

Forum Holzbau –

Bauen mit Holz im urbanen Raum

Lebenszykluskosten von Gebäuden
Wettbewerbsvorteile nachwachsender Rohstoffe

Autor: Dipl. Ing. Holger König Architekt

Lebenszykluskosten von nachhaltigen Gebäuden

Inhalt

1. Grundlagen

Kostenstruktur nach DIN und VDI

2. Lebenszyklusbetrachtung bei Konstruktionen

Integrale Bearbeitung von LCC-Varianten

3. Variantenvergleiche

Projekt Schmuttertal Gymnasium

4. Monitoring

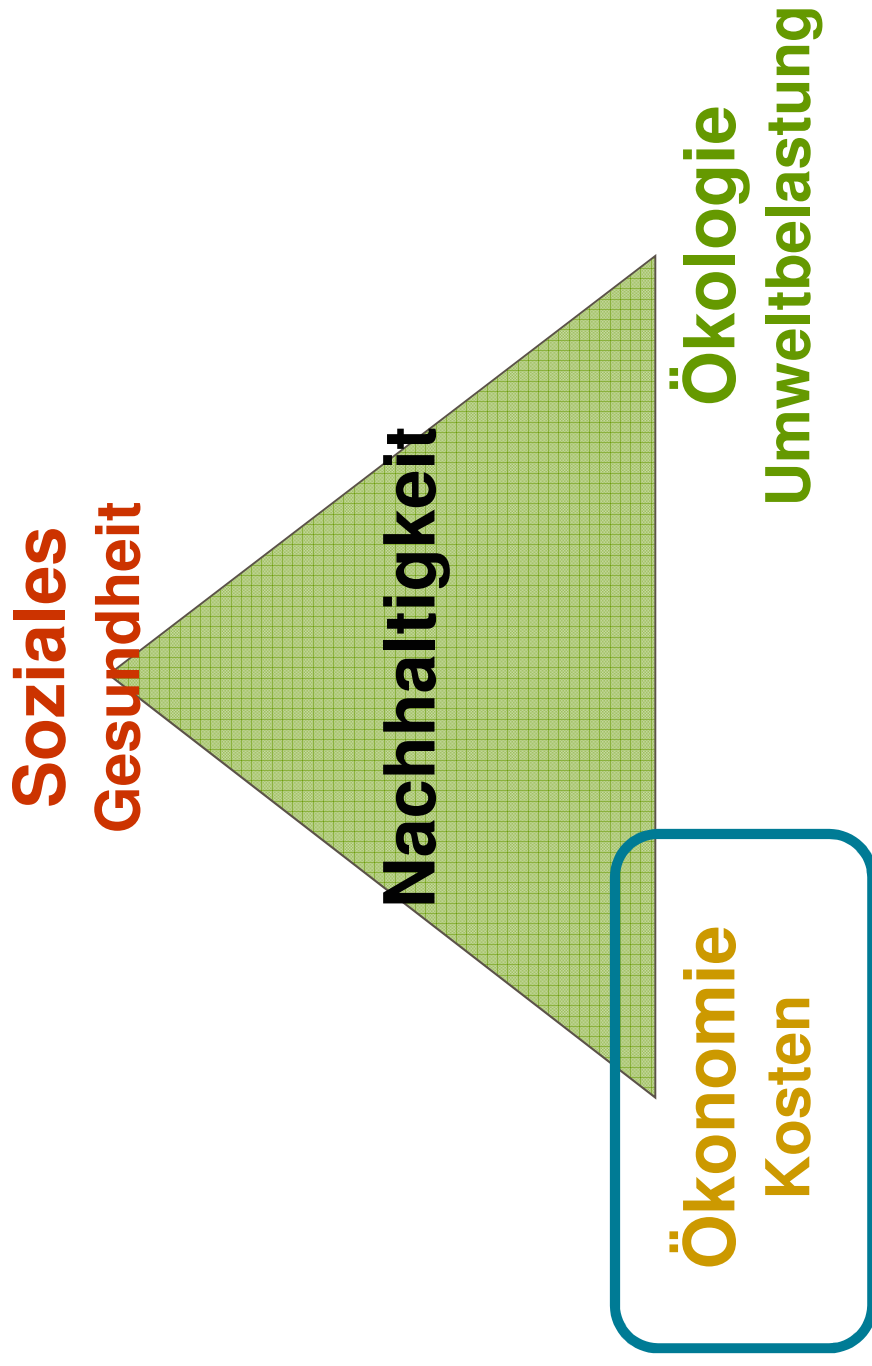
Ergebnisse

Lebenszykluskosten von nachhaltigen Gebäuden

Inhalt

- 1. Grundlagen**
Kostenstruktur nach DIN und VDI
- 2. Lebenszyklusbetrachtung bei Konstruktionen**
Integrale Bearbeitung von LCC-Varianten
- 3. Variantenvergleiche**
Projekt Schmuttertal Gymnasium
- 4. Monitoring**
Ergebnisse

