

Lebenszykluskosten von Gebäuden – Wettbewerbsvorteile nachwachsender Rohstoffe

Holger König
Ascona Gesellschaft für ökologische Projekte
Gröbenzell bei München, Deutschland



Lebenszykluskosten von Gebäuden – Wettbewerbsvorteile nachwachsender Rohstoffe

Der folgende Text ist ein gekürzter Kapitelauszug aus dem DBU-Bauband 1 Schmuttertall Gymnasium herausgegeben von Sabine Djahanschah und der ARGE Diedorf, Veröffentlichung im Detail-Verlag, München. Der Autor war für das Kapitel verantwortlich.

1. Nachhaltigkeit und Qualitätssicherung

Bei der integralen Planung des Gymnasiums Schmuttertall wurden verschiedenen Lösungsvorschläge unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit analysiert, bewertet und optimiert. Hauptinstrument war die Lebenszyklusanalyse. Drei Themenfelder wurden untersucht:

- Ökonomie, hier Herstellungs- und Nutzungskosten
- Ökologie, hier Umweltbilanz für die Erstellung, des Betriebens und der Beseitigung
- Soziales, hier der Komfort und die Gesundheit während des Gebäudebetriebs.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten und die Wirtschaftlichkeitsberechnung ergaben Kriterien für nachhaltige Entscheidungen in Hinblick auf innovative, umweltfreundliche und qualitativ hochwertige Baustandards. Erfahrungen mit verschiedenen Schulbauprojekten zeigen, dass erst der Vergleich mit Projektvarianten den Entscheidungsträgern ermöglicht Argumente zu beurteilen und abzuwägen. Variantenvergleich ist eine unverzichtbare Methode eines transparenten Planungsprozesses.

1.1. Arbeitsansatz

Es wurde wie folgt vorgegangen. Die beteiligten Planer legten für ihr Arbeitsfeld die in dem jeweiligen Konzept enthaltenen Komponenten fest samt qualitativen (z. B. U-Wert) oder quantitativen Informationen (z. B. Mehrkosten).

Drei Modelle wurden untersucht; Standardausführung und Passivhausmodell bestehen weitgehend aus nicht nachwachsenden, das sind: mineralische, metallische und synthetische Rohstoffe, realisierte Variante mit einem hohen Anteil an nachwachsenden Rohstoffen. Die Bauteile wurden aus dem Elementkatalog der LEGEP-Datenbank entnommen und entsprechen im Aufbau und in der Materialwahl vielen bereits bilanzierten Gebäuden. Die Modellierung dieser Varianten macht die Unterschiede verschiedener Konstruktionsweisen und energetischer Zielkonzepte deutlich.

Variante S

Standardschule mit Standardraumprogramm erfüllt in energetischer Sicht die Anforderung der EnEV 2009. Die Bauweise: Mineralische Primärkonstruktion in Mauerwerkbauweise mit Betondecken und Holzdachstuhl. Nur die Aula und Turnhalle wird mechanisch belüftet.

Variante P

Passivhausstandard für eine Schule mit demselben Raumprogramm. Mineralische Primärkonstruktion in Mauerwerkbauweise mit Betondecken und Holzdachstuhl; Hüllflächen mit sehr niedrigen U-Werten. Vollständige mechanische Belüftung. Zusätzlich PV-Anlage auf allen Dächern.

Variante R

Realisierte Schule mit demselben Raumprogramm auf Passivhausniveau. Primärkonstruktion in Holz incl. Wände und Dach. Vorwiegend Einsatz nachwachsender Rohstoffe. Weitgehende Vorfertigung, vollständige mechanische Belüftung incl. Kühlung soweit die Speichermasse nicht hinreicht. Reduzierter Stromverbrauch durch innovative Beleuchtung.

2. Lebenszykluskosten und Barwertberechnung

Die Lebenszykluskostenberechnung ist eine Erweiterung der Kostenbetrachtung über den angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren. Die Berechnung der Herstellungskosten nach DIN 276 wird erweitert durch zusätzliche Phasen mit entsprechenden Kostenstellen nach DIN 18960 und die abschließende Wirtschaftlichkeit unter Einbezug qualitativer Aspekte.

Basis für die Lebenszykluskostenberechnung:

- DIN 276
die Herstellungs- oder Baukosten.

DIN 18960 / Nutzungskosten:

- Ver- und Entsorgung
- Reinigung
- Wartung
- Instandsetzung

2.1. Baukosten

Die Baukosten wurden für die drei Varianten durch eine bauteilbasierte Modellierung in der integralen Planungssoftware auf der Basis der sirAdos-Baudatenbank ermittelt. Zu den verschiedenen Planungsständen wurden die Modellierungen 2012, 2013 und 2014 nachgeführt. Der Forschungsauftrag bestand in detaillierter Differenzierung der Varianten.

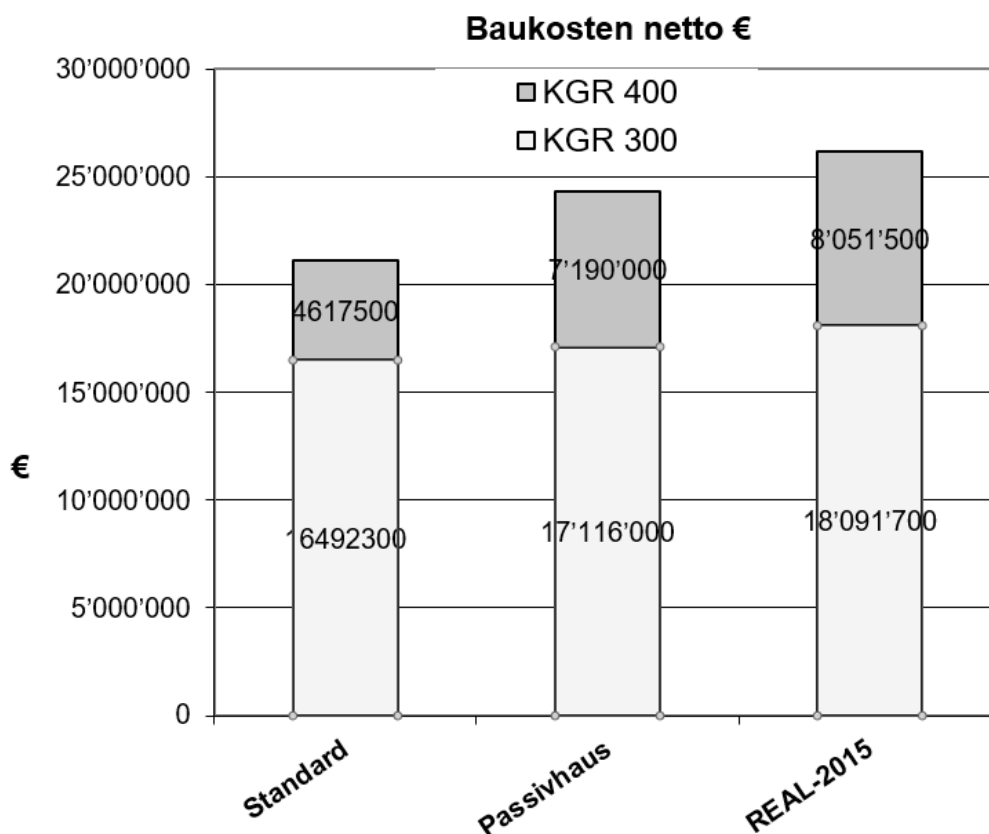


Abbildung 1: Baukostenübersicht KGR 300-400 Variante S, P, R netto

Die ermittelten Herstellungskosten nach DIN 276 bezogen auf m² BGF betragen für die Variante S Euro 1.352, für die Variante P Euro 1.489 und die Variante R Euro 1.623. Die Baukosten der Variante R liegen um ca. 23,8 % über den Kosten Variante S in den Kostengruppen 300 und 400. Ausschlaggebend sind hierbei die deutlich höheren Technikkosten (Komplettlüftung, Photovoltaikanlage), Bedingung für EU-Standard 2019 (Plus-Energie) und Lernkomfort. Vergleicht man die Baukosten mit Variante P, steigen die Baukosten nur um ca. 7,5 % an. Dieser Betrag entspricht den forschungsbedingten

Mehrkosten, so dass das Bauwerk selbst keine Mehrkosten aufweist. Ausschlaggebend ist der hohe Vorfertigungsgrad des Holzbaus, was die Forschungskosten im Bereich neue Lernkonzepte und Schadstoffminimierung ausgleicht.

Wirtschaftlichkeit der Baukosten:

Ein Vergleich der Baukosten (Stand 08.03.2016) mit dem BKI (Stand 1.Quartal 2014 und Stand 1. Quartal 2015) zeigt, dass die Kosten pro m³ BRI für den Neubau des Gymnasiums Diedorf im Bereich des Mittelwerts des BKI liegen. Es wird ersichtlich, dass das gesamte Forschungsprojekt im Rahmen der ausgewiesenen BKI-Kosten realisiert werden konnte und nicht relevant über dem Durchschnitt liegt.

2.2. Nutzungskosten

Während des Nutzungszeitraums wird in dem Gebäude eine Fülle an Dienstleistungen ausgeführt, die jeweils mit weiteren Kosten verbunden sind. Der Rückbau wird bisher im Rahmen der Zertifizierung ausdrücklich nicht erfasst und deshalb auch hier nicht berücksichtigt. Die durchgeführten Berechnungen haben folgende externen Parameter berücksichtigt:

- Kostenabrechnung nach Angabe der Architekten
- Energieberechnung nach Simulation für drei energetische
- PV-Kosten und Ertragsrechnung.

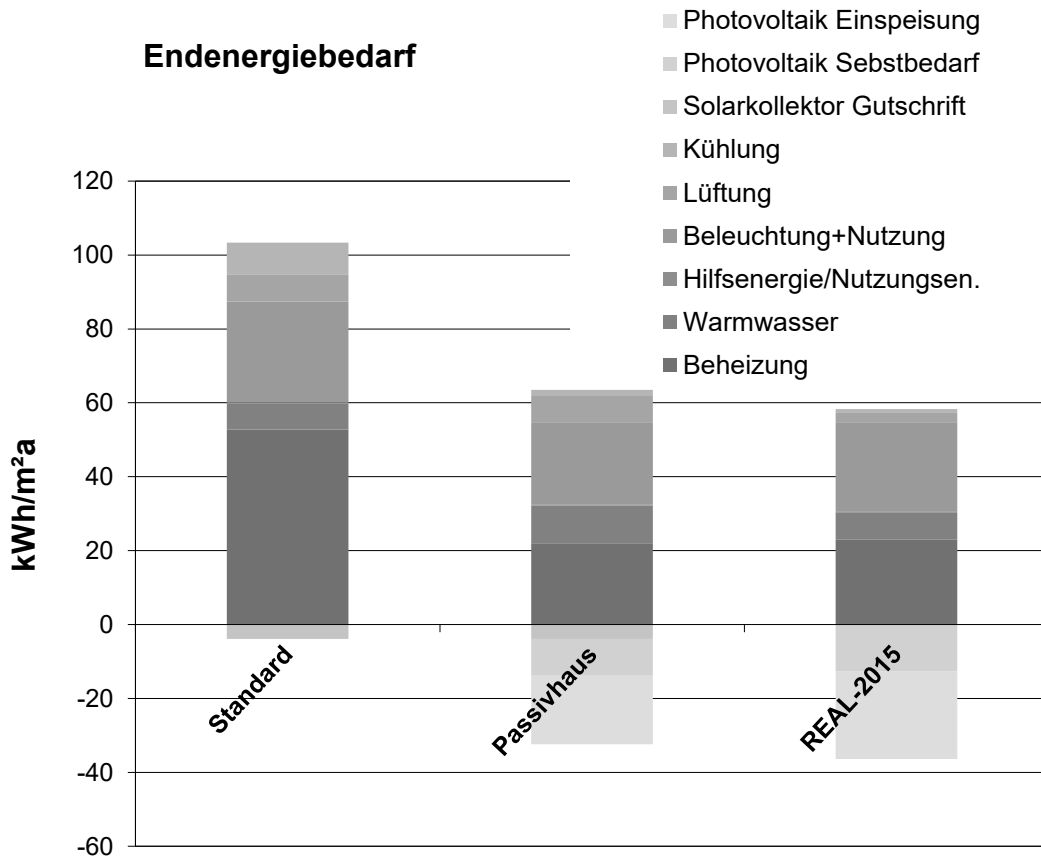


Abbildung 2: Endenergiebedarf in kWh/a bezogen auf den m² Energiebezugsfläche

Abbildung 2: Das Bild zeigt den berechneten Endenergiebedarf aufgeteilt auf die verschiedenen Bedarfsquellen. Als negative Werte wird die Stromerzeugung der PV-Anlage dargestellt, aufgeteilt nach Eigenverbrauch und Netzeinspeisung.

Die Ver- und Entsorgungskosten ergeben sich aus dem berechneten Endenergiebedarf für die drei Varianten. Auch im Endenergiebedarf zeigt sich noch der Vorteil der Plusenergieschule. Hier wird der Vorteil um die Photovoltaikanlage und den Aspekt des Lebenszyklusgedankens (langfristige Betrachtung) ergänzt. Einen erheblichen Einfluss auf die Medienkosten hat die Abschätzung des Eigenbedarfs an elektrischem Strom aus der PV-Anlage. Die anfangs angesetzte hohe Abnahme wurde auf der Basis einer Simu-

lationsrechnung auf einen Eigenbedarf von ca. 35 % beschränkt. Die Aufteilungsquote ist von besonderer Bedeutung, da der Eigenverbrauch den teuren externen Strombezug einspart. Die Netzeinspeisung wird zum jetzigen Zeitpunkt um 50 % weniger als der Einkaufspreis vergütet.

Der Wasserbedarf wurde für alle Varianten gleich angenommen.

Die Reinigungskosten wurden für «normale Verschmutzung» ermittelt.

Die Wartungskosten orientieren sich an der technischen Ausstattung der Schule, den Empfehlungen der Hersteller bzw. Verordnungen (z.B. Heizungswartung) und Empfehlungen (AMEV2006, LEGEP).

Die Instandsetzungskosten entsprechend angesetzten Zyklen für die Ersatzarbeiten nach «Leitfaden für nachhaltiges Bauen» des Bundesministeriums für Verkehr, Bauen und Wohnen [BMVBS01] bzw. für technische Anlagen gemäß VDI 2067.

Die Kosten über einen bestimmten Betrachtungszeitraum wurden kumuliert. Es wurde ein statisches Berechnungsverfahren angewandt, bei dem alle Kostenarten fortlaufend entsprechend ihres durch den Zyklus festgelegten Auftretens addiert werden (ein stark vereinfachtes Modell ohne Berücksichtigung der Verzinsung des eingesetzten Kapitals).

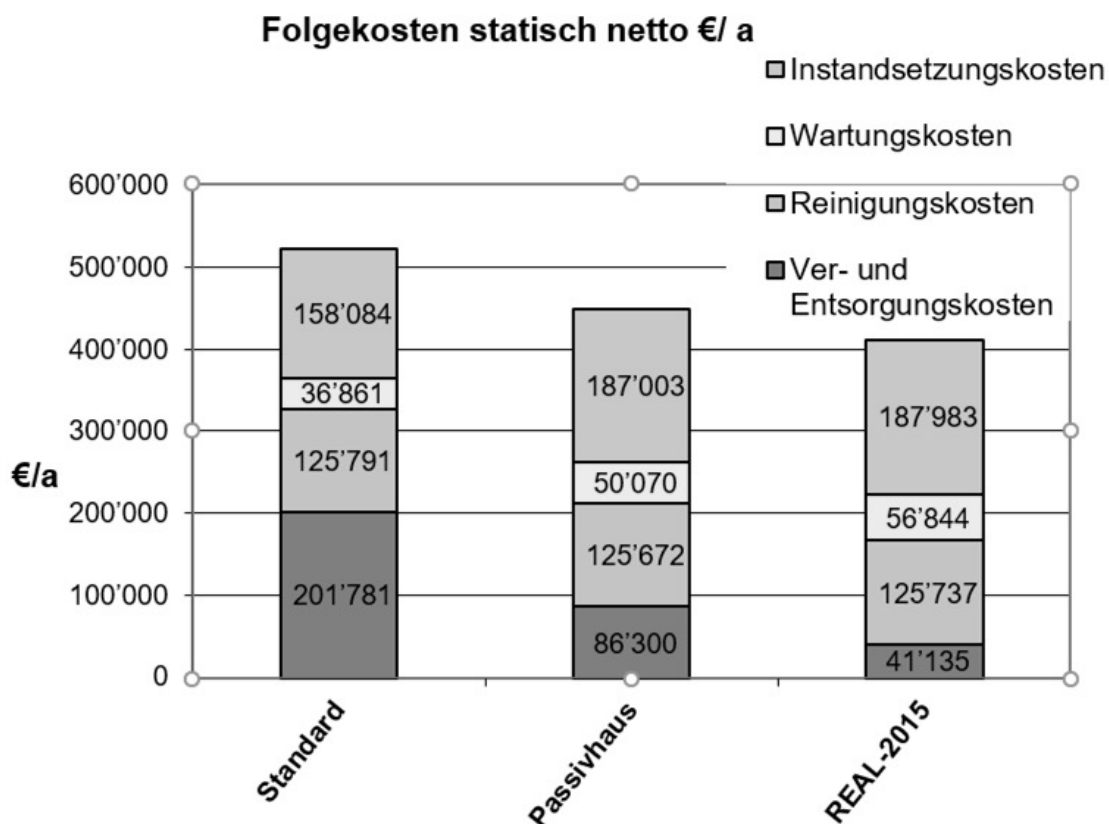


Abbildung 3: Folgekosten nach der statischen Berechnung in €/a (ohne Preissteigerung).

Das Bild zeigt bei der Variante S die hohen Energiekosten, die bis auf ein Fünftel des Werts reduziert werden können. In Variante R wirkt sich der Eigenbedarf an der PV-Stromerzeugung aus. Es werden 35 % an Eigenstromversorgung angesetzt.

Die jährlichen Nutzungskosten betragen bei Variante S Euro 513.000, bei der Variante P Euro 440.000, bei Variante R Euro 402.000. Die hohen Einsparungen bei den Versorgungskosten werden teilweise durch höhere Wartungs- und Instandsetzungskosten kompensiert. Variante R weist um 19 % niedrigere Kosten auf als die Standardvariante. Bezogen auf den m² BGF weist die Variante R mit 25,56 Euro/m² den niedrigsten Wert auf.

Nutzungskosten dynamisiert und Barwertermittlung

Um die wirtschaftliche Dynamik abzubilden, werden Preissteigerungsfaktoren entsprechend Erfahrungswerten vergangener wirtschaftlicher Entwicklung angesetzt. Es muss wegen der zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftretenden Mittelabflüsse ein dynamisches Verfahren angewendet werden. Unterschiedliche Mittelzu- oder -abflüsse erschweren

einen Vergleich verschiedener Gebäude. Ziel ist die Vergleichbarkeit von Gebäuden unterschiedlicher Ausführung (Herstellungskosten) und unterschiedlichem Mittelabfluss (Folgekosten) über einen bestimmten Betrachtungszeitraum. Die hierfür angewandte Methode heißt «Kapitalwertmethode oder Barwertmethode».

Barwert oder Gegenwartswert ist ein Verfahren, das zukünftige Kosten vergleichbar macht, in dem die zu erwartende zukünftigen Zinsen berücksichtigt werden. Der Barwert wird ermittelt unter der Annahme, dass man einen Geldbetrag X heute mit einem vorgegebenen Zinssatz anlegt, der dann in der Zukunft den notwendigen Geldbetrag erwirtschaftet.

Die Kostenentwicklung pro Jahr bei diesem Projekt bewegt sich zwischen +2 % bei Wasser, Wartung, Reinigung u.a. und max. 4 % bei Energie. Der angewendete Barwertzins beträgt 3,5 %/a.

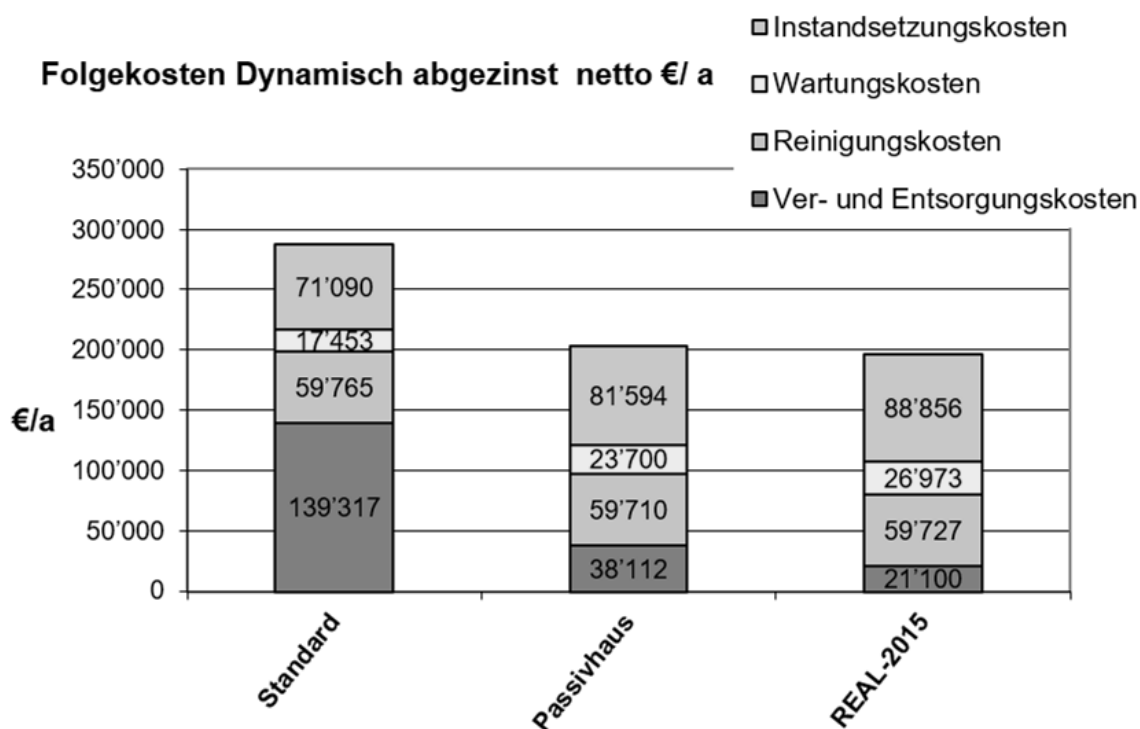


Abbildung 4: Folgekosten dynamisiert, und abgezinst in €/a

Abbildung 4 zeigt im Vergleich zur statischen Berechnung, den Einfluss der Preissteigerung bei den Energiekosten der Variante S und die Reduzierung des Anteils der Instandsetzung durch den Abzinsungseffekt bei Investitionen, die später im Lebenszyklus auftreten.

Die dynamisierten und abgezinsten Folgekosten verdeutlichen die Unterschiede zwischen den Varianten. Die Variante R ist um 31 % günstiger als Variante S. Dies liegt an den dauerhaft hohen Energiekosten dieser Variante und der geringeren Wertigkeit der wesentlich später einsetzenden höheren Instandsetzungskosten bei Variante R. Die Instandsetzung- und Wartungskosten sind bei dieser Variante am höchsten wegen der größeren PV-Anlage und der aufwändigeren technischen Anlagen.

Betrachtet man sämtliche Folgekosten einer Schule, dynamisiert einzelnen Kostenstellen und berücksichtigt die Verzinsung der Kapitalkosten, so zeigt sich ein Vorteil von insgesamt 31 % für Variante R gegenüber Variante S. Gegenüber Variante P ist ebenfalls ein kleiner Vorteil ersichtlich, der aber angesichts des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren nicht entscheidungsrelevant ist.

Die Lebenszykluskosten/Barwertermittlung berücksichtigt Herstellungskosten und Folgekosten der jeweiligen Gebäudevariante. Der Barwert wird auf den m² Bruttogrundfläche bezogen.

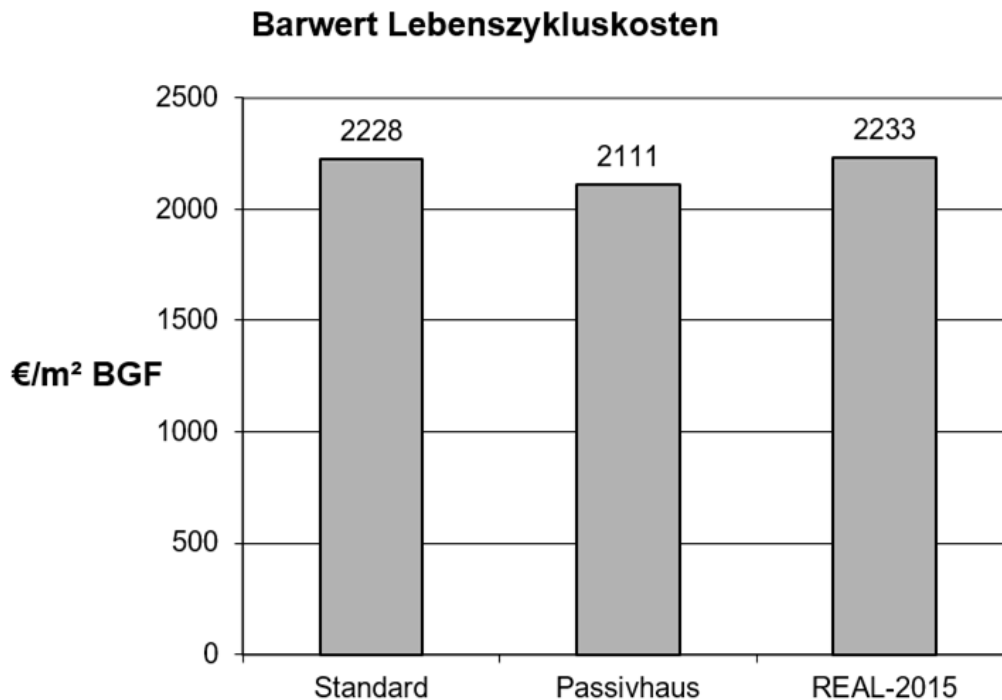


Abbildung 5: Barwert Lebenszykluskosten in €/m²BGF

Abbildung 5 zeigt den erreichten Barwert bezogen auf den m2 BGF bei einem Betrachtungszeitraum von 50 a. Die Variante R gleicht annähernd Variante S und liegt wegen der höheren Herstellungskosten um 6 % erhöht gegenüber der Variante P, bietet aber den höchsten Komfort und pädagogische Qualität.

3. Fazit

Die Unterschiede zwischen den Gebäudevarianten sind sehr gering und bei dem langen Betrachtungszeitraum zu vernachlässigen. Dies bedeutet, dass sich das qualitativ hochwertige und nachhaltige Gebäude im Lebenszyklus rechnet bzw. keine monetären Nachteile gegenüber einer Standardschule aufweist. Energieeinsparungen gemäß Variante P und Vorteile der Holzbauweise gleichen bauliche und betriebliche Mehrkosten langfristig aus. Der Mehrwert ergibt sich beim Qualitätsstandard, u.a.:

- Hochwertige Raumatmosphäre mit entsprechenden Lernbedingungen Schüler und Lehrer
- Flexibilität des Raumkonzeptes für neue Lernmethoden – Erhöhung Lernqualität
- Guter sommerlicher thermischer Komfort (keine Überhitzung)
- Reduzierung von Risikostoffen im Hinblick auf Gesundheit und Umweltentlastung

Im Rahmen des geförderten Monitoring werden zudem der laufenden Betrieb (Komfort und Kosten) und die ambitionierten Ziele optimiert.

Das Gebäude wurde mit folgenden Preisen ausgezeichnet:

- Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2016
- Deutscher Architekturpreis 2017
- Deutscher Holzbaupreis 2017



Abbildung 6: Schmuttertal Gymnasium, Diedorf