

Lebenszyklusanalyse Steildach

Ökonomische und ökologische Vorteile

Dr. Iva Kovacic

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement

TU Wien

8.1.2015

1. Einführung

Im Rahmen einer Studie vom Forschungsbereich für Industriebau und Interdisziplinäre Bauplanung an der TU Wien und mit Unterstützung der Initiative Pro Steildach wurden die ökonomischen und ökologischen Potentiale sowie die Adaptierbarkeit und Flächeneffizienz eines Steildachs entlang des Lebenszyklus untersucht. Die Studie umfasst die Berechnung der Lebenszykluskosten, der Ökobilanz sowie die Entwicklung und Berechnung eines Nutzungsszenarios, um die Wirtschaftlichkeit und Flächenflexibilität des Steildaches aufzuzeigen.

Die Untersuchung basiert auf einer Einfamilienhaus-Fallstudie. Verglichen werden dabei ein konkretes Einfamilienhaus mit ausgebautem Dach (SDA), sowie daraus abgeleiteten Einfamilienhäusern mit einem jeweils unausgebautem Steildach (SDUA) bzw. mit einem Flachdachabschluss (FD). Für alle drei Häuser wurden umfassende digitale Gebäudemodelle (BIM) erstellt, welche als Datenbasis für die Folgeuntersuchungen fungierten (Abbildung 1).

Die Steildächer sind als Sparrendächer mit Ziegeldachdeckung und Steinwolle-Dämmung modelliert. Die Flachdächer bestehen aus einer Stahlbetondecken-Konstruktion, EPS Gefälledämmung und Folie.

Anhand der Lebenszyklusanalyse der Fallbeispiele wurden Kosten- und Öko-Kennzahlen gebildet (m^2/BGF). Es wurden die Kosten und die Ökobilanz für die Lebenszyklusphasen beachtet: Herstellung und Betrieb (samt Erneuerung bzw. Ersatz der Bauteile nach Ablauf ihrer Lebensdauer).

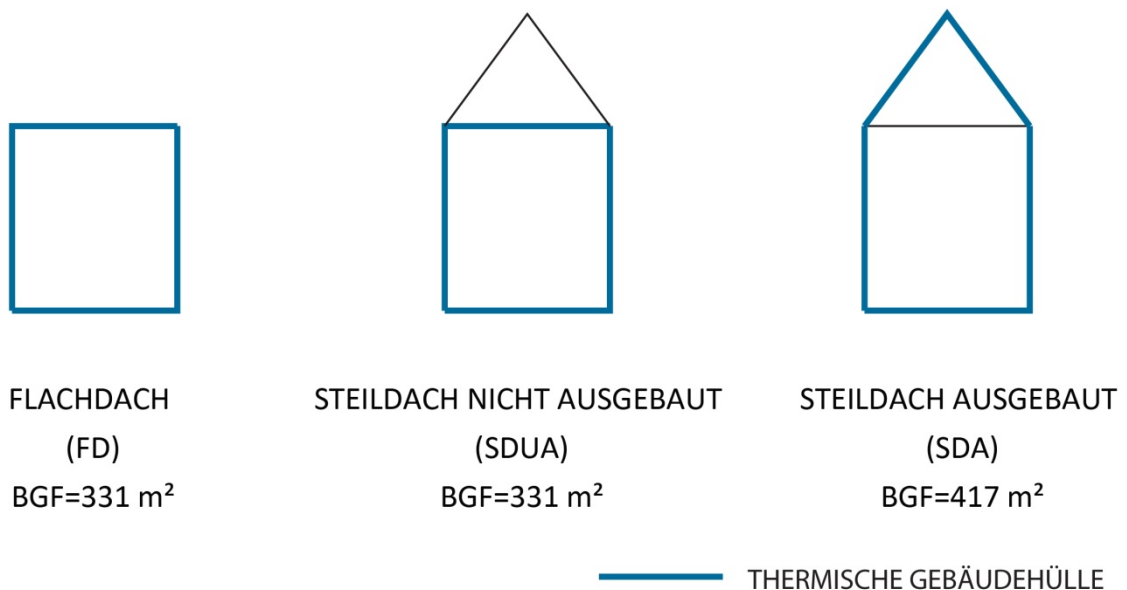


Abbildung 1: Objekte der Fallstudie

2. Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Ökonomische Lebenszyklusanalyse

Für die Ermittlung der Lebenszykluskosten wird die Barwertmethode verwendet, basierend auf der Berechnung der abgezinsten zukünftigen Zahlungen. Die in dieser Studie angewandte Methode ist die DGNB/ÖGNI-Gebäudezertifikat Berechnungsmethode im Kriterien-Steckbrief 16:

Lebenszykluskosten, bei der nur die ausgewählten Kostengruppen (Herstellungskosten und Folgekosten) in Betrachtung gezogen sowie vereinbarte Konventionen zur Barwert-Berechnung benutzt werden.

Für die Fallbeispiele wurden die Bauwerkskosten laut ÖNORM 1801-1 errechnet, welche die Kostengruppen KG 2 (Rohbau), KG 3 (Technik) und KG 4 (Ausbau) beinhalten, diese sind stellvertretend für die Herstellungskosten. Um die Bauwerkskosten zu ermitteln, wurden für die Fallstudien-Objekte konkrete Ausschreibung für Baumeister und Tischler sowie Dach-spezifische und gewerkebezogene Ausschreibungen (Flachdach, Steildach) eingeholt.

Die Lebenszykluskosten sind die Summe der Bauwerkskosten (KG 2+3+4) und Folgekosten. Als Folgekosten gelten die Kosten für Gebäude-Betrieb, Instandhaltung und Wartung, Erneuerung bzw. Ersatz nach Ablauf der Lebensdauer des Elements in einem Zeitraum von 50 Jahren. (Die Abbruchkosten wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt.) Zur Ermittlung der Betriebskosten (Wasser, Strom, Kosten für Holzpellets, etc.) wurden tagesaktuelle Daten herangezogen. Zum Beleg des Energieverbrauchs für die Heizung aller Fallbeispiele wurden die Energieausweise errechnet.

Dabei werden folgende Vereinbarungen (Konventionen) getroffen:

Zinssatz	5,5%
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,0%
Preissteigerung Energiekosten	4,0%
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,0%
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,0%
Preissteigerung Grundgebühr Strom	1,0%
Lebensdauer	50 Jahre

2.2 Ökologische Lebenszyklusanalyse

Zur Ermittlung der Emissionen, verursacht während des Lebenszyklus der Fallbeispiel-Objekte, wurde die Ökobilanz für die beiden Phasen Produktion und Betrieb erstellt. Dabei wurde für die Phase der Produktion die Ökobilanzen aller Materialien berechnet, für die Betriebsphase der Energieverbrauch aus den errechneten Energieausweisen sowie der ökologische Rucksack für die Erneuerung (Ersatz) der Bauelemente nach dem Ablauf der Lebensdauer. Nach OI3 Index wurde der PEI (Primärenergiebedarf), CO₂-Ausstoß und SO₂-Ausstoß (Versäuerungspotential) ebenfalls berechnet; jedoch wurde stellvertretend für die Studie der Vergleich der Fallbeispiele mittels CO₂-Bilanz durchgeführt.

2.3 Szenario Entwicklung

Um die Flächeneffizienz bzw. Flexibilität der Nutzung im Laufe des Lebenszyklus zu analysieren, wurde ein Nutzungsszenario für die Fallstudien-Objekte entwickelt und die Steigerung der Kosten entlang des Lebenszyklus verglichen.

Um die beim unausgebautem Steildach (SDUA) bereits vorhandene Reserve-Fläche zu kompensieren, benötigt das Flachdach-Objekt eine zusätzliche Reservefläche (Lager o.ä.). Diese Fläche muss zusätzlich angemietet werden, was in lebenszyklischen Mietkosten resultiert. Das Szenario sieht außerdem einen Dachgeschossausbau im 15. Jahr des Lebenszyklus beim SDUA Objekt vor. Das ausgebaute Steildach-Objekt (SDA) verfügt von Anfang an über mehr Fläche (BGF oder NF), da das Dachgeschoss bereits als Wohnraum ausgebaut ist.