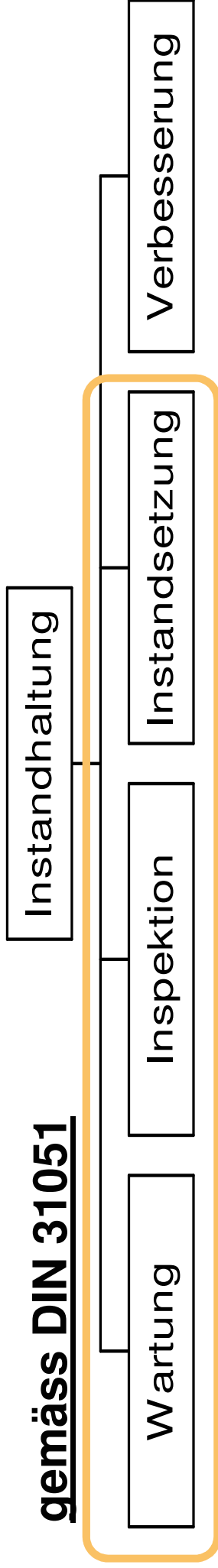
Das Nachhaltigkeitsdreieck



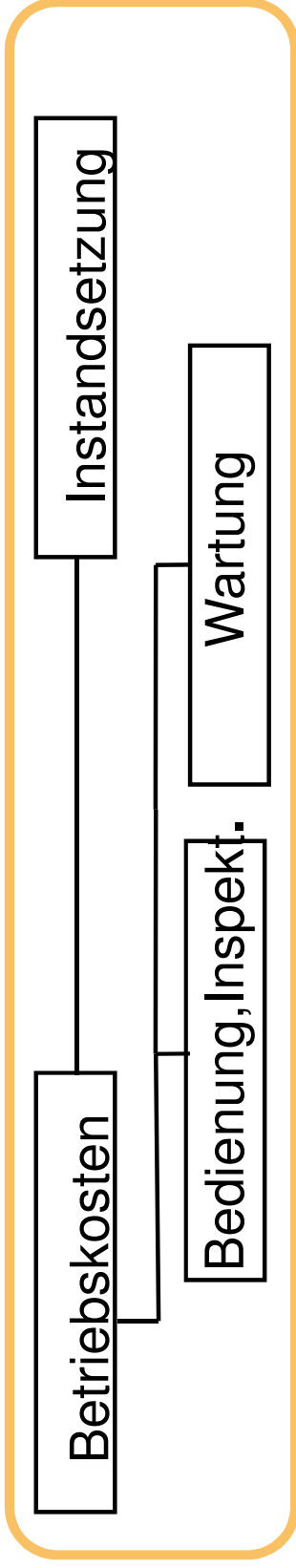
Funktionalität, Technik

Definitionen

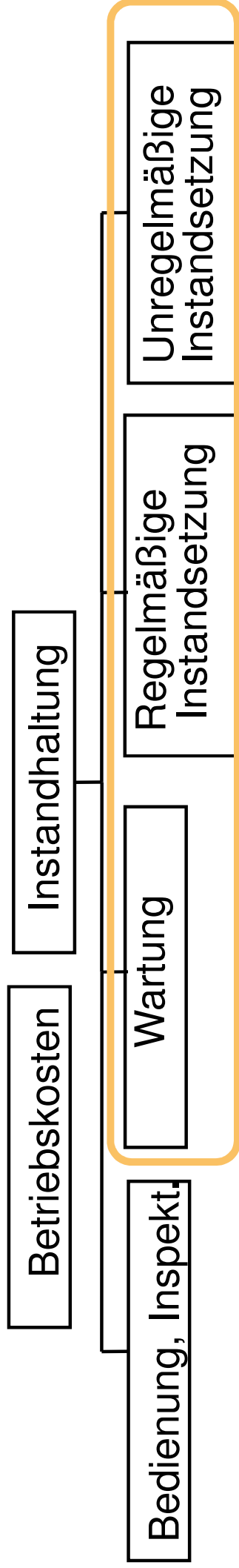
gemäss DIN 31051



gemäss DIN 18960

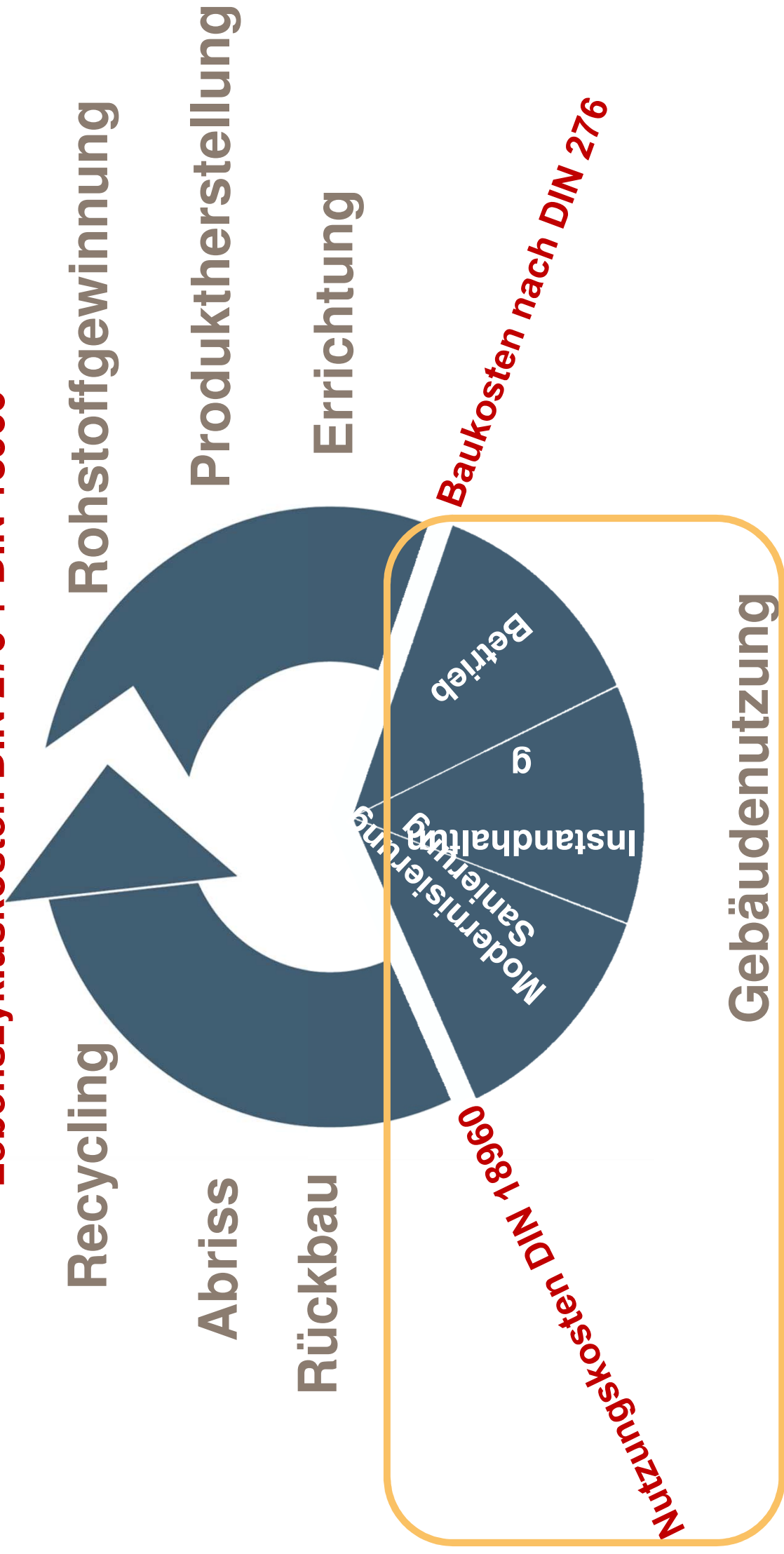


gemäss VDI 2067



Baukosten – Nutzungskosten – Lebenszykluskosten

Lebenszykluskosten DIN 276 + DIN 18960

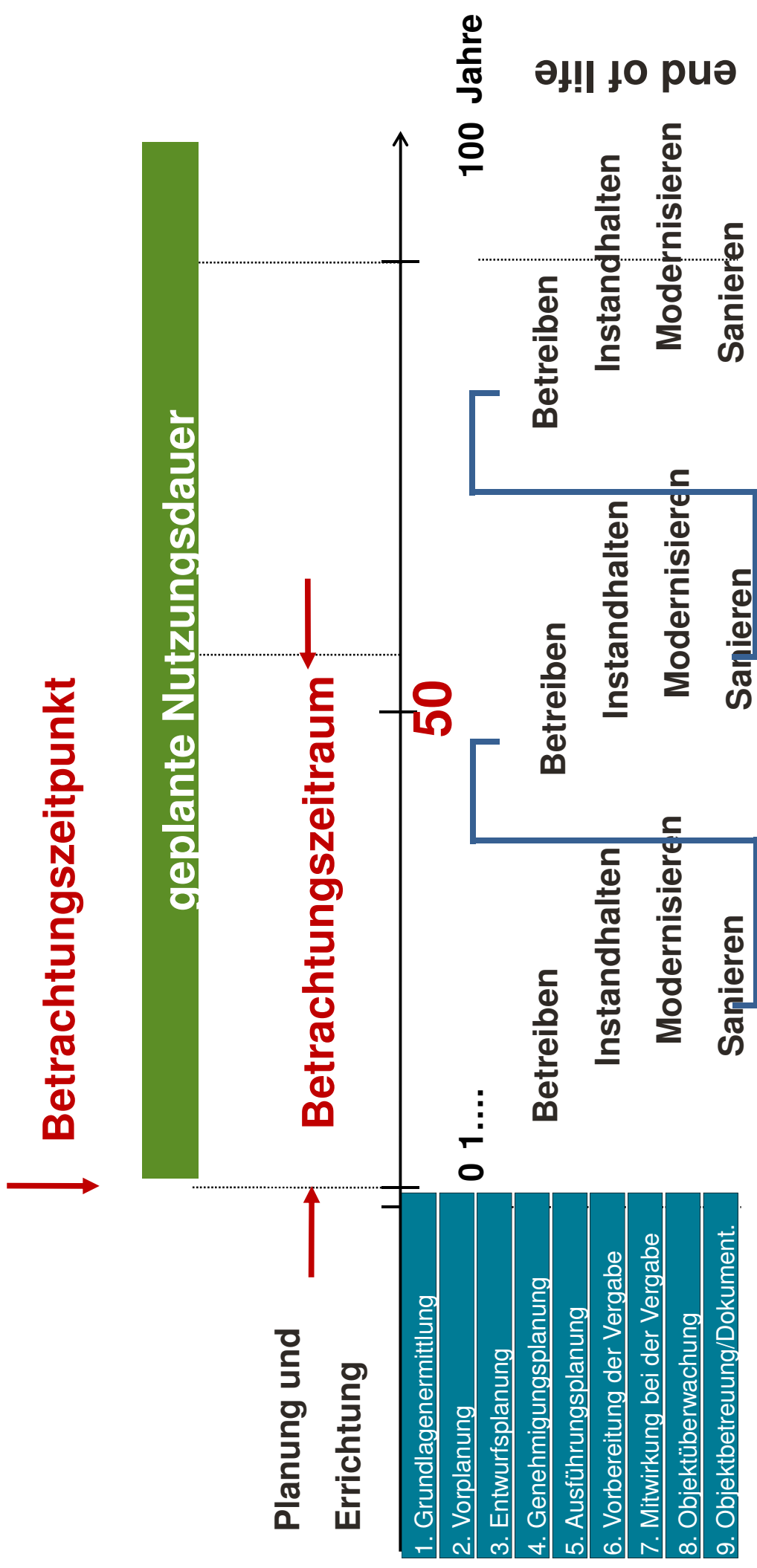


Baunutzungskosten nach DIN 18960

Die Nutzungskosten umfassen alle in baulichen Anlagen und deren Grundstücken regelmäßig oder unregelmäßig wiederkehrenden Kosten von Beginn ihrer Nutzbarkeit bis zu ihrer Beseitigung.

- 100 Kapitalkosten
- 200 Objektmanagementkosten
- 300 Betriebskosten
- 400 Instandsetzungskosten

Betrachtungszeitpunkt und Betrachtungszeitraum



Lebenszykluskosten von nachhaltigen Gebäuden

Inhalt

1. Grundlagen

Kostenstruktur nach DIN und VDI

2. Lebenszyklusbetrachtung bei Konstruktionen Integrale Bearbeitung von LCC-Varianten

3. Variantenvergleiche

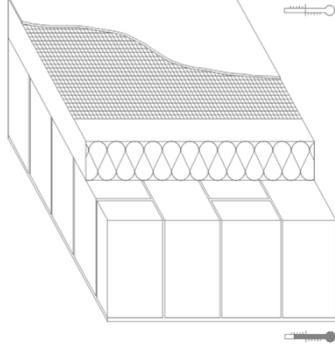
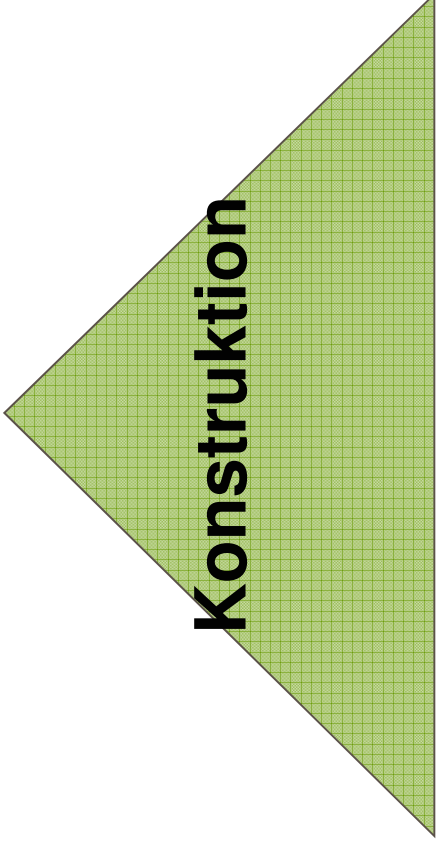
Projekt Schmuttertal Gymnasium

4. Monitoring

Ergebnisse

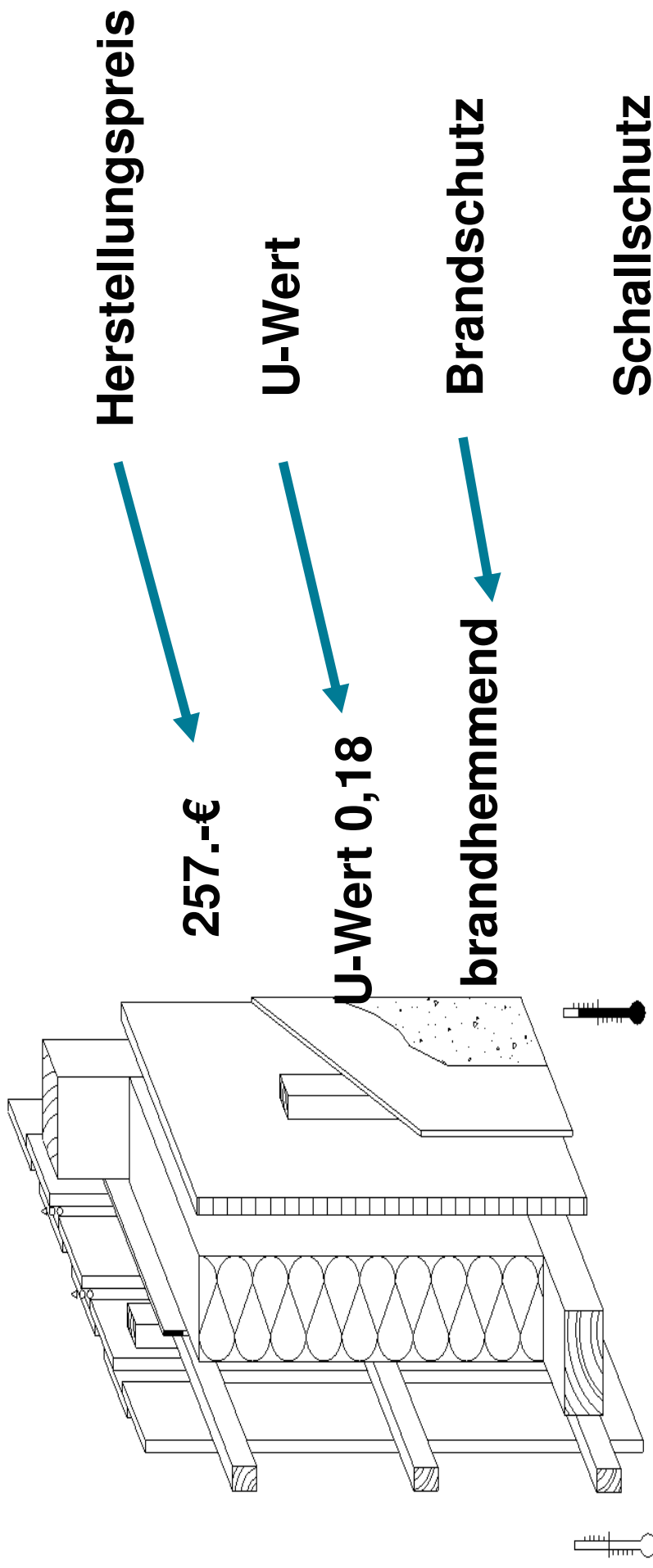
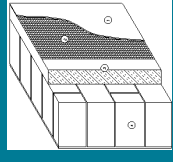
Konstruktionsebene

- **Ausführungskosten**
- **Folgekosten**
- **Reinigung,
Wartung,
Instandsetzung
Rückbau**



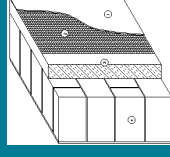
- **funktionelles Äquivalent 1/R-Wert (U-Wert)**

Vergleich: Funktionelle Einheit m^2 - U-Wert

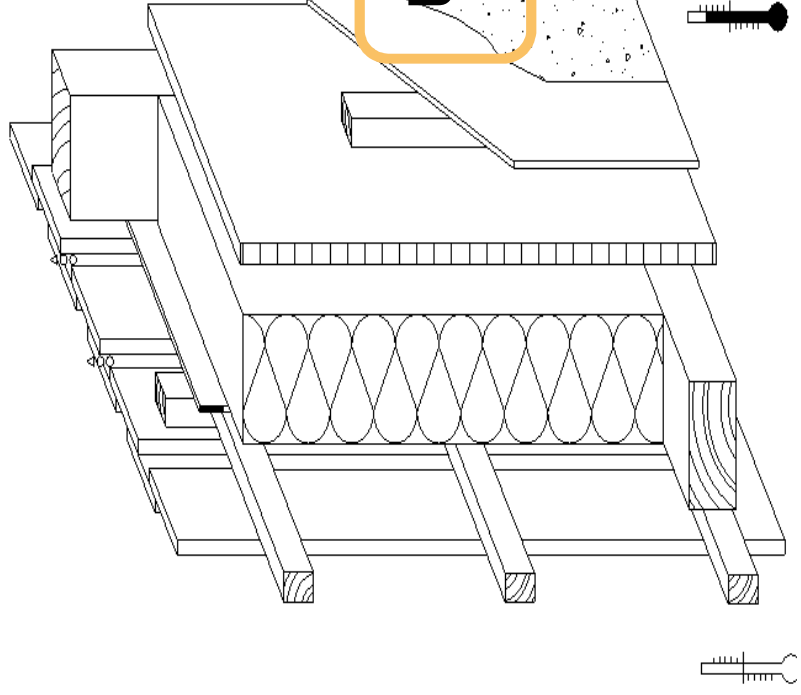


Außenwandkonstruktion aus Holz als Rahmenkonstruktion, $d=24\text{ cm}$, Zellulosed. 240 mm zwischen den Ständern, außen hinterlüftete Boden-Deckelschalung, Naturharzlasur, innen Gipskarton-Bekleidung mit Silikat-Dispersionsbeschichtung

Vergleich: Funktionelle Einheit m^2 - gleicher U-Wert, Herstellungskosten



Herstellungspreis



257.-€

U-Wert 0,18

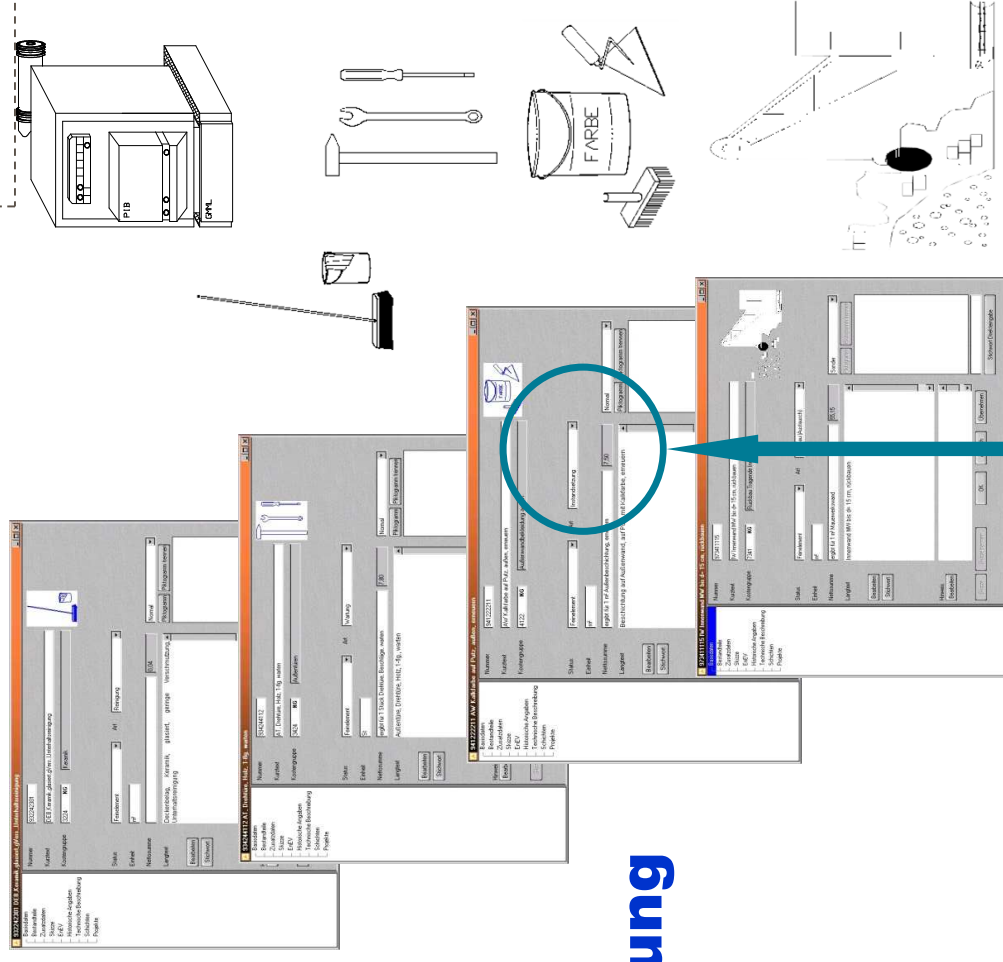
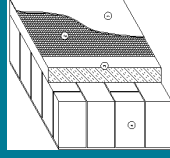
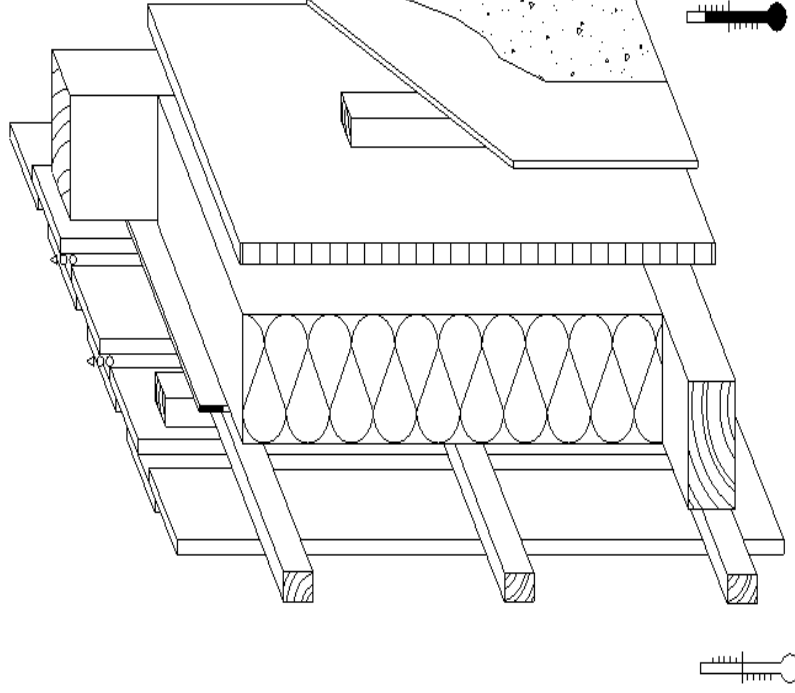
250.-€

U-Wert 0,19

Außenwandkonstruktion aus Holz als Rahmenkonstruktion, $d=24$ cm, Zellulosed. 240 mm zwischen den Ständern, außen hinterlüftete Boden-Deckelschalung, Naturharzlasur, innen Gipskarton-Bekleidung mit Silikat-Dispensionsbeschichtung

Außenwandkonstruktion aus Holz als Ständerkonstruktion, $d=16$ cm, Flachsdämmung 160 mm zwischen den Ständern, außen hinterlüftete Boden-Deckelschalung, Naturharzlasur, innen Installationsvorsatzschale Holzständer mit Hohlraumdämmung aus Flachs 60 mm, Gipskartonbeplankung 12,5 mm, Silikatbeschichtung

Folgekosten ermitteln



(Betrieb)

Reinigung

Wartung

Instandsetzung

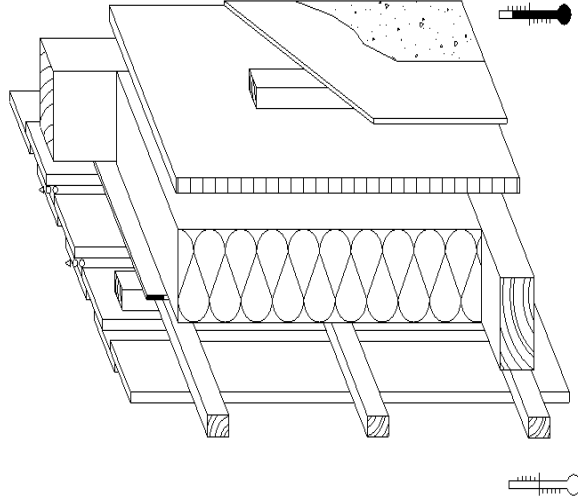
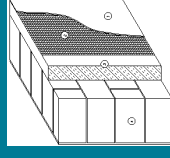
Rückbau

Generisch

Spezifisch

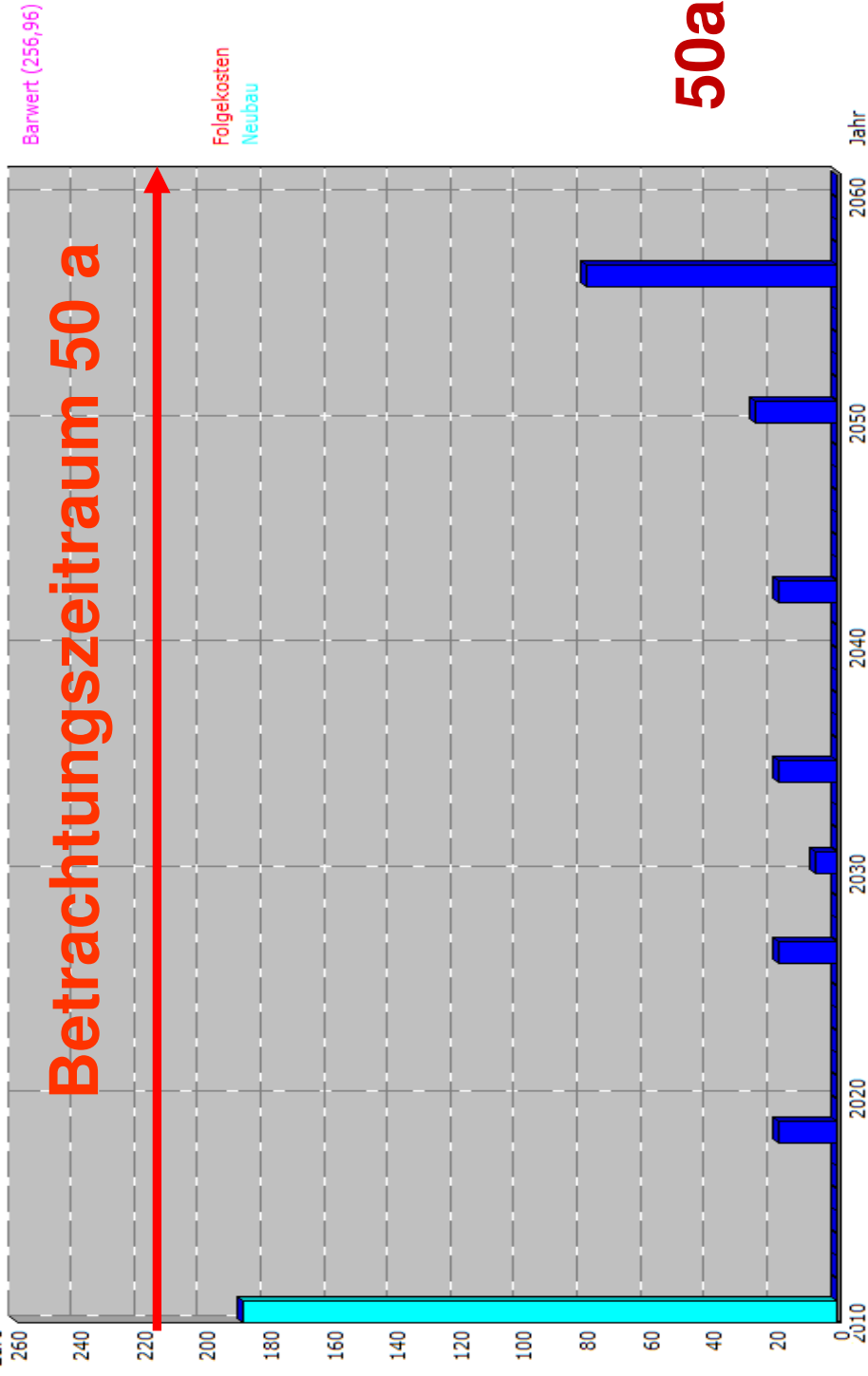
PREIS € pro m²/Zyklus

Folgekosten grafisch 50 a



Energiepreiserhöhung % pro Jahr Real-Zinssatz Betrachtungszeitraum Jahre

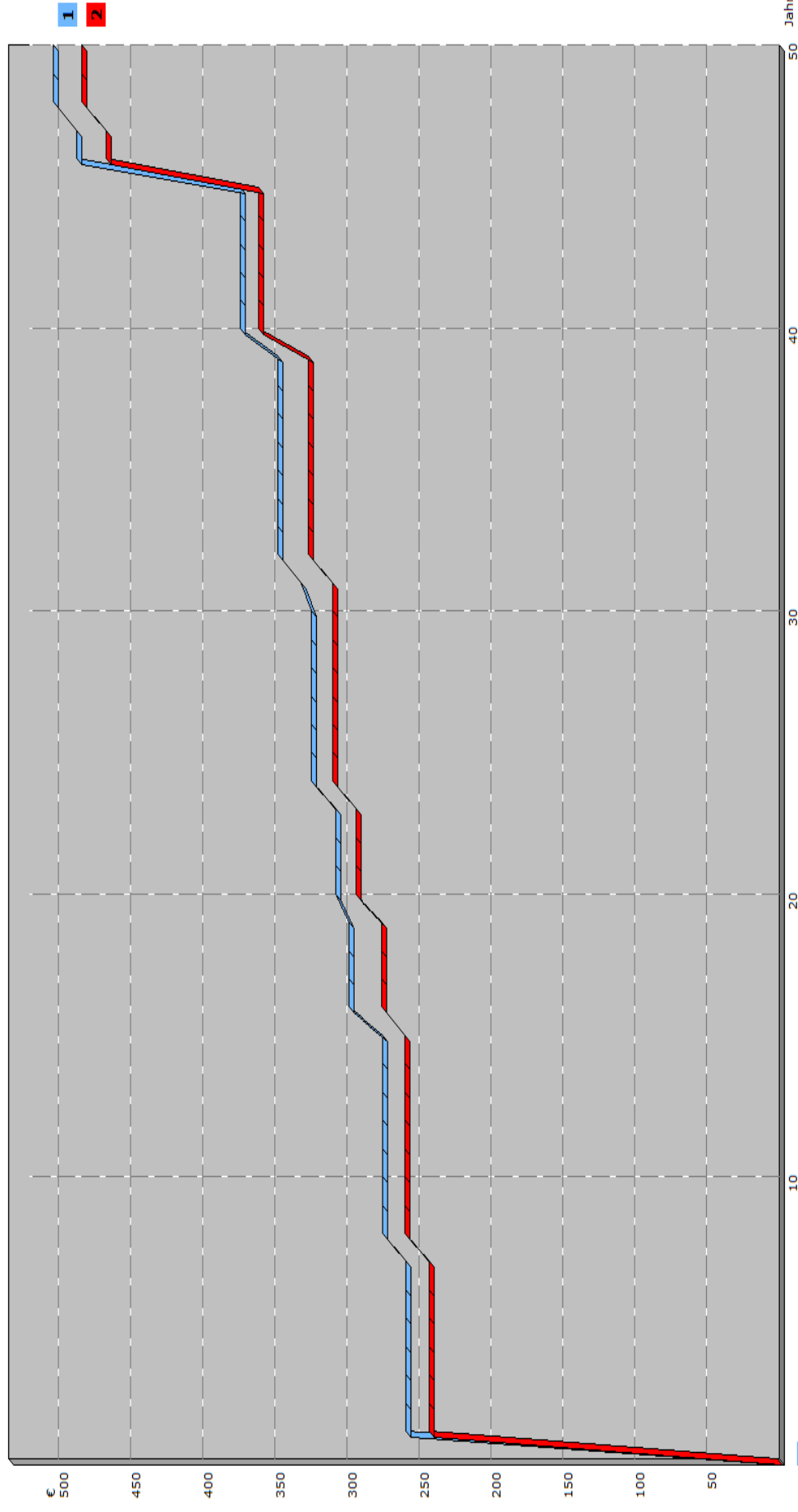
Lebenszyklus Kosten summiert (Netto) AWK Holzrahmen, MW 120, Boden-Deckelschalung, Lasur, GK+WD



Miteileinsatz in 50 a

Lebenszykluskosten

Betrachtungszeitraum 50 a



50a

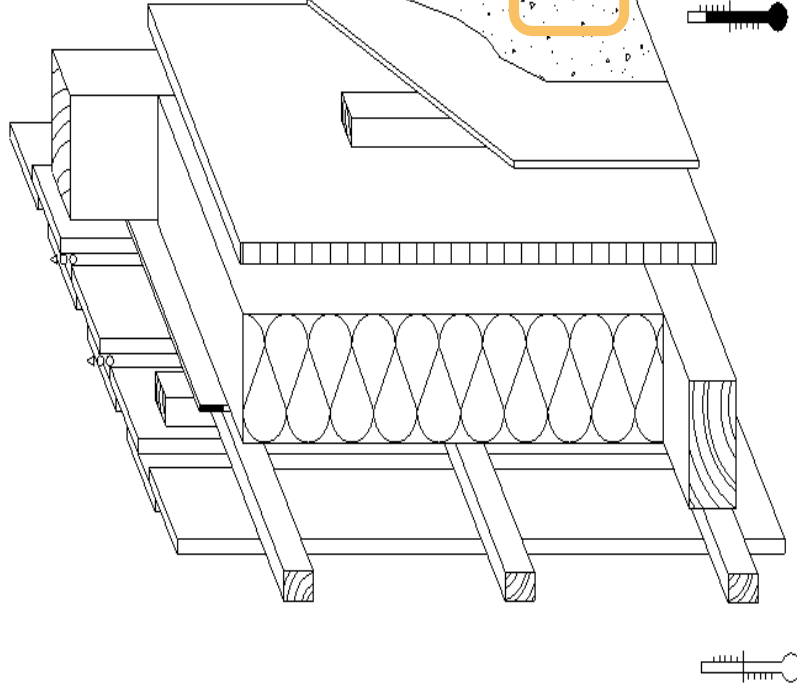
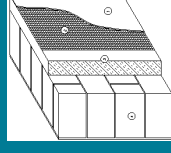
1

133047256 AWK, Holzstegträger, Zellulose 240, Boden-Deckelschalung, Lasur, GK innen

2

133047444 AWK Holz,Flachs, 160 zw.Ständ.,Schalung, Inst.-Vorsatzsch WD 50. GK, Dispersion

Vergleich Holz-Außenwände absolut €

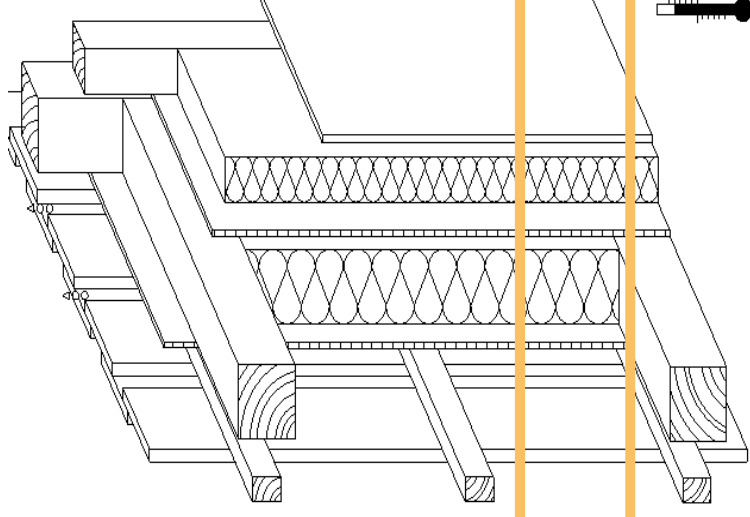


H = 257.-€

U-Wert 0,18

LCC = 500 .-€

Außenwandkonstruktion aus Holz als Rahmenkonstruktion, d=24 cm, Zellulosed. 240 mm zwischen den Ständern, außen hinterlüftete Boden-Deckelschalung, Naturharzlasur, innen Gipskarton-Bekleidung mit Silikat-Dispensionsbeschichtung



H = 250.- €

U-Wert 0,19

LCC = 480 .-€

Außenwandkonstruktion aus Holz als Ständerkonstruktion, d= 16 cm, Flachsdämmung 160 mm zwischen den Ständern, außen hinterlüftete Boden-Deckelschalung, Naturharzlasur, innen Installationsvorsatzschale Holzständer mit Hohlraumdämmung aus Flachs 50 mm, Gipskartonbeplankung 12,5 mm, Silikatbeschichtung

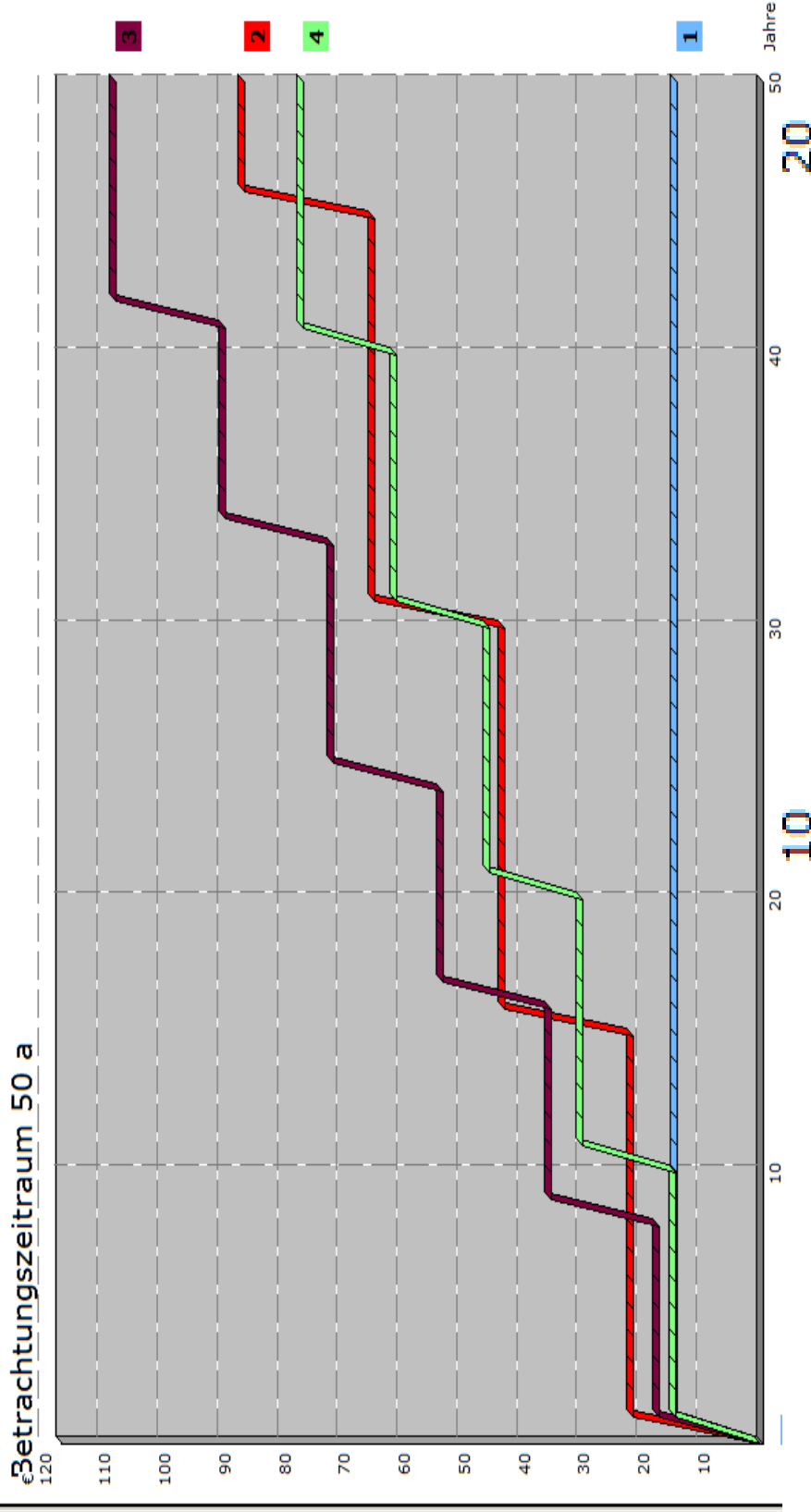
Holzfassade - Oberfläche

Untersuchung für innerstädtisches Bauprojekt nach ökologischen , ökonomischen und Risikoaspekten:

- Keine Beschichtung - Vergrauung - keine Farbgebung
- Beschichtung mit Vorvergrauung - langfristig evtl. Vergrauung - Farbgebung beschränkt möglich
- Beschichtung Kunst- oder Naturharzdünnschichtlasur - Wiederholungsanstrich - Farbgebung unbeschränkt möglich
- Beschichtung Kunst- oder Naturharzdickschichtlasur - Wiederholungsanstrich seltener - Farbgebung unbeschränkt möglich
- Beschichtung Silikatanstrich - Wiederholungsanstrich seltener - Farbgebung unbeschränkt möglich

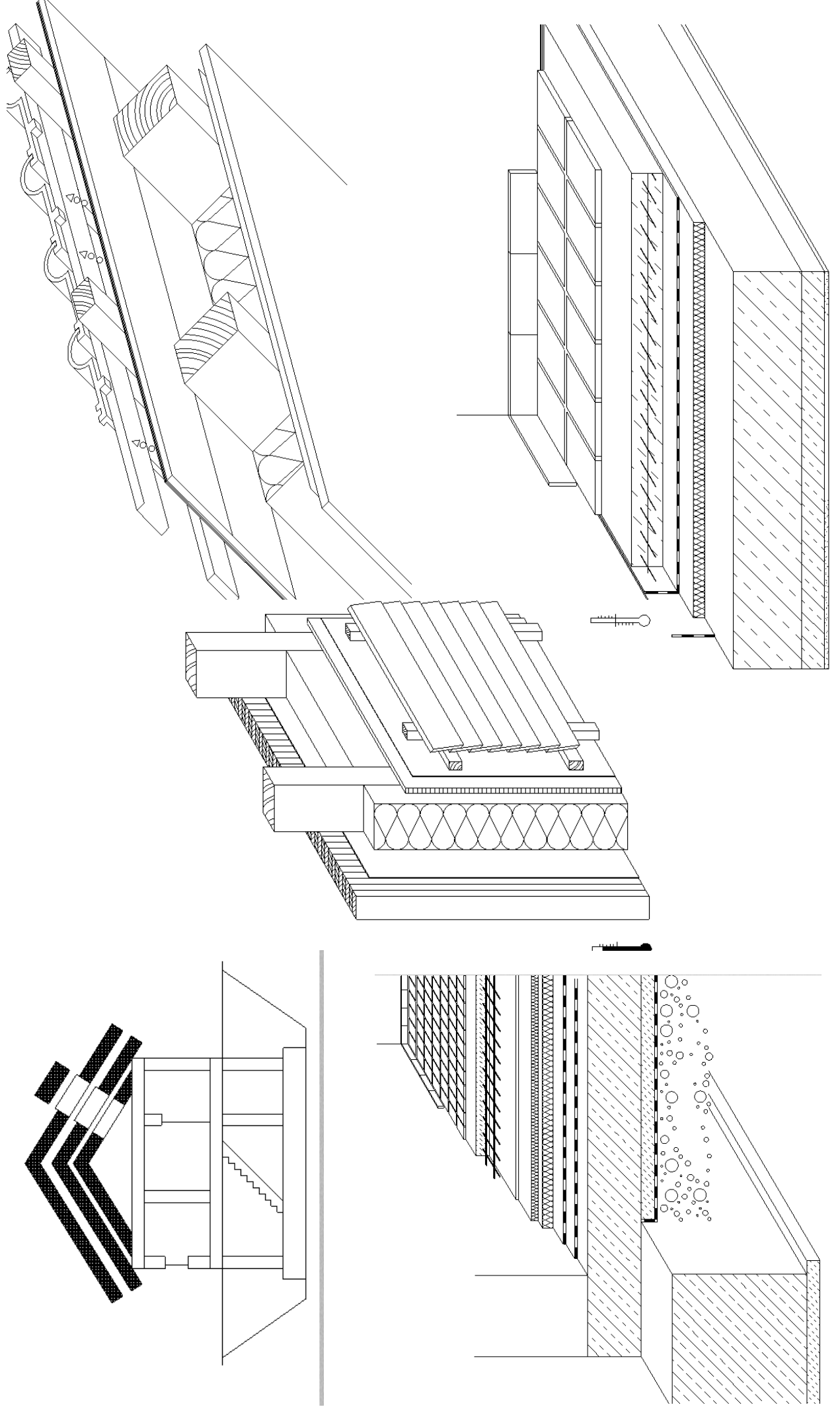
Lebenszykluskostenvergleich Oberflächenbeschichtung

Lebenszykluskosten



- 1 133526111 AW Vorvergrauungsanstrich als Silikatbeschichtung, außen, auf Holz
- 2 133526115 AW Silikatbeschichtung, außen, auf Holz
- 3 133526211 AW Naturharzölbeschichtung, außen, auf Holz
- 4 133526213 AW Kunstharzbeschichtung, außen, auf Holz (Lasur)

Bauteilkatalog mit Herstellungskosten und Folgekosten



Lebenszykluskosten von nachhaltigen Gebäuden

Inhalt

1. Grundlagen

Kostenstruktur nach DIN und VDI

2. Lebenszyklusbetrachtung bei Konstruktionen

Integrale Bearbeitung von LCC-Varianten

3. Variantenvergleiche

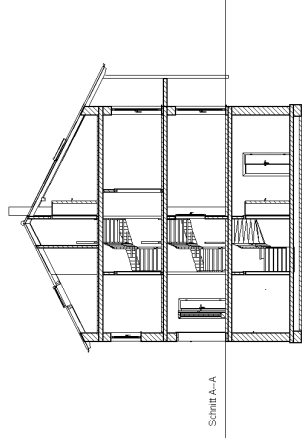
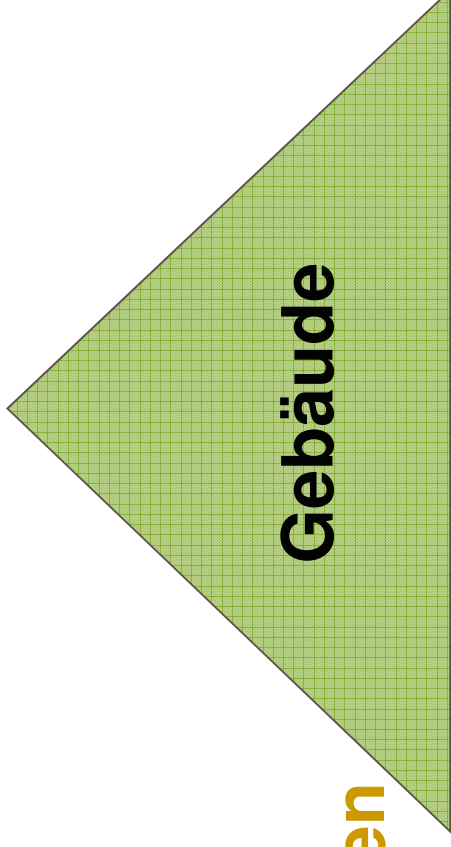
Projekt Schmuttertal Gymnasium

4. Monitoring

Ergebnisse

LCC-Life Cycle Costs

- **Baukosten**
- **Betriebskosten**
- **Unterhaltskosten**
- **Beseitigungskosten**



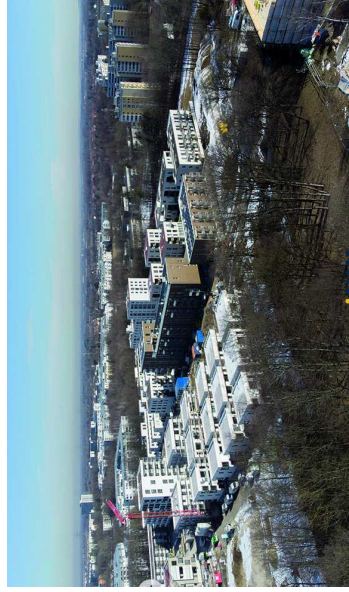
- **funktionelle Einheit: Energiebedarf**

Rechenregeln Lebenszykluskosten

- **Herstellung**
 - Herstellungskosten
- **Nutzungsphase**
 - Reinigungskosten
 - Wartungskosten
 - Ver- und Entsorgungskosten (alle Medien)
 - Regelmäßige Instandsetzungskosten – Reparatur VDI 2067
 - Unregelmäßige Instandsetzungskosten
- **End of Life (EOL)**
 - Rückbaukosten (nicht berücksichtigt)
 - Entsorgungskosten (nicht berücksichtigt)

Direkte Bezuschussung (Münchner Modell)

- **Baugebiet Prinz-Eugen Kaserne**



- **PEP 7 7-geschossiger
Holzbau mit
Massivholzteilen**



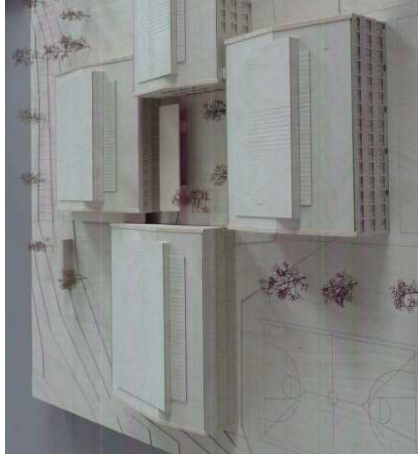
- **Ca. 850.000 kg Holz
zertifiziert**



- **Ca. 1,5 Mio Euro
Zuschuss der
Stadt**

Schmuttertal Gymnasium, Diedorf

Projektidee



e

„Mühe der Ebene“

Schmuttertal Gymnasium, Vorfertigung und Montage



Gymnasium Schmuttertal - Konzeptvergleich

Variantenbetrachtungen

Standard-Variante

Referenzgebäudes
der DIN 18599

Mineralische Bauweise

Turnhalle belüftet

Passivhausvariante

Mineralische Bauweise

Komplett belüftet

PV-Anlage

Plus-Energievariante

-Holzbauweise

-Komplett belüftet

-PV-Anlage

Plus-Energievariante

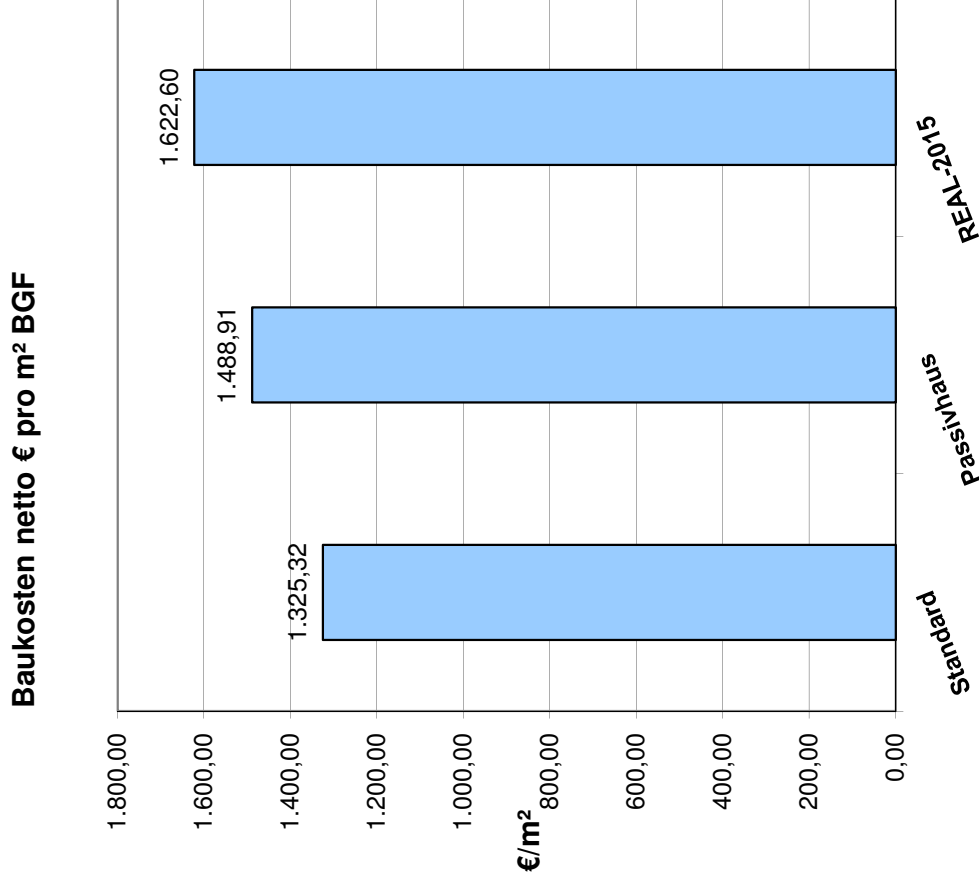
-Holzbauweise

-Schallkomfort

-Risikostoffe

-Pädagogisches
Konzept

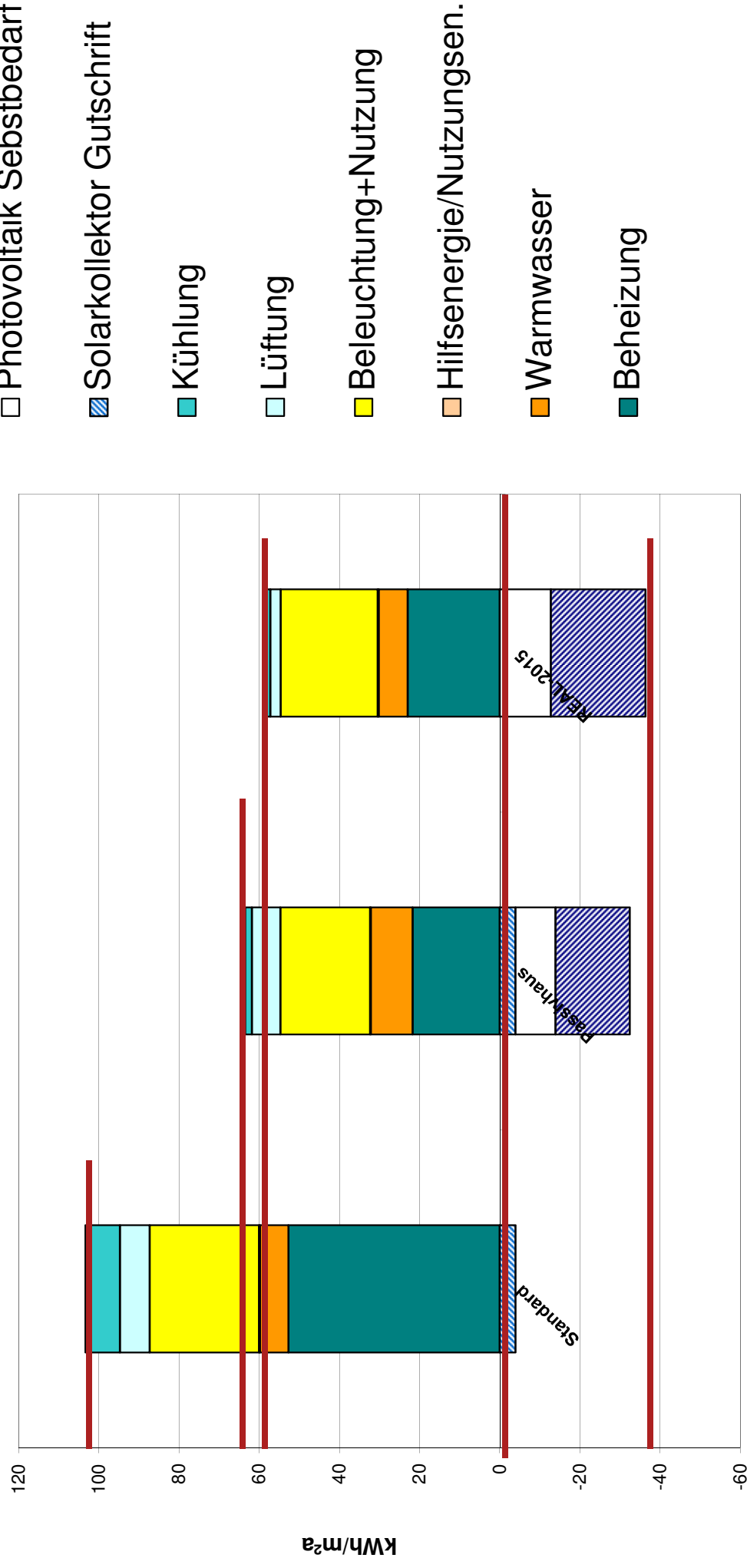
Gymnasium Diedorf, Baukosten € netto/m² BGF



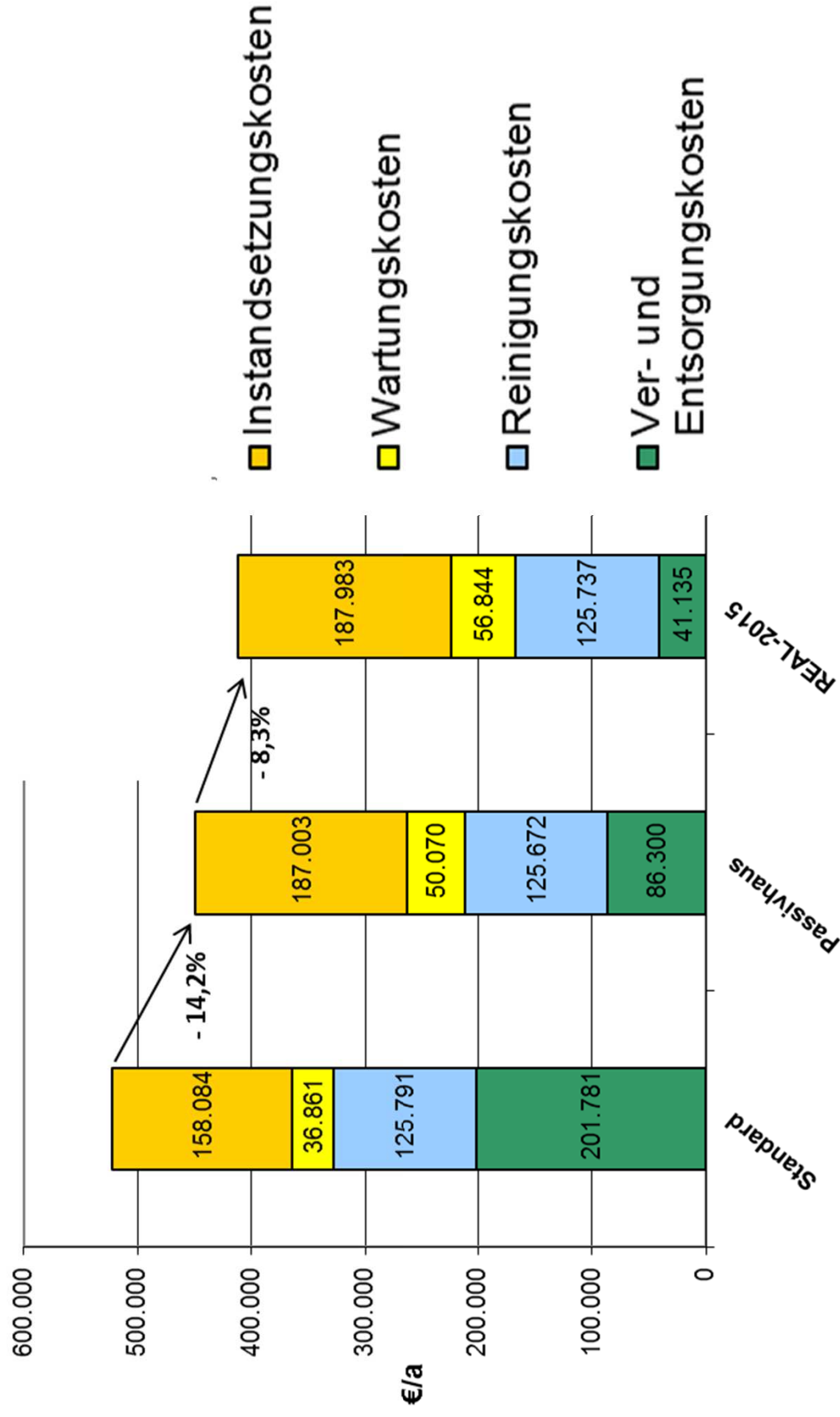
Die Baukosten des Forschungsprojektes liegen in den Kostengruppen 300 und 400 um ca. **23.8%** über den Kosten einer Standardschule. EnEV-Standard ohne Lüftung; mineