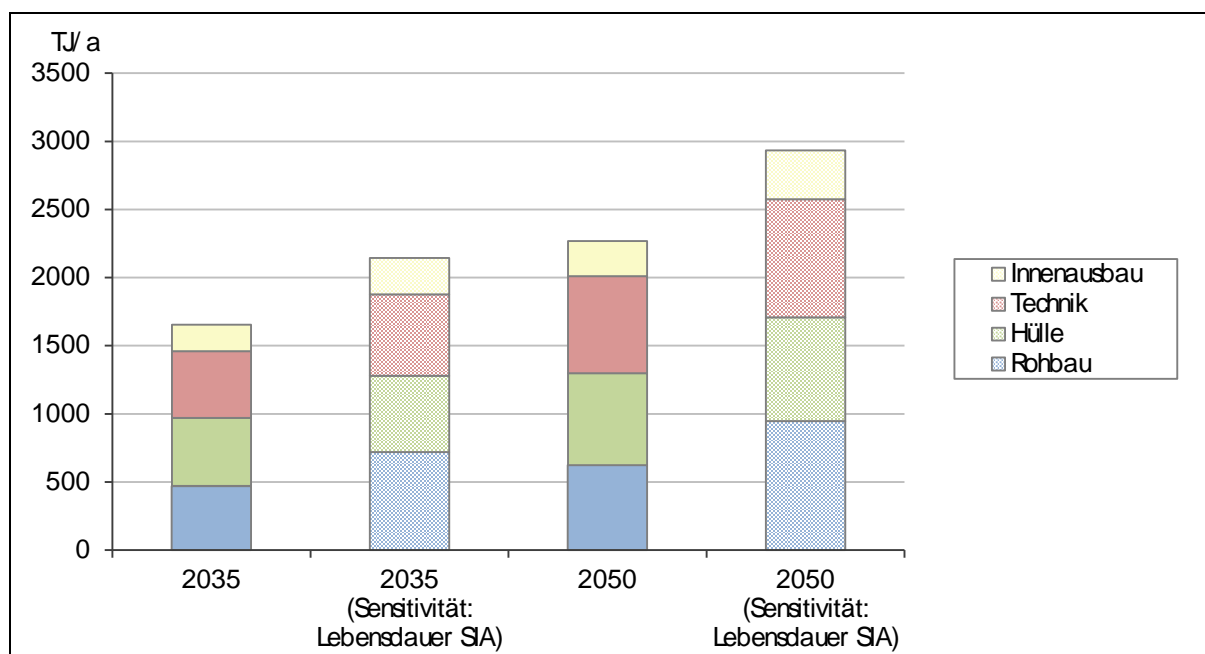


Abbildung 12: Gegenüberstellung der Grauen Energie im Effizienzzenario mit der Grauen Energie im Effizienzzenario unter Anwendung der Lebensdauer<sup>4</sup> gemäss SIA Merkblatt 2032.

<sup>4</sup> Bei den Werten gemäss SIA 2032, Anhang C, handelt es sich um Amortisationszeiten

### 3.3 Vergleich Betrieb versus Erstellung

In diesem Kapitel werden die berechneten Umweltwirkungen der Erstellung dem Betrieb der Gebäude gegenübergestellt. Abbildung 13 bis Abbildung 17 zeigen für verschiedene Ergebnisindikatoren diese Gegenüberstellung für das Referenz- und das Effizienz-szenario.

In der Summe resultiert im Referenzszenario eine Erhöhung der **gesamten** Primärenergie zwischen 2005 und 2050 aus Betrieb und Erstellung von 5%, gegenüber einem nahezu konstanten Wert im Betrieb. Für das Effizienz-szenario ergibt sich bei den entsprechenden Werten eine Reduktion von 43% bzw. 48%. Im Jahr 2050 liegt das Effizienz-szenario rund 48% tiefer als das Referenzszenario, wenn nur der Betrieb betrachtet wird, hingegen 45% bei der Summe aus Betrieb und Erstellung. Damit zeigt sich bei der gesamten Primärenergie ein gewisser, aber nicht sehr entscheidender Betrag des Einbezugs der gesamten Primärenergie der Erstellung.

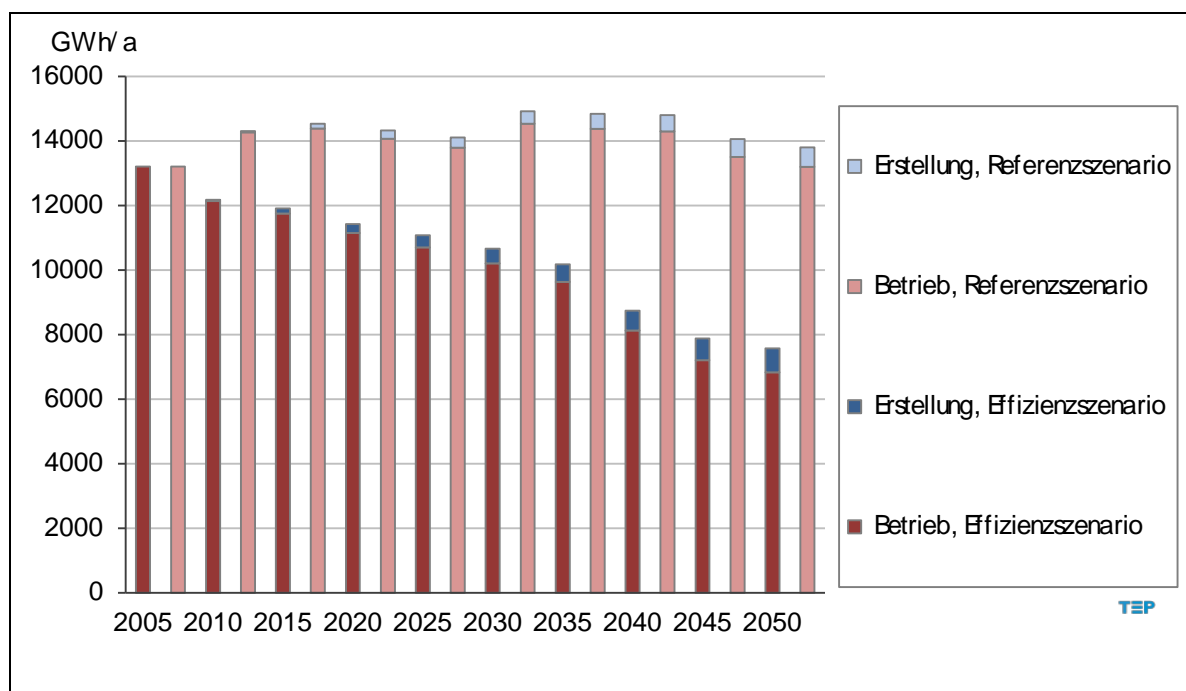


Abbildung 13 Gegenüberstellung der gesamten Primärenergie im Referenz- und im Effizienz-szenario (Betrieb: EK 2050 Effizienz-szenario Variante 2a) für die Erstellung und den Betrieb in den Jahren 2010 bis 2050

Im Falle der **nicht erneuerbaren** Primärenergie sind die Unterschiede zwischen dem Referenz- und dem Effizienz-szenario markanter. Im Referenz-szenario reduzierte sich die nicht erneuerbare Primärenergie durch Erstellung und Betrieb zwischen 2005 und 2050 um 10%, im Betrieb alleine ergibt sich eine Reduktion von 14%. Im Effizienz-szenario ergibt sich eine Reduktion der entsprechenden Werte um 87% respektive um 92% (siehe Abbildung 14). Im Jahr 2050 liegen die Werte im Referenz-szenario um 85% (Betrieb und Erstellung) respektive um 91% (nur Betrieb) tiefer als im Referenz-szenario. Abbildung 15 zeigt diesen Verlauf der nicht erneuerbaren Primärenergie ausgedrückt in Watt pro Einwohner. Die Dauerleistung durch den Betrieb beträgt im Jahr 2050 im Effizienz-szenario rund 250 Watt pro Einwohner und im Referenz-szenario 2700 Watt. Die Dauerleistung durch die Erstellung beträgt im Effizienz-szenario 170 Watt und im Referenz-szenario 135 Watt.

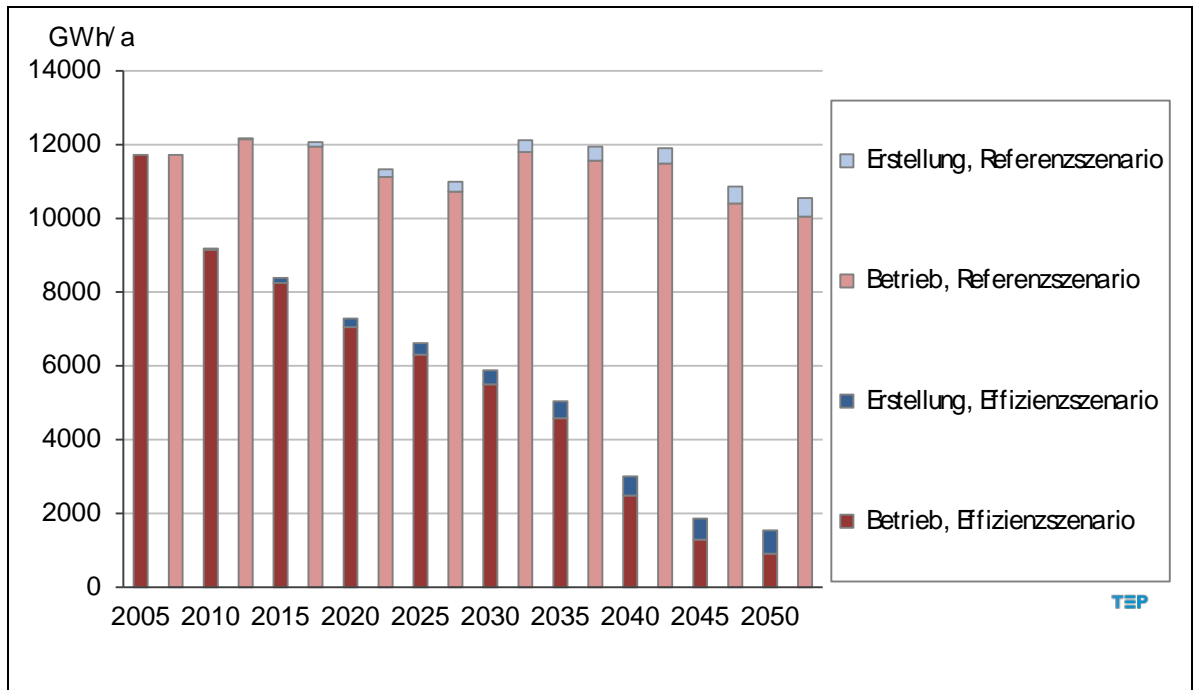


Abbildung 14 Gegenüberstellung der nicht erneuerbaren Primärenergie im Referenz- und im Effizienzscenario (Betrieb: EK 2050 Effizienzscenario Variante 2a) für die Erstellung und den Betrieb in den Jahren 2010 bis 2050

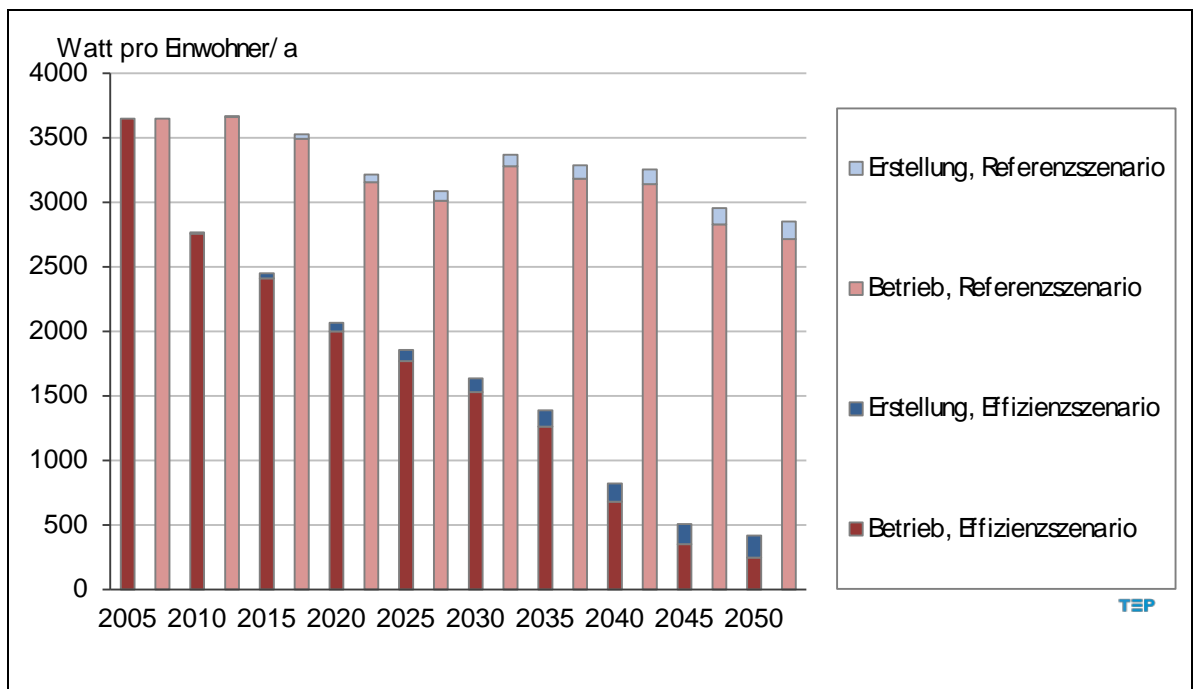


Abbildung 15 Gegenüberstellung der Dauerleistung der nicht erneuerbarer Primärenergie im Referenz- und im Effizienzscenario (Betrieb: EK 2050 Effizienzscenario Variante 2a) für die Erstellung und den Betrieb in den Jahren 2010 bis 2050

Im Vergleich zu den Umweltwirkungen im Betrieb hat die Erstellung im Effizienzscenario besonders bei den Treibhausgasemissionen einen hohen Beitrag. Im Jahr 2050 sind die Treibhausgasemissionen durch die Erstellung im Effizienzscenario beinahe gleich hoch wie die Emissionen durch den Betrieb. Im Referenzscenario sinken die Treibhausgasemissionen zwischen 2005 und 2050 durch Betrieb und Erstellung um 23%, im Betrieb ohne Berücksichtigung der Erstellung um 33%. Im Effizienzscenario sinken die entsprechenden Treibhausgasemissionen um 73%, respektive um 86%. Abbildung 17 zeigt diesen Verlauf der Treibhausgase ausgedrückt in Tonnen pro Einwohner. Die Emissionen durch den Betrieb betragen im Jahr 2050 im Effizienzscenario rund 0.5 Tonnen pro



Einwohner und im Referenzszenario rund 2.3 Tonnen. Die Emissionen der Erstellung betragen im Effizienzzenario 0.43 Tonnen und im Referenzszenario 0.35 Tonnen.

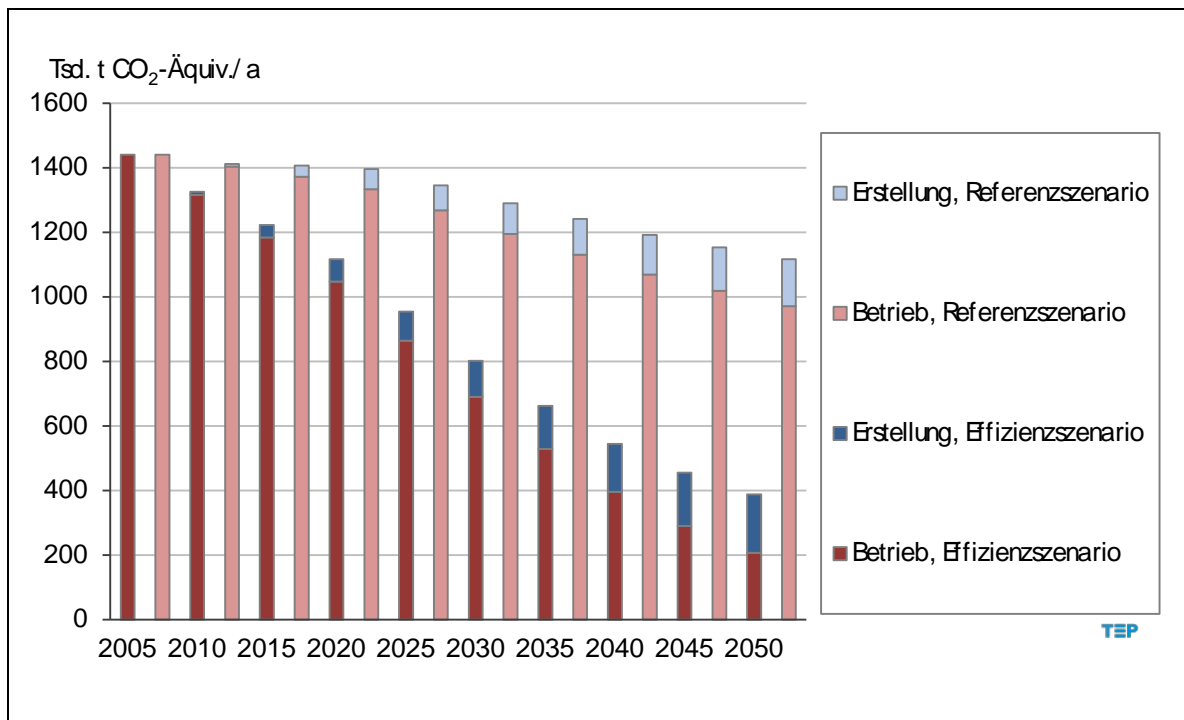


Abbildung 16 Gegenüberstellung der Treibhausgasemissionen durch den Betrieb und durch die Erstellung, im Referenz und im Effizienzzenario (EK 2050 Effizienz-Szenario Var. 2a) für die Jahre 2010 bis 2050

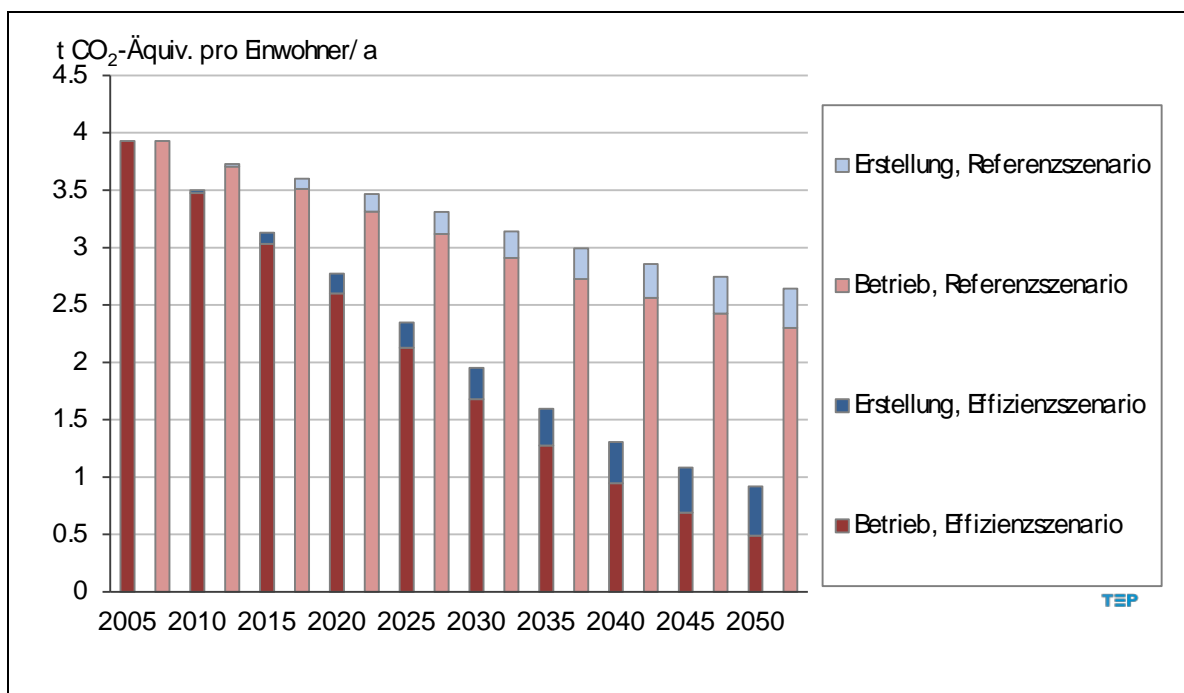


Abbildung 17 Gegenüberstellung der Treibhausgasemissionen pro Einwohner durch den Betrieb und durch die Erstellung, im Referenz und im Effizienzzenario (EK 2050 Effizienz-Szenario Var. 2a) für die Jahre 2010 bis 2050

Beim Betrieb unterschieden sich die Primärenergie und Treibhausgasemissionen zwischen dem Referenz und dem Effizienzzenario markant. Für das Jahr 2050 betragen die Ergebniswerte im Effizienzzenario, aufgrund des vermehrten Einsatzes von erneuerbaren Energien und aufgrund der erhöhten Energieeffizienz, je nach Indikator zwischen rund 10% (nicht erneuerbare Primärenergie) und rund 50% (gesamte Primär-

energie) der Ergebniswerte des Referenzszenarios. Die höhere Energieeffizienz im Betrieb im Effizienzscenario ergibt sich aus einer verbesserten Wärmedämmung und einer höheren Rate an energetischen Erneuerungen. Dies führt zu einem höheren Materialbedarf für Neubau und Erneuerung und resultiert in um rund einen Viertel erhöhten Umweltwirkungen der Erstellung.

Die tieferen Umweltwirkungen im Betrieb werden zwar nur zu einem kleinen Teil durch die erhöhten Werte der Erstellung kompensiert. Die Gegenüberstellung der Umweltwirkungen des Betriebs und der Erstellung zeigt jedoch, dass bei einer umfassenden Umweltbewertung des Gebäudeparks die Wirkung der Erstellung trotzdem berücksichtigt werden sollte, vor allem wenn es um die Definition von und den Vergleich mit Zielwerten geht. Speziell hoch ist Anteil der Erstellung am Total bei den Treibhausgasemissionen (im Effizienzscenario im Jahr 2050 rund 47%, d.h. fast die Hälfte).

Die betrachteten Verläufe berücksichtigen die Flächenentwicklung des Gebäudeparks. Die gesamte Gebäudefläche (im Jahr 2010 34 Mio. m<sup>2</sup>) nimmt im Zeitablauf bis 2050 um 23% zu. Die für die Quantifizierung der Umweltwirkungen der Erstellung berücksichtigte Fläche (Neubau und Erneuerung) summiert sich bis zum Jahr 2050 auf 27 Mio. m<sup>2</sup> und hat somit einen Anteil von fast zwei Drittel an der gesamten Gebäudefläche im Jahr 2050.

## 4 Diskussion und Ausblick

In Kapitel 4 wird der gewählte methodische Ansatz kritisch reflektiert. In Kapitel 4.1 werden Vor- und Nachteile der gewählten Bilanzierungsmethodik und der gewählten Systemgrenzen aufgeführt. In Kapitel 4.2 werden die modelltechnische Implementation aufgezeigt und Weiterentwicklungsmöglichkeiten diskutiert.

### 4.1 Ökobilanz-Methodik und Systemgrenzen

Ein wichtiger Diskussionspunkt beim Festlegen der Systemgrenzen war, ob und wie der bereits bestehende Gebäudebestand zu berücksichtigen ist. Ausgangspunkt war, das Berechnungsmodul der Umweltwirkungen der Erstellung an das bestehende Gebäudeparkmodell der Studie EK 2050 anzuknüpfen, um so die Umweltwirkungen durch die Erstellung den Umweltwirkungen des Betriebs gegenüberzustellen. Daher wurde die Betrachtungsperiode 2010 bis 2050 der Studie EK 2050 übernommen. Als geeignetste Methodik für die zeitliche Allokation wurde das Abschreibungsprinzip gewählt (siehe Kapitel 2.3). Gegenüber dem Investitionsprinzip stellte sich dadurch die Frage, ob der vor dem Startjahr 2010 erstellte Gebäudebestand zu berücksichtigen ist, da gemäss dem Abschreibungsprinzip die Umweltwirkungen über die Nutzungsdauer verteilt werden und somit dem Gebäudebestand des Jahrs 2010 auch zukünftig Umweltwirkungen zugeschrieben werden sollten. Diese Umweltwirkungen wurden aus folgenden Gründen nicht berücksichtigt:

- Die Umweltwirkungen des Bestandes können nicht rückgängig gemacht werden
- Die Bewertung des Bestandes bringt methodische Schwierigkeiten:
  - Die spezifischen Ökobilanzkennwerte gemäss KBOB (2012) stimmen für die Materialien im Bestand möglicherweise nicht, da sich die industriellen Prozesse zur Herstellung von Baumaterialien und damit die assoziierten Umweltwirkungen im Zeitablauf verändert haben.
  - Die durchschnittliche Lebensdauer der Bauteile im Bestand ist schwierig festzulegen, da diese stark von der Bauperiode geprägt ist. Historische Gebäude in der Altstadt haben deutlich längere Lebensdauer als neuere Gebäude in der Agglomeration. Eine Bewertung könnte über eine Kohortenbetrachtung erfolgen, bedingt jedoch eine umfangreiche Modellierung.
- Der Kern dieser Studie war eine Wirkungsabschätzung unterschiedlicher Zukunftsszenarien. Die Bewertung des Bestandes hat für die Aussagekraft dieser Szenarien kaum Bedeutung.

Annahmegemäss werden rund zwei Drittel der Fläche des Gebäudeparks der Stadt Zürich zwischen 2010 und 2050 erneuert oder neu erstellt. Dies ist ein Hinweis, dass die Umweltwirkungen des gesamten Gebäudebestands 2050 in einem steady state rund einen Drittel über den berechneten Resultaten liegen. Dieser hypothetische steady state stellt sich methodisch bedingt jedoch nur ein, wenn keine Neubaupläne hinzukommen.

Das Ausklammern des Bestandes hat auch Nachteile:

- Die Umweltwirkungen starten im Jahr 2010 auf einem sehr tiefen Niveau und steigen kontinuierlich bis zum Jahr 2050. Dieser Verlauf ist methodisch bedingt und ist begrenzt aussagekräftig. Erst der Vergleich verschiedener Szenarien oder die Gegenüberstellung zum Betrieb ermöglichen aussagekräftige Schlussfolgerungen
- Eine umfassende Erhebung der Bedeutung der Umweltwirkungen der Erstellung unter Berücksichtigung der irreversiblen Emissionen der Vergangenheit war nicht Fokus dieser Studie.

In Kapitel 3.1 wurde aufgezeigt, dass der Unterschied bei PE und THG Erstellung zwischen den Szenarien sehr gering ist. Dies weist darauf hin, dass die Auswirkung sich im Zeitablauf verändernden Bauweisen und Baumaterialien eher gering ist, sofern man keine extremen Szenarien betrachtet. Hier stellt sich nun die Frage, ob das grössere Reduktionspotential der Umweltwirkungen der Erstellung beim Sekundärsektor (d.h. bei der energetischen Optimierung der industriellen Prozesse) liegt. Wie gross die Effizienzpotentiale im Gebäudepark durch optimierte industrielle Prozesse bei der Herstellung der Baumaterialien sind, ist Gegenstand noch laufender Studien.

## **4.2 Weiterentwicklung der Modellierungsmethodik**

In Rahmen dieser Studie wurde eine Berechnung der Umweltwirkungen der Erstellung an das Gebäudeparkmodell des EK 2050 angebunden. Die Berechnung erfolgte dabei in einem externen Modul. Die spezifischen Kennwerte wurden über die Energiebezugsfläche und die Gebäudegeometrien mit dem Mengengerüst des GPM verknüpft, um so die Dynamik der Erneuerungszyklen und den Neubau von Gebäudeelementen aus dem EK 2050 zu übernehmen (siehe Kapitel 2.5). Für die Berechnung der Umweltwirkungen der Erstellung wurden im Vergleich zum EK 2050 zusätzliche Gebäudeelemente berücksichtigt (Gebäudetechnik, Innenwände und Bodenbeläge), für welche ein eigenes Mengengerüst und Erneuerungsraten definiert wurden.

Die Umweltwirkungen wurden dabei pro Bauteil und aggregiert nach Gebäudekohorte berechnet, damit sie an das bestehende Gebäudeparkmodell angebunden werden konnten. Die derzeit bei TEP initiierte Weiterentwicklung des Gebäudeparkmodells führt zu einer gebäude-scharfen Modellierung basierend auf einem Discrete Choice Modell (DCM) anstelle von einer Kohortenmodellierung. Das DCM modelliert gebäude-scharf die Entscheidung für oder wider Erneuerungsmassnahmen und Heizsystemersatz. Bei einer routinemässigen Integration (d.h. nicht als externes Modul) ins GPM mit gebäude-scharfer Auflösung würde auch die Wahl der Baumaterialien und Konstruktionstypen beim Umbau und bei Neubauten in jedem Jahr und für jedes Gebäude mittels eines DCM berechnet werden. Dadurch könnte eine breitere Bandbreite an Baumaterialien und Gebäudeelemente abgebildet werden. Dies würde bedeuten, dass für die im EK 2050 nicht enthaltenen Gebäudeelemente, sowie für die Unterkategorien der bereits enthaltenen Elemente (die Differenzierung nach Baumaterial) neue Nutzenfunktionen definiert werden müssten. Die Integration des Moduls Umweltwirkungen der Erstellung direkt in das DCM würde dann eine einfachere und flexiblere Modellierung mit einer höheren Auflösung ermöglichen. Zusätzliche Wahlmöglichkeiten oder Determinanten der Nutzenfunktion lassen sich schneller integrieren und durch die gebäude-scharfen Modellierung lassen sich die Resultate flexibel aggregieren, wodurch sich unterschiedlichste Fragestellungen beantworten lassen.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Banfi S, Farsi M, Jakob M (2012). "An Analysis of Investment Decisions for Energy-Efficient Renovation of Multi-Family Buildings. CEPE, ETH Zürich und TEP Energy i. A. von CCEM, Bundesamt für Energie und den Kantonen BL TG und ZH und der Stadt Zürich. Zürich, April.
- [2] Bébié B., Gugerli H., Püntener T. W., Lenzlinger M., Frischknecht R., Hartmann C., Hammer S. (2009). Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft, LSP 4 - "Nachhaltige Stadt Zürich - auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft", Im Auftrag der Stadt Zürich, EnergieSchweiz für Gemeinden, Bundesamt für Energie, Zürich.
- [3] CRB (2009). „SN 506 511 Baukostenplan Hochbau“. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich.
- [4] CRB (2011). Energiekennwerte Elementarten Katalog. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich.
- [5] Filippini, M., Bfanfi, S., and Ramseier, C. (2011). „Erneuerung von Einfamilienhäusern; Eine mikroökonomische Analyse für ausgewählte Schweizer Kantone - Schlussbericht“. Im Auftrag Bundesamt für Energie, Bern.
- [6] Heeren N., Jakob M., Martius G., Gross N., Wallbaum H. (2013). „A component based bottom-up building stock model for comprehensive environmental impact assessment and target control.“ Renewable and Sustainable Energy Reviews 20 (2013), DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.064>: pp. 45–56.
- [7] Jakob M. , Flury K., Gross N., Martius G., Sunarjo B. (2013). „Konzept Energieversorgung 2050 für die Stadt Zürich.“ Im Auftrag der Stadt Zürich, Departement der Industriellen Betriebe, Zürich.
- [8] Jakob M, Ott W., Berleth H., Bolliger R., Bade S., Karlegger A., Jaberger A. (2013). „Erneuerungstätigkeit und Erneuerungsmotive bei Wohn- und Bürobauten.“ Im Auftrag Energieforschung Stadt Zürich, Zürich.
- [9] KBOB (2012). Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren. Empfehlungen. 2009/1: „Ökobilanzdaten im Baubereich.“ Bern.
- [10] Rubli S., Gugerli H., Schneider M. (2009) „Ressourcenstrategie Bauwerk Stadt Zürich. Materialflüsse und Energiebedarf bis 2050.“ Im Auftrag der Stadt Zürich, Zürich.
- [11] SIA (2010). „Graue Energie von Gebäuden“, Merkblatt 2032. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich.
- [12] Wallbaum H., Jakob M., Heeren N., Gross N., Martius G. (2010). „Gebäudeparkmodell – Büro-, Schul- und Wohngebäude – Vorstudie zur Erreichbarkeit der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft für den Gebäudepark der Stadt Zürich.“ ETH Zürich und TEP Energy, im Auftrag Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle nachhaltiges Bauen, Zürich.
- [13] Wüest und Partner (2012). „Immo-Monitoring.“ Zürich

# 6 Anhang

## 6.1 Input Tabelle: Lebensdauer Bauteile

Elementgruppe	Bezeichnung nach BKP	Element	Lebenszyklus	Lebenszyklus	WHE	WHM	WHU	UBR	BUR	HVK	HRH	HRR	SCV	SCH	SHS	SHH
					gemäss SIA 2032	gemäss ETH/TEP	Wohnen EFH	Wohnen MFH	Wohnen Übrige	Übrige	Büro	Handel, Verkauf	Hotel	Restaurant	Volkschule	Hochschule
<b>B Vorbereitung</b>																
B 6.2	Aushub nicht kontaminiert		60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
<b>C Konstruktion Gebäude</b>																
C 1	Fundament		60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
C 2.1(A)	Aussenwand unter Terrain	Betonwand	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
C 2.1(B)	Aussenwand über Terrain		60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Mauerwerkswand KS	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Mauerwerkswand Backstein	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holz wand	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
C 2.2	Innenwandkonstruktion	Betonwand	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Mauerwerkswand KS	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Mauerwerkswand Backstein	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holz wand	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
C 3	Stützenkonstruktion	Betonskelettbau	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Stahlskelettbau	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holz skelettbau	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
	Ausfachung (bei Skelettbau)	Stein	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Beton	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holz	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
		Stahl	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
C 4.1	Decke	Betondecken	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holzdecken	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holz-Beton Verbunddecken	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
C 4.4(A)	Flachdachkonstruktion	Betontragwerk	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Stahltragwerk	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holztragwerk	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
		Dampfbremse und Dichtungsb	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
C 4.4(B)	geneigte Dachkonstruktionen	Stahltragwerk	60	200	200	200	200	200	100	70	70	70	100	70	70	100
		Holztragwerk	60	100	100	100	100	100	100	70	70	70	100	70	70	100
<b>D 0 Technik Gebäude</b>																
D 1	Elektroanlage	Elektroanlagen, tiefer Installati	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Elektroanlagen, mittlerer Instal	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Elektroanlagen, hoher Installat	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Bodenheizung	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Radiator	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
D 7	Lufttechnische Anlage	Wohnen	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		DL	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
D 8	Wassertechnische Anlage	Wohnen	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		DL	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>E äussere Wandbekleidung Gebäude</b>																
E 1	äussere Wandbekleidung unt	Wanddämmung	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Bodendämmung	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
E 2.1	äussere Wandbekleidung übe	VerputzteVerbund-Fassade	30	30	30	30	0	30	30	30	30	30	30	30	30	30
E 2.2		Hinterlüftete Betonelemente	40	40	50	50	0	50	40	30	40	30	50	50	40	50
		Glas/Metall Fassade	40	40	50	50	0	50	40	30	40	30	50	50	40	50
		Hinterlüftete Holzelemente	40	40	50	50	0	50	40	30	40	30	50	50	40	50
		Hinterlüftete Natursteine	40	40	50	50	0	50	40	30	40	30	50	50	40	50
		Hinterlüftete Metallverkleidung	40	40	50	50	0	50	40	30	40	30	50	50	40	50
		Zweischalen Mauerwerk	40	40	50	50	0	50	40	30	40	30	50	50	40	50
		weiche Dämmung	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Schüttdämmung	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		trittfeste Dämmung	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
E 3.1	Fenster	Holzfenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Kunststofffenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Metallfenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Holz-Metallfenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>F 0 Bedachung Gebäude</b>																
F 1.2	Dachhaut Flachdach	Platten	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Metall	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Bitumen/Plastikdachbahn	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Begrünt	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Dämmung Dach trittfest	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
F 1.3	Dachhaut geneigtes Dach	Platten/ Ziegel	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Metall	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Dämmung weich	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
<b>G 0 Ausbau Gebäude</b>																
G 1	Trennwand nicht tragend	Holz	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Alu/ GK	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		mittelschwer	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		schwer	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
G 2	Bodenbelag	Holz/Parkett	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Stein/Keramik	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Kunststoff	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		Industrieböden	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Textil	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Abbildung 18: Lebenddauer der Bauteile gemäss SIA 2032 gemäss den Autoren für die wichtigsten Gebäudetypen

## 6.2 Input Tabelle: Gebäudegeometrie

Gebäudegeometrie	Gebäudegeometrie		Fenster		Stützenkonstr		Ausfachung		Ausseiwand üb		Trennwände		Innenwände		Flachdach		Steildach		Aushub		Fundament		Decken		Ausseiwand un		Wandbekleidun		Bodenbeläge		Heizverteilung		Lüftung		Sanitär		Elektro		
			Einheit:	m2/m2	m3/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	m2/m2	
			GT	A/EBF	V/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF	A/EBF
BP1BUR	BP1	BUR	0.15	0.020	0.74	0.74	0.59	0.39	0.20	0.29	0.60	0.20	1.03	0.19	0.74	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	0.19	0.74	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP2BUR	BP2	BUR	0.12	0.021	0.59	0.59	0.76	0.51	0.23	0.32	0.72	0.23	1.17	0.16	0.59	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17	0.16	0.59	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP3BUR	BP3	BUR	0.19	0.023	0.48	0.48	0.81	0.54	0.21	0.30	1.03	0.21	1.26	0.22	0.48	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.26	0.22	0.48	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP4BUR	BP4	BUR	0.24	0.032	0.37	0.37	1.31	0.87	0.24	0.34	1.63	0.24	1.55	0.23	0.37	1.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.55	0.23	0.37	1.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP5BUR	BP5	BUR	0.22	0.029	0.34	0.34	1.21	0.81	0.25	0.35	1.48	0.25	1.42	0.20	0.34	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.42	0.20	0.34	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
NBBUR	NB	BUR	0.18	0.027	0.24	0.24	1.18	0.78	0.24	0.34	1.28	0.24	1.31	0.13	0.24	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.31	0.13	0.24	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP1HRH	BP1	HRH	0.20	0.025	0.72	0.72	0.76	0.50	0.22	0.32	0.70	0.22	1.25	0.18	0.72	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	0.18	0.72	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP2HRH	BP2	HRH	0.19	0.027	0.71	0.71	0.92	0.62	0.23	0.32	0.79	0.23	1.19	0.17	0.71	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.19	0.17	0.71	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP3HRH	BP3	HRH	0.16	0.034	0.68	0.68	1.33	0.89	0.19	0.27	1.38	0.19	1.42	0.22	0.68	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.42	0.22	0.68	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP4HRH	BP4	HRH	0.14	0.034	0.61	0.61	1.39	0.93	0.19	0.26	1.38	0.19	1.46	0.19	0.61	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.46	0.19	0.61	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP5HRH	BP5	HRH	0.13	0.039	0.53	0.53	1.70	1.13	0.21	0.29	2.48	0.21	1.75	0.30	0.53	1.57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.48	0.30	0.53	1.57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
NBHRH	NB	HRH	0.12	0.034	0.49	0.49	1.49	1.00	0.21	0.30	1.76	0.21	1.50	0.21	0.49	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.76	0.21	0.49	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP1HRR	BP1	HRR	0.16	0.029	0.94	0.94	0.81	0.54	0.34	0.48	0.84	0.34	1.33	0.25	0.94	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.33	0.25	0.94	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP2HRR	BP2	HRR	0.09	0.026	0.61	0.61	0.90	0.60	0.50	0.71	1.03	0.50	1.11	0.21	0.61	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.11	0.21	0.61	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP3HRR	BP3	HRR	0.06	0.025	0.60	0.60	0.84	0.56	0.60	0.85	1.57	0.60	0.90	0.32	0.60	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.57	0.32	0.60	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP4HRR	BP4	HRR	0.07	0.030	0.60	0.60	0.89	0.59	0.56	0.79	2.15	0.56	0.86	0.55	0.60	0.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.15	0.55	0.60	0.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP5HRR	BP5	HRR	0.05	0.016	0.38	0.38	0.63	0.42	0.66	0.93	0.00	0.66	0.22	0.00	0.38	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.00	0.38	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
NBHRR	NB	HRR	0.06	0.030	0.47	0.47	1.15	0.77	0.54	0.76	1.94	0.54	1.08	0.30	0.47	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08	0.30	0.47	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP1HVK	BP1	HVK	0.08	0.022	0.38	0.38	0.93	0.62	0.54	0.76	1.01	0.54	0.75	0.15	0.38	0.68	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	0.15	0.38	0.68	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP2HVK	BP2	HVK	0.06	0.019	0.28	0.28	0.81	0.54	0.53	0.75	0.85	0.53	0.57	0.10	0.28	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.10	0.28	0.51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP3HVK	BP3	HVK	0.05	0.021	0.29	0.29	0.85	0.56	0.58	0.82	1.54	0.58	0.58	0.21	0.29	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.54	0.21	0.29	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP4HVK	BP4	HVK	0.05	0.024	0.25	0.25	1.12	0.74	0.60	0.85	1.67	0.60	0.64	0.15	0.25	0.57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.67	0.15	0.25	0.57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP5HVK	BP5	HVK	0.05	0.018	0.27	0.27	0.80	0.53	0.63	0.89	0.85	0.63	0.29	0.10	0.27	0.26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	0.10	0.27	0.26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
NBHVK	NB	HVK	0.05	0.022	0.22	0.22	1.00	0.67	0.37	0.52	1.52	0.37	0.74	0.14	0.22	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.52	0.14	0.22	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP1IGL	BP1	IGL	0.06	0.027	0.73	0.73	0.93	0.62	0.60	0.84	0.94	0.60	1.10	0.20	0.73	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.20	0.73	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP2IGL	BP2	IGL	0.02	0.024	0.66	0.66	0.50	0.50	0.71	0.92	0.50	0.66	0.22	0.66	0.66	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.22	0.66	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP3IGL	BP3	IGL	0.06	0.029	0.57	0.57	0.99	0.66	0.57	0.80	1.55	0.57	0.66	0.29	0.57	0.59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.55	0.29	0.57	0.59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP4IGL	BP4	IGL	0.04	0.022	0.49	0.49	0.79	0.52	0.55	0.78	1.49	0.55	0.34	0.32	0.49	0.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.49	0.32	0.49	0.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP5IGL	BP5	IGL	0.05	0.026	0.57	0.57	1.02	0.68	0.56	0.79	1.36	0.56	0.54	1.02	0.48	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.36	1.02	0.48	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
NBIGL	NB	IGL	0.04	0.020	0.48	0.48	0.76	0.51	0.42	0.59	0.96	0.42	0.42	0.18	0.48	0.38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.18	0.48	0.38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP1KSKÜ	BP1	KSKÜ	0.06	0.027	0.81	0.81	0.94	0.63	0.49	0.69	0.92	0.49	0.77	0.21	0.81	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.21	0.81	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
BP2KSKÜ	BP2	KSKÜ	0.04	0.027	0.62	0.62	1.06	0.70	0.54	0.76	1.19	0.54	0.76	0.21	0.62	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.19	0.21	0.62	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
BP3KSKÜ	BP3	KSKÜ	0.05	0.027	0.68	0.68	0.89	0.59	0.55																														





Konstruktionsweisen - Neubau			Ref. SZ			Eff. Sz.			Oko. Sz.			100%			100%			100%			100%			100%			100%			100%		
Haupt Elementgr	Bezeichnung nach BKP	Element	Quelle	Generisch	2010	2050	2050	2050	2010	2050	2050	2050	2010	2050	2050	2050	2010	2050	2050	2050	2010	2050	2050	2050	2010	2050	2050	2050	2010	2050	2050	2050
B	6.2	Vorbereitung			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
C	1	Konstruktion Gebäude			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	C 2.1(A)	Aussenwand unter Terrain			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	C 2.1(B)	Aussenwand über Terrain	Betonwand	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					50%	20%	20%	40%	22%	21%	21%	20%	8%	9%	7%	35%	15%	15%	30%	15%	15%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	
			Mauerwerkswand KS	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					20%	20%	20%	20%	21%	21%	21%	17%	9%	7%	4%	4%	4%	2%	15%	15%	11%	11%	11%	11%	11%	11%		
			Mauerwerkswand Backstein	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					20%	20%	20%	20%	21%	21%	21%	17%	9%	7%	5%	3%	13%	13%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%		
			Holz wand	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					9%	9%	15%	15%	4%	4%	8%	0%	0%	0%	14%	2%	2%	2%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%		
	C 2.2	Innenwandkonstruktion	Betonwand	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					50%	30%	40%	40%	52%	52%	50%	50%	76%	74%	75%	64%	68%	64%	68%	64%	68%	64%	68%	64%	68%	64%		
			Mauerwerkswand KS	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					20%	20%	20%	20%	21%	21%	21%	17%	9%	7%	4%	2%	15%	15%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%		
			Mauerwerkswand Backstein	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					20%	20%	20%	20%	21%	21%	21%	17%	9%	7%	5%	3%	13%	13%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%		
			Holz wand	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					10%	10%	20%	20%	6%	6%	16%	6%	6%	12%	16%	31%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%		
	C 3	Stützenkonstruktion	Betonskelettbau	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					0%	0%	0%	0%	30%	30%	30%	62%	62%	61%	35%	30%	30%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%		
			Stahlskelettbau	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	6%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%		
			Holz skelettbau	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					1%	1%	5%	5%	2%	2%	2%	8%	8%	9%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%		
		Ausfachung (bei Skelettbauweise)	Stein	Funktion von C3, gemäss Tabelle 3					0%	0%	0%	0%	45%	45%	37%	40%	36%	40%	33%	44%	44%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%		
			Beton	Funktion von C3, gemäss Tabelle 3					0%	0%	0%	0%	47%	47%	38%	43%	38%	43%	34%	46%	46%	39%	39%	39%	39%	39%	39%	39%	39%	39%		
			Holz	Funktion von C3, gemäss Tabelle 3					100%	100%	100%	100%	8%	8%	25%	10%	25%	6%	25%	6%	25%	6%	25%	6%	25%	6%	25%	6%	25%	6%		
			Stahl	Funktion von C3, gemäss Tabelle 3					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	6%	10%	8%	5%	8%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%		
	C 4.1	Decke	Betondecken	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					81%	81%	64%	85%	85%	67%	85%	70%	76%	76%	55%	86%	86%	69%	69%	69%	69%	69%	69%	69%	69%	69%		
			Holzdecken	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					12%	12%	20%	9%	9%	18%	9%	15%	15%	27%	8%	8%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%		
			Holz-Beton Verbunddecken	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					8%	8%	16%	7%	7%	15%	9%	14%	9%	18%	6%	6%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%			
	C 4.4(A)	Flachdachkonstruktion	Betontragwerk	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					29%	29%	32%	69%	69%	67%	69%	70%	60%	55%	73%	73%	71%	71%	71%	71%	71%	71%	71%	71%	71%			
			Stahltragwerk	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	4%	3%	2%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%			
			Holztragwerk	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					3%	3%	8%	4%	4%	13%	5%	10%	12%	26%	3%	3%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%			
	C 4.4(B)	geneigte Dachkonstruktionen	Stahltragwerk	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					31%	31%	24%	13%	13%	8%	11%	7%	11%	5%	10%	10%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%			
			Holztragwerk	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					37%	37%	36%	14%	14%	12%	11%	11%	8%	13%	10%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%			
D		Technik Gebäude																														
	D 1	Elektroanlage	eigene Annahmen						60%	55%	45%	45%	60%	55%	45%	45%	30%	20%	10%	10%	60%	55%	45%	45%	30%	20%	10%	10%	10%			
			eigene Annahmen						20%	25%	30%	30%	20%	25%	30%	30%	50%	55%	40%	40%	20%	25%	30%	30%	50%	55%	40%	40%	40%			
			eigene Annahmen						20%	20%	25%	25%	20%	20%	25%	20%	25%	50%	50%	20%	20%	25%	25%	20%	25%	50%	50%	50%				
			Wärmeverteilung Bodenheizung	eigene Annahmen					80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%			
			Wärmeverteilung Radiator	eigene Annahmen					20%	20%	20%	5%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%				
	D 7	Lufttechnische Anlage	Input, auf Basis GPM	eigene Annahmen					10%	45%	85%	85%	10%	45%	90%	90%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				
			Input, auf Basis GPM	eigene Annahmen					0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	80%	95%	30%	45%	55%	65%	70%	75%	75%	75%					
	D 8	Wasserrechtliche Anlage	Sanitäranlage	eigene Annahmen					100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				
			eigene Annahmen						0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
E		äussere Wandbekleidung Gebäude																														
	E 1	äussere Wandbekleidung unter Terrain	Dämmung Boden (EPS)	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
			Verputzte Verbund-Fassade	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					74%	74%	4%	52%	48%	20%	48%	20%	48%	40%	35%	40%	35%	40%	35%	40%	35%	40%	35%					
	E 2.1	äussere Wandbekleidung über Terrain	Hinterlüftete Betonelemente	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					9%	9%	7%	19%	19%	22%	34%	25%	25%	25%	28%	28%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%					
	E 2.2		Glas/Metall Fassade	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					0%	0%	0%	0%	6%	2%	14%	4%	9%	9%	2%	11%	11%	3%	3%	3%	3%	3%						
			Hinterlüftete Holzelemente	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					9%	9%	17%	9%	9%	19%	26%	19%	25%	15%	15%	12%	12%	22%	22%	22%	22%	22%						
			Hinterlüftete Natursteine	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					4%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	3%	2%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%						
			Hinterlüftete Metallverkleidungen	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					0%	0%	0%	3%	3%	2%	7%	4%	5%	5%	2%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%						
			Zweischalen Mauerwerk	Funktion von C2.1, C3, gemäss Tabelle 3					4%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	6%	3%	3%	3%	5%	5%	5%	5%	5%	5%							
			weiche Dämmung	Funktion zu E 2.2, gemäss Tabelle					63%	63%	58%	44%	44%	39%	17%	13%	36%	34%	34%	29%	29%	24%	24%	24%	24%	24%						
			Schüttdämmung	Funktion zu E 2.2, gemäss Tabelle					2%	2%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%							
			triffteste Dämmung	Funktion zu E 2.2, gemäss Tabelle					35%	35%	40%	53%	53%	59%	81%	84%	63%	63%	65%	69%	69%	73%	73%	73%	73%							
	E 3.1	Fenster	Holzfenster	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					21%	21%	15%	8%	8%	25%	25%	13%	13%	13%	52%	52%	52%	52%	52%	52%	52%							
			Kunststofffenster	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					38%	38%	39%	45%	45%	45%	8%	8%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%							
			Metallfenster	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					6%	6%	7%	5%	5%	5%	42%	42%	14%	14%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%							
			Holz-Metallfenster	Immo-Monitoring, eigene Annahmen					35%	35%	39%	42%	42%	42%	25%	25%	68%	68%	68%	19%	19											

## 6.4 Input Tabelle: Umweltkennwerte

Umweltkennwerte					Referenz					Effizienz			
Haupt-Elementgr	Bezeichnung nach BKP	Element	Anmerkungen	Datenquelle/Annahme	UBP	PE total	GE	THG	Bezugsgrösse	UBP	GE	THG	
					Punkte/Bezug	MJ/Bezug	MJ/m2	Kg Co2-Eq/m2		Punkte/m2	MJ/m2	Kg Co2-Eq	
<b>B Vorbereitung</b>													
B 6.2	Aushub nicht kontaminiert			EAK, B6.2, S.17	665	8		8	1 pro m3 Bauteil	665	8	8	1
<b>C Konstruktion Gebäude</b>													
C 1	Fundament			EAK, C1.3, S32	261094	2594	1799	148	pro m2 Bauteil	261094	2594	1799	148
C 2.1(A)	Aussenwand unter Terrain		Ohne Bekleidung nach E1	EAK, C2.1, S46	81649	655	523	66	pro m2 Bauteil	81649	655	523	66
C 2.1(B)	Aussenwand über Terrain	Betonwand	Ohne Bekleidung nach E2	EAK S48	100054	778	640	82	pro m2 Bauteil	100054	778	640	82
		Mauerwerkswand KS	Ohne Bekleidung nach E2	entspricht Innenwand mit Faktor 2 da dicker (240 mm)	50921	578	527	53	pro m2 Bauteil	50921	578	527	53
		Mauerwerkswand Backstein	Ohne Bekleidung nach E2	EAK, S52	58106	893	811	78	pro m2 Bauteil	58106	893	811	78
		Holz wand	Ohne Bekleidung nach E2	KBOB: Berechnung via Kennwert Baustoff Holz (Kennwert pro K)	58950	1856	254	10	pro m2 Bauteil	58950	1856	254	10
C 2.2	Innenwandkonstruktion	Betonwand	hier nur tragende Elemente, nichttrage	EAK, C2.2, S 54	30598	370	346	43	pro m2 Bauteil	30598	370	346	43
		Mauerwerkswand KS	hier nur tragende Elemente, nichttrage	EAK, C2.2, S 60	25460	289	264	27	pro m2 Bauteil	25460	289	264	27
		Mauerwerkswand Backstein	hier nur tragende Elemente, nichttrage	EAK, C2.2, S56	23740	376	342	32	pro m2 Bauteil	23740	376	342	32
		Holz wand	hier nur tragende Elemente, nichttrage	KBOB: Berechnung via Kennwert Baustoff Holz (Kennwert pro K)	39300	1237	169	7	pro m3 Bauteil	39300	1237	169	7
C 3	Stützenkonstruktion	Betonskelettbau		Wert für 1 m3 Betonwand	408245	3273	2613	330	pro m3 Bauteil	408245	3273	2613	330
		Stahlskelettbau		Wert für 1 m3 Stahl, EAK, S 47	19124100	110263	106245	5533	pro m3 Bauteil	19124100	110263	106245	5533
		Holzskellettbau		Wert für 1 m3 Stütze (Brettschichtholz, EAK S 69)	600612	16827	4409	282	pro m3 Bauteil	600612	16827	4409	282
	Ausfachung (bei Skelettbauweise)	Stein	Mauerwerk	Entspricht Aussenwand Backstein	58106	893	811	78	pro m2 Bauteil	58106	893	811	78
		Beton	Fertigelement	Entspricht Mauerwerk Beton mit Faktor 0.8 (da dünner)	80043	623	512	65	pro m2 Bauteil	80043	623	512	65
		Holz	Holzständerwerk (10%) mit Gefachdäm	Entspricht Holz wand	39300	1237	169	7	pro m2 Bauteil	39300	1237	169	7
		Stahl	Sandwichelemente (Alu, Stahl etc.)	Entspricht Trennwand Alus (Gipsfaserplatte)	77500	555	527	32	pro m2 Bauteil	77500	555	527	32
C 4.1	Decke	Betondecken	ohne Fussbodenbeläge nach G2	EAK, C4.1, S72	78644	565	489	56	pro m2 Bauteil	78644	565	489	56
		Holzdecken	ohne Fussbodenbeläge nach G2	EAK, C4.1, S82	161125	4654	969	59	pro m2 Bauteil	161125	4654	969	59
		Holz-Beton Verbunddecken	ohne Fussbodenbeläge nach G2	entspricht 50% Holzdecke und 50% Betondecke	119844	2609	729	57	pro m2 Bauteil	119844	2609	729	57
C 4.4(A)	Flachdachkonstruktion	Betontragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.2	D01 Betondecke gemäss Bauteilkatalog, 22cm, nur Decke ohne	106487	752	667	173	pro m2 Bauteil	106487	752	667	173
		Stahltragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.2	D04 Trapezblechdecke gemäss Bauteilkatalog,	250197	1087	1029	63	pro m2 Bauteil	250197	1087	1029	63
		Holztragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.2	D10, Holzbalkendecke gemäss Bauteilkatalog, Balken + 2.4 cm	18000	569	57	3	pro m2 Bauteil	18000	569	57	3
				D01 Dampfbremse und Dichtungsbahn, bituminös, gemäss Bau	80000	1354	1315	93	pro m2 Bauteil	80000	1354	1315	93
C 4.4(B)	geneigte Dachkonstruktionen	Stahltragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.3	entspricht Trapezblechdecke Flachdach	250197	1087	1029	63	pro m2 Bauteil	250197	1087	1029	63
		Holztragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.3	EAK, C 4.4, S 94	11036	356	33	2	pro m2 Bauteil	11036	356	33	2
<b>D Technik Gebäude</b>													
D 1	Elektroanlage		Elektroanlagen, tiefer Installationsgrad	KBOB	52900	159	151	9	pro m2 EBF	52900	159	151	9
			Elektroanlagen, mittlerer Installationsgrad	KBOB	88200	265	252	16	pro m2 EBF	88200	265	252	16
			Elektroanlagen, hoher Installationsgrad	KBOB	161000	529	501	31	pro m2 EBF	161000	529	501	31
		Wärmeverteilung Bodenheizung		KBOB	8'390	132	128	9	pro m2 EBF	8'390	132	128	9
		Wärmeverteilung Radiator		KBOB	13400	154	149	9	pro m2 EBF	13400	154	149	9
D 7	Lufttechnische Anlage	Wohnen	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle	KBOB	39700	227	213	13	pro m2 EBF	39700	227	213	13
		Büro	Lüftungsanlage Büro Blechkanäle, spez	KBOB	19300	164	159	10	pro m2 EBF	19300	164	159	10
D 8	Wassertechnische Anlage	Sanitäranlage	Sanitäranlagen Wohnen	KBOB	25100	242	230	15	pro m2 EBF	25100	242	230	15
			Sanitäranlagen Büro	KBOB	19300	164	159	10	pro m2 EBF	19300	164	159	10
<b>E äussere Wandbekleidung Gebäude</b>													
E 1	äussere Wandbekleidung unter	Wanddämmung	XPS	via Dämmstarke und Kennwert XPS	45846	545	537	77	pro m2 Bauteil	66222	787	776	112
		Bodendämmung	XPS	via Dämmstarke und Kennwert XPS	45846	545	537	77	pro m2 Bauteil	66222	787	776	112
E 2.1	äussere Wandbekleidung über	Verputzte Verbund-Fassade	Zementputz	KBOB	8640	85	74	10	pro m2 Bauteil	8640	85	74	10
E 2.2		Hinterlüftete Betonelemente		EAK, E 2.3, S 120	26806	375	319	27	pro m2 Bauteil	47806	704	594	48
		Glas/Metall Fassade		KBOB: entspricht Aluprofil und Fensterglas	53400	758	689	50	pro m2 Bauteil	120414	1040	822	54
		Hinterlüftete Holzelemente		KBOB: entspricht Aluprofil, Holzlaten	24170	463	250	18	pro m2 Bauteil	106821	745	680	33
		Hinterlüftete Natursteine		EAK, E 2.3, S 126	21488	337	283	21	pro m2 Bauteil	119197	666	1239	52
		Hinterlüftete Metallverkleidungen		EAK, E 2.3, S 122	56921	880	734	55	pro m2 Bauteil	96782	1162	1376	84
		Zweischalen Mauerwerk		Klinker, d= 2* 8Cm, Zurrzeit noch Kennwerte Backstein	23740	376	342	32	pro m2 Bauteil				
		weiche Dämmung		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Steinwolle	93780	357	344	20	pro m2 Bauteil	135460	516	497	28
		Schüttdämmung		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Cellulosefasern	10287	81	60	3	pro m2 Bauteil	14859	116	86	5
		triffteste Dämmung		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Polystyrol expandiert (EF)	18756	383	378	26	pro m2 Bauteil	27092	553	546	38
E 3.1	Fenster	Holzfenster	Fensterrahmen Holz	KBOB	76680	1238	827	57	pro m2 Bauteil	104980	1690	1254	83
		Kunststofffenster	Fensterrahmen Kunststoff (PVC)	KBOB	115080	1558	1488	96	pro m2 Bauteil	143380	2010	1915	122
		Metallfenster	Fensterrahmen Aluminium	KBOB	114600	1799	1607	111	pro m2 Bauteil	142900	2252	2034	138
		Holz-Metallfenster	Fensterrahmen Holz-Aluminium	KBOB	95400	1511	1088	76	pro m2 Bauteil	123700	1964	1515	103
<b>F Bedachung Gebäude</b>													
F 1.2	Dachhaut Flachdach	Platten		Ds07 Zementstein Belag + Rundkies gemäss Bauteilkatalog	20708	137	126	16	pro m2 Bauteil	20708	137	126	16
136?		Metall		via Materialdicke und Kennwert Stahlblech, blank	4280		39	2	pro m2 Bauteil	4280	0	39	2
		Bitumen/Plastikdachbahn		via Materialdicke und Kennwert Bitumenemulsion	1734		17	2	pro m2 Bauteil	1734	0	17	2
		Begrünt		D09 gemäss Umkehrdach Bauteilkatalog	142519	1236	1139	105	pro m2 Bauteil	142519	1236	1139	105
		Dämmung Dach trittfest		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Polystyrol expandiert (EF)	45846	545	537	77	pro m2 Bauteil	66222	787	776	112
F 1.3	Dachhaut geneigtes Dach	Ziegel		DI 08 Dach/Ziegel & Konterlaten gemäss Bauteilkatalog	21419	379	281	26	pro m2 Bauteil	21419	379	281	26
		Metall		via Materialdicke und Kennwert Stahlblech, blank	8559		77	5	pro m2 Bauteil	8559	0	77	5
		Dämmung Dach weich		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Steinwolle	36360	357	344	20	pro m2 Bauteil	52520	516	497	28
<b>G Ausbau Gebäude</b>													
G 1	Trennwand nicht tragend	Holz	Holzständerwerk mit Holz- bzw. Gipsk	Holz-Gips, EAK C2.2, S62	29133	405	308	19	pro m2 Bauteil	29133	405	308	19
		Ständerwand Gipskartonplatte	Ständerwand	EAK G1.1 S156	77500	555	527	32	pro m2 Bauteil	77500	555	527	32
		mittelschwer	Leichtbausteine	Kalkstein, d = 8 cm	16974	193	176	18	pro m2 Bauteil	16974	193	176	18
		schwer	Steine bzw. Beton	Betonwand, d = 8 cm	14399	262	209	26	pro m2 Bauteil	14399	262	209	26
G 2	Bodenbelag	Holz/Parkett		Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetrocknet, gehobe	7860	247	34	1	pro m2 Bauteil	7860		34	1
		Stein/Keramik		Natursteinplatte	27328	482	435	15	pro m2 Bauteil	27328		435	15

Abbildung 22: Umweltkennwerte nach Bauteil und Szenario, spezifisch pro Fläche oder Volumen, Umbau

Umweltkennwerte				Referenz	PE total	GE	THG	Bezugsgrösse	Effizienz	PE Total	GE	THG	
Haupt Elementg Bezeichnung nach BKP	Element	Anmerkungen	Datenquelle/Annahme	UBP Punkte/Bezugsg	MJ/Bezugs	MJ/m2	Kg Co2-Eq/m2		UBP Punkte/m2	MJ/m2	MJ/m2	Kg Co2-Eq/m2	
<b>B Vorbereitung</b>													
B 6.2	Aushub nicht kontaminiert		EAK, B6.2, S.17	665	8	8	1	pro m3 Bauteil	665	8	8	1	
<b>C Konstruktion Gebäude</b>													
C 1	Fundament		EAK, C1.3, S32	261'094	2594	1799	148	pro m2 Bauteil	261'094	2594	1799	148	
C 2.1(A)	Aussenwand unter Terrain	Ohne Bekleidung nach E1	EAK, C2.1, S46	81'649	655	523	66	pro m2 Bauteil	81'649	655	523	66	
C 2.1(B)	Aussenwand über Terrain	Betonwand	Ohne Bekleidung nach E2	EAK S48	100'054	778	640	82	pro m2 Bauteil	100'054	778	640	82
		Mauerwerkswand KS	Ohne Bekleidung nach E2	entspricht Innenwand mit Faktor 2 da dicker (240 mm)	50'921	578	527	53	pro m2 Bauteil	50'921	578	527	53
		Mauerwerkswand Backstein	Ohne Bekleidung nach E2	EAK, S52	58'106	893	811	78	pro m2 Bauteil	58'106	893	811	78
		Holz wand	Ohne Bekleidung nach E2	KBOB: Berechnung via Kennwert Baustoff Holz(Kennwert pro Kg), via Dichte und D	58'950	1856	254	10	pro m2 Bauteil	58'950	1856	254	10
C 2.2	Innenwandkonstruktion	Betonwand	hier nur tragende Elemente, nicht	EAK, C2.2, S 54	30'598	370	346	43	pro m2 Bauteil	30'598	370	346	43
		Mauerwerkswand KS	hier nur tragende Elemente, nicht	EAK, C2.2, S 60	25'460	289	264	27	pro m2 Bauteil	25'460	289	264	27
		Mauerwerkswand Backstein	hier nur tragende Elemente, nicht	EAK, C2.2, S66	23'740	376	342	32	pro m2 Bauteil	23'740	376	342	32
		Holz wand	hier nur tragende Elemente, nicht	KBOB: Berechnung via Kennwert Baustoff Holz(Kennwert pro Kg), via Dichte und D	39'300	1237	169	7	pro m3 Bauteil	39'300	1237	169	7
C 3	Stützenkonstruktion	Betonskelettbau	Wert für 1 m3 Betonwand	408'245	3273	2613	330	pro m3 Bauteil	408'245	3273	2613	330	
		Stahlskelettbau	Wert für 1 m3 Stahl, EAK, S 47	19'124'100	110263	106245	5533	pro m3 Bauteil	19'124'100	110263	106245	5533	
		Holzskellettbau	Wert für 1 m3 Stütze (Brettschichtholz, EAK S 69)	600'612	16827	4409	282	pro m3 Bauteil	600'612	16827	4409	282	
	Ausfachung (bei Skelettbauweise)	Stein	Mauerwerk	Entspricht Aussenwand Backstein	58'106	893	811	78	pro m2 Bauteil	58'106	893	811	78
		Beton	Fertigelement	Entspricht Mauerwerk Beton mit Faktor 0.8 (da dünner)	80'043	623	512	65	pro m2 Bauteil	80'043	623	512	65
		Holz	Holzständerwerk (10%) mit Gefach	Entspricht Holz wand	39'300	1237	169	7	pro m2 Bauteil	39'300	1237	169	7
		Stahl	Sandwichelemente (Alu, Stahl etc)	Entspricht Trennwand Alus(Gipsfaserplatte	77'500	555	527	32	pro m2 Bauteil	77'500	555	527	32
C 4.1	Decke	Betondecken	ohne Fussbodenbeläge nach G2	EAK, C4.1, S72	78'644	565	489	56	pro m2 Bauteil	78'644	565	489	56
		Holzdecken	ohne Fussbodenbeläge nach G2	EAK, C4.1, S82	161'125	4654	969	59	pro m2 Bauteil	161'125	4654	969	59
		Holz-Beton Verbunddecken	ohne Fussbodenbeläge nach G2	entspricht 50% Holzdecke und 50% Betondecke	119'884	2609	729	57	pro m2 Bauteil	119'884	2609	729	57
C 4.4(A)	Flachdachkonstruktion	Betontragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.2	D01 Betondecke gemäss Bauteilkatalog, 22cm, nur Decke ohne Dampfsperre, Dä	106'487	752	667	173	pro m2 Bauteil	106'487	752	667	173
		Stahltragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.2	D04 Trapezblechdecke gemäss Bauteilkatalog,	250'197	1087	1029	63	pro m2 Bauteil	250'197	1087	1029	63
		Holztragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.2	D10, Holzbalkendecke gemäss Bauteilkatalog, Balken + 2.4 cm Schalung	18'000	569	57	3	pro m2 Bauteil	18'000	569	57	3
				D01 Dampfbremse und Dichtungsbahn, bituminös, gemäss Bauteilkatalog	80'000	1354	1315	93	pro m2 Bauteil	80'000	1354	1315	93
C 4.4(B)	geneigte Dachkonstruktionen	Stahltragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.3	entspricht Trapezblechdecke Flachdach	250'197	1087	1029	63	pro m2 Bauteil	250'197	1087	1029	63
		Holztragwerk	ohne Eindeckung nach F 1.3	EAK, C 4.4, S 94	11'036	356	33	2	pro m2 Bauteil	11'036	356	33	2
<b>D Technik Gebäude</b>													
D 1	Elektroanlage				52'900	159	151	9	pro m2 EBF	52'900	159	151	9
		Elektroanlagen, tiefer Installations	KBOB		88'200	265	252	16	pro m2 EBF	88'200	265	252	16
		Elektroanlagen, mittlerer Installati	KBOB		161'000	529	501	31	pro m2 EBF	161'000	529	501	31
		Elektroanlagen, hoher Installati	KBOB		8'390	132	128	9	pro m2 EBF	8'390	132	128	9
		Wärmeverteilung Bodenheizung	KBOB		13'400	154	149	9	pro m2 EBF	13'400	154	149	9
		Wärmeverteilung Radiator	KBOB		39'700	227	213	13	pro m2 EBF	39'700	227	213	13
D 7	Lufttechnische Anlage				19'300	164	159	10	pro m2 EBF	19'300	164	159	10
		Wohnen	KBOB		25'100	242	230	15	pro m2 EBF	25'100	242	230	15
		Büro	KBOB		19'300	164	159	10	pro m2 EBF	19'300	164	159	10
D 8	Wassertechnische Anlage				25'100	242	230	15	pro m2 EBF	25'100	242	230	15
		Sanitäranlage	KBOB		19'300	164	159	10	pro m2 EBF	19'300	164	159	10
		Sanitäranlagen Büro	KBOB										
<b>E äussere Wandbekleidung Gebäude</b>													
E 1	äussere Wandbekleidung unter T	Wanddämmung	XPS	via Dämmstarke und Kennwert XPS	45'846	545	537	77	pro m2 Bauteil	66222	787	776	112
		Bodendämmung	XPS	via Dämmstarke und Kennwert XPS	45'846	545	537	77	pro m2 Bauteil	66222	787	776	112
E 2.1	äussere Wandbekleidung über T	Verputzte Verbund-Fassade	Zementputz	KBOB	8'640	85	74	10	pro m2 Bauteil	8640	85	74	10
E 2.2		Hinterlüftete Betonelemente		EAK, E 2.3, S 120	26'806	375	319	27	pro m2 Bauteil	47806	704	594	48
		Glas/Metall Fassade		KBOB: entspricht Aluprofil und Fensterglas	53'400	758	689	50	pro m2 Bauteil	120414	1040	822	54
		Hinterlüftete Holzelemente		KBOB: entspricht Aluprofil, Holzlatten	24'170	463	250	18	pro m2 Bauteil	106821	745	680	33
		Hinterlüftete Natursteine		EAK, E 2.3, S 126	21'488	337	283	21	pro m2 Bauteil	119197	666	1239	52
		Hinterlüftete Metallverkleidungen		EAK, E 2.3, S 122	56'921	880	734	55	pro m2 Bauteil	96782	1162	1376	84
		Zweischalen Mauerwerk		Klinker, d= 2' 8cm , Zurzeit noch Kennwerte Backstein implementiert	23'740	376	342	32	pro m2 Bauteil				
		weiche Dämmung		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Steinwolle	93'780	357	344	20	pro m2 Bauteil	135460	516	497	28
		Schüttdämmung		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Cellulosefasern	10'287	81	60	3	pro m2 Bauteil	14859	116	86	5
		triffteste Dämmung		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Polystyrol expandiert (EPS)	18'756	383	378	26	pro m2 Bauteil	27092	553	546	38
E 3.1	Fenster	Holzfenster	KBOB	Fensterrahmen Holz	76'680	1238	827	57	pro m2 Bauteil	104980	1486	1254	83
		Kunststofffenster	KBOB	Fensterrahmen Kunststoff (PVC)	115'080	1558	1488	96	pro m2 Bauteil	143380	1806	1915	122
		Metallfenster	KBOB	Fensterrahmen Aluminium	114'600	1799	1607	111	pro m2 Bauteil	142900	2048	2034	138
		Holz-Metallfenster	KBOB	Fensterrahmen Holz-Aluminium	95'400	1511	1088	76	pro m2 Bauteil	123700	1760	1515	103
<b>F Bedachung Gebäude</b>													
F 1.2	Dachhaut Flachdach	Platten		Ds07 Zementstein Belag + Rundkies gemäss Bauteilkatalog	20'708	137	126	16	pro m2 Bauteil	20'708	137	126	16
136?		Metall		via Materialdicke und Kennwert Stahlblech, blank	4'280		39	2	pro m2 Bauteil	4'280		39	2
		Bitumen/Plastikdachbahn		via Materialdicke und Kennwert Bitumenemulsion	1'734		17	2	pro m2 Bauteil	1'734		17	2
		Begrünt		D09 gemäss Umkehrdach Bauteilkatalog	142'519	1236	1139	105	pro m2 Bauteil	142'519	1236	1139	105
		Dämmung Dach trifftest		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Polystyrol expandiert (EPS)	45'846	545	537	77	pro m2 Bauteil	66222	787	776	112
F 1.3	Dachhaut geneigtes Dach	Ziegel		Di 08 Dach/Ziegel & Konterlatten gemäss Bauteilkatalog	21'419	379	281	26	pro m2 Bauteil	21419	379	281	26
		Metall		via Materialdicke und Kennwert Stahlblech, blank	8'559		77	5	pro m2 Bauteil	8'559		77	5
		Dämmung Dach weich		KBOB: via Dämmstarke und Kennwert Steinwolle	36'360	357	344	20	pro m2 Bauteil	52520	516	497	28
<b>G Ausbau Gebäude</b>													
G 1	Trennwand nicht tragend	Holz	Holzständerwerk mit Holz- bzw. G	Holz-Gips, EAK C2.2, S62	29'133	405	308	19	pro m2 Bauteil	29'133	405	308	19
		Ständerwand Gipskartonplatte		EAK G1.1 S156	77'500	555	527	32	pro m2 Bauteil	77'500	555	527	32
		mittelschwer		Kalkstein, d = 8 cm	16'974	193	176	18	pro m2 Bauteil	16'974	193	176	18
		schwer		Betonwand, d = 8 cm	14'399	262	209	26	pro m2 Bauteil	14'399	262	209	26
G 2	Bodenbelag	Holz/Parkett		Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetrocknet, gehobelt	7'860	247	34	1	pro m2 Bauteil	7'860	247	34	1
		Stein/Keramik		Natursteinplatte	27'328	482	435	15	pro m2 Bauteil	27'328	482	435	15

Abbildung 23: Umweltkennwerte nach Bauteil und Szenario, spezifisch pro Fläche oder Volumen, Umbau