3. ERGEBNISSE

3.1 Bewertung der Fallstudien-Objekte

Betrachtet man alle drei Fallbeispiele, so ist wichtig zu betonen, dass die größen- bzw. flächenmäßig miteinander vergleichbaren Häuser das FD und SDUA sind. Diese weisen eine gleiche BGF auf, jedoch haben sie unterschiedliche Dachabschlüsse. Das SDA ist ein um das ausgebaute Dachgeschoß größeres Objekt.

Betrachtet man die Gesamt-Lebenszykluskosten dieser BGF- sowie NF-mäßig gleichwertigen Objekte, so ist das SDUA -Haus anfänglich etwas teurer (um 4%), jedoch lebenszyklisch günstiger (um 0,3%) als das FD-Haus (Abbildung 2).

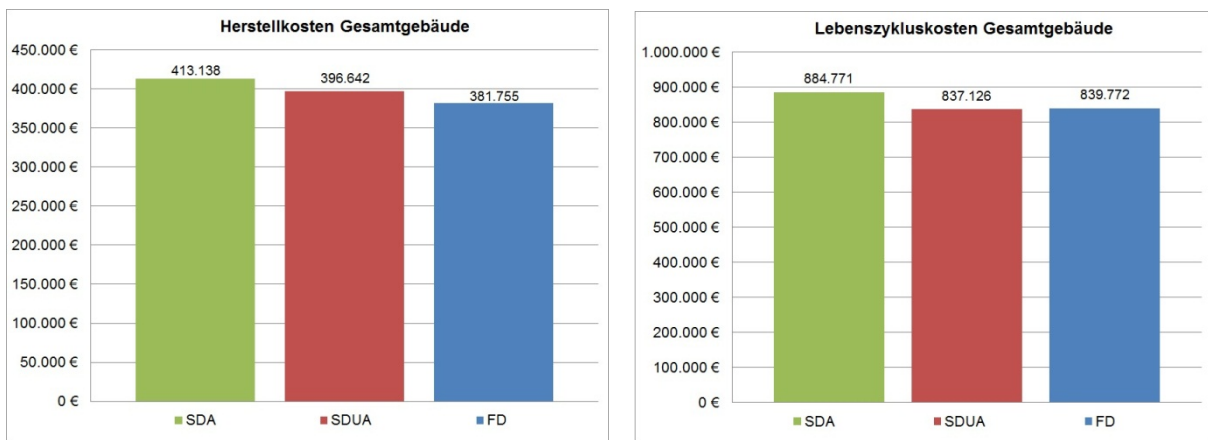


Abbildung 2: HK und LZK der Fallstudien-Objekte

Betrachtet man die Kennzahlen für die Lebenszykluskosten, bezogen auf die Quadratmeter-BGF, so ist das SDA-Haus bereits anfänglich um 14%, sowie im Lebenszyklus um 16% günstiger als das FD-Haus. Somit spart man über den gesamten Lebenszyklus **400€/m²** (Abbildung 3).

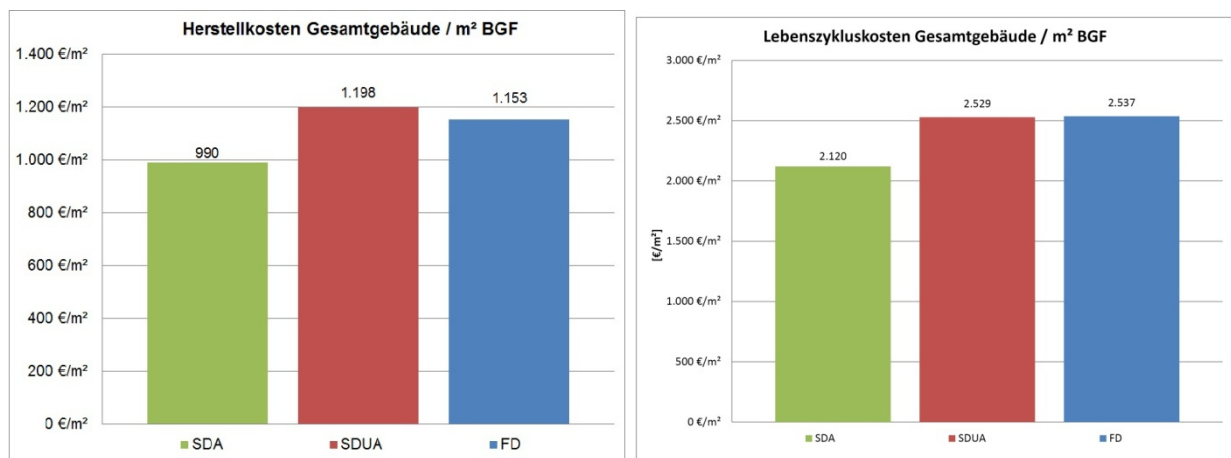


Abbildung 3: HK und LZK der Fallstudien Objekte – Kennzahlen pro m² BFG

Ökologisch betrachtet, bringt das SDUA-Haus mehr Vorteile als das gleichwertige FD-Haus. Hier erreicht man eine Einsparung von 26,21 Tonnen im Laufe des Lebenszyklus von 50 Jahren (Abbildung 4).

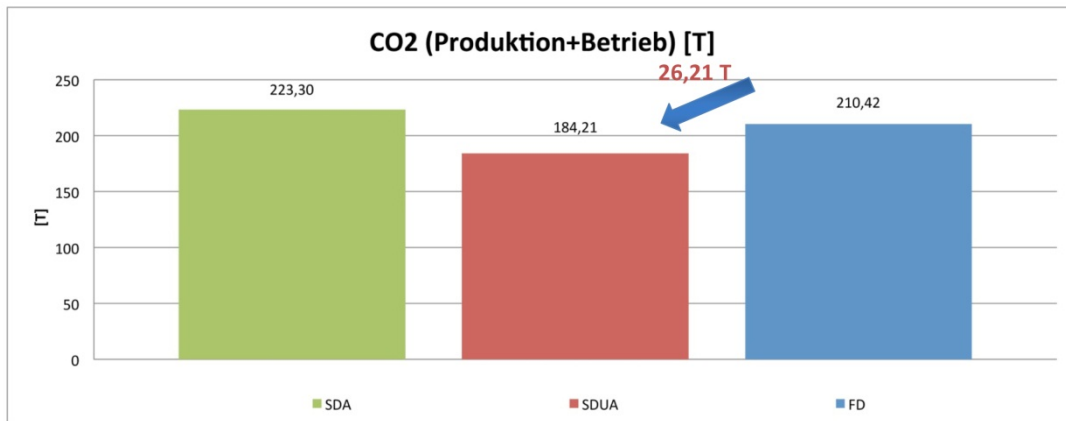


Abbildung 4: CO₂ Bilanz der Fallstudien Objekte – Kennzahlen pro m² BGF

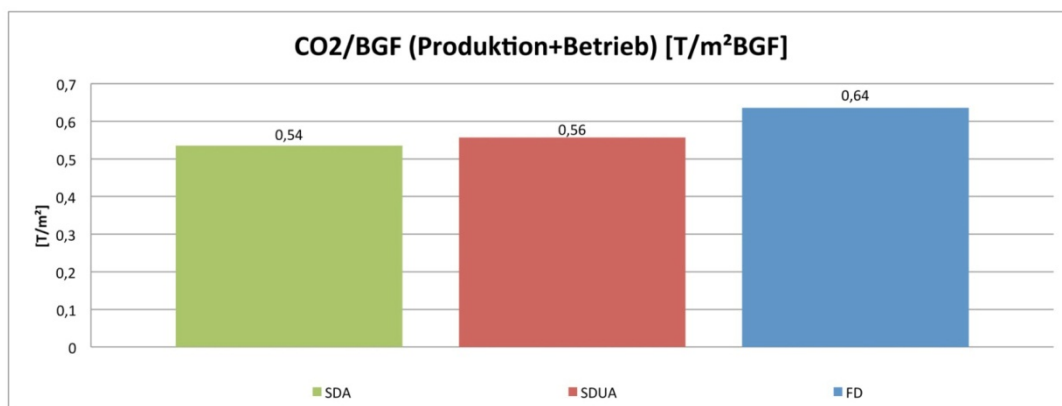


Abbildung 5 : CO₂ Bilanz der Fallstudien Objekte – Kennzahlen pro m² BGF

Bildet man die Ökobilanzkennzahlen pro Quadratmeter BGF, erzielt das SDUA-Objekt über den Lebenszyklus betrachtet eine Einsparung von 12%; beim SDA Objekt sind es sogar 16% (Abbildung 5).

3.2 Bewertung Bauteil Dach

Bei der Lebenszyklusanalyse des Bauteils Dach (Rohbau und Ausbau) erzielt man während des Lebenszyklus eine Einsparung von 71% pro Quadratmeter Dachfläche beim SDUA (490 €/m² weniger als FD), bzw. von 53% beim SDA (364 €/m² weniger als FD) (Abbildung 6). Dieser Vorteil des Steildaches resultiert aus der teuren Unterkonstruktion der Stahlbetondecken und den Schichtaufbauten beim FD, sowie den laufenden jährlichen Kosten für Instandhaltung und Wartung (lt. ÖNORM B 3691) bei einem FD. Weiters müssen die Folien häufig erneuert bzw. ersetzt werden.

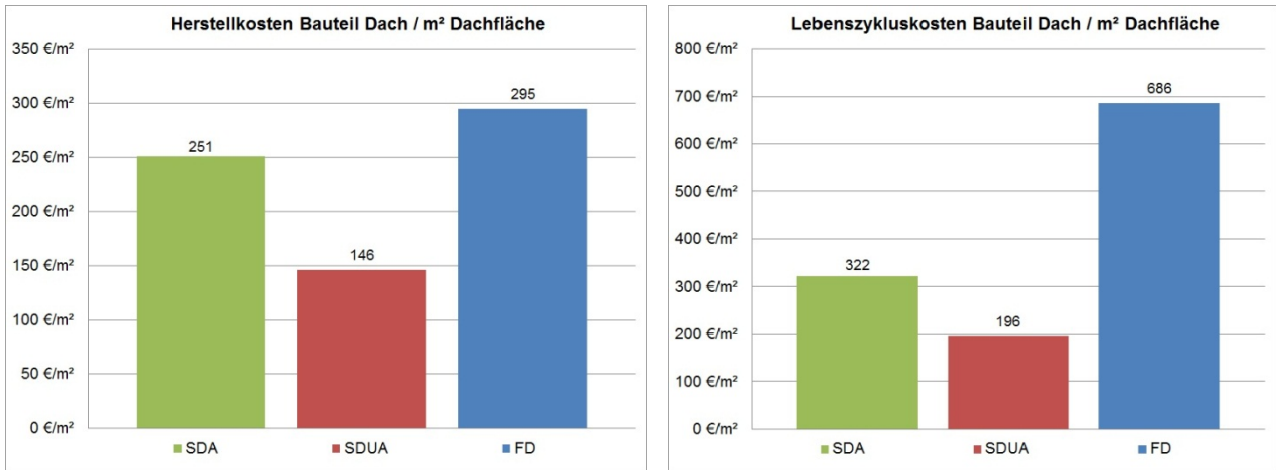


Abbildung 6: Kennzahlen pro m² BFG für HK und LZK des Dach-Bauteils (KG 2+4 – Rohbau und Ausbau)

Die durch die Ausschreibungen erhobenen und in der Fallstudie berechneten und gebildeten Kennzahlen für den Bauteil Dach wurden mit den BKI-Kennzahlen verglichen und verifiziert. Die in der Fallstudie gebildeten Kennzahlen fallen in das mittlere Preissegment von BKI: Baukonstruktionen – Statistische Kennzahlen für die Bauelemente – Dachkonstruktionen und Dachbekleidungen.

3.3 SZENARIO-Bewertung

Die Bewertung der Szenarien:

- Anmiete des zusätzlichen Lagerraums beim FD-Objekt
- Dachgeschoss-Ausbau nach 15 Jahren beim SDUA
- sofortige Ausbau des Dachgeschosses beim SDA

Das FD-Objekt mit zusätzlicher Anmietung eines Raumes ist die teuerste Variante: und zwar um 5% ggü. eines nachträglichen Ausbaus bzw. um 3% ggü. eines sofortigen Ausbaus des Daches (Abbildung 7).

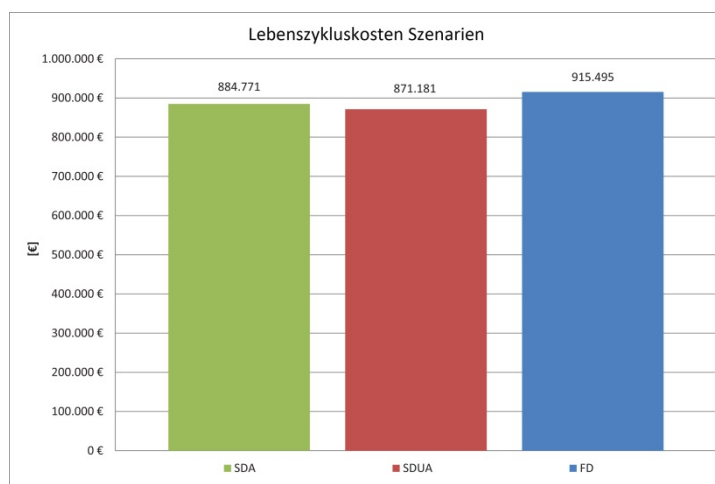


Abbildung 7: Drei Szenarien in Vergleich: FD mit gemietetem Lagerraum, SDUA mit Ausbau in 15. Lebensjahr und SDA vom Beginn

4. Beispiele

Wenn man zwei gleichwertige Objekte betrachtet – das Flachdach und das Steildach unausgebaut – wird durch das Steildach-Objekt im Lebenslauf von 50 Jahren große Mengen CO₂ eingespart; nämlich 26,21 Tonnen. 18 Buchen oder 20 Fichten wären notwendig, um diese Menge Kohlendioxid zu binden.

Ein energieeffizienter Kleinwagen könnte 204.756 km weit fahren, bis diese Menge an CO₂ ausgestoßen wird. Das wiederum entspricht fünf Umrundungen der Erde.

5. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Studie widerlegen die gängige Meinung das Steildach wäre kostenintensiver als das Flachdach.

Das Steildach-Objekt ist am Beginn der Lebensdauer geringfügig teurer, jedoch kostengünstiger im Lebenszyklus. Vor allem auf Grund der Wartungsfreiheit und Langlebigkeit der Bauteile. Eindeutig im Vorteil ist das Steildach in der ökologischen Bilanz.

Betrachtet man die Ergebnisse der Lebenszyklus Analyse des Bauteils Dach, so sind die Herstellungs- sowie Lebenszykluskosten und CO₂ Emissionen bei den Steildach-Varianten um einiges niedriger als beim Flachdach.

Die Vorteile des Steildaches zeigen sich auch durch die Flächeneffizienz wie in den Szenarien belegt wurde.

Das Steildach, wird es intelligent und vorausschauend im Rahmen der Baubestimmungen geplant, ermöglicht, mit einem geringfügigen Kostenaufwand zu Beginn des Lebenszyklus, die Schaffung einer Raumreserve, die zukünftig vielfältig genutzt werden kann.

Die in dieser Studie entwickelte Methode und Modellbildung kann als entscheidungsunterstützendes Instrument für die Bauherren eingesetzt werden.

Referenzen und Datenquellen:

- Konkrete Ausschreibung für Baumeister und Tischler
- Dach-spezifische, Gewerke-bezogene Ausschreibungen (Flachdach, Steildach)
- Ökobilanz: Baubook.at, IBO Katalog (Waltjen et al, 1999)
- Lebensdauer der Bauteile – IBO, 2009, Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen – für alle Fallbeispiele wurde die gleiche, niedrige Segment-Mitte angenommen
- ÖNORM B 3691, 2012
- BKI: Baukonstruktionen – Statistische Kennzahlen für die Bauelemente – Dachkonstruktionen und Dachbekleidungen
- DGNB/ÖGNI Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen/ Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft

Abkürzungen:

BGF	Bruttogrundfläche
NF	Nutzfläche
FD	Flachdach Haus
SDUA	Steildach unausgebautes Haus
SDA	Steildach ausgebautes Haus
HK	Herstellungskosten
FK	Folgekosten
LZK	Lebenszykluskosten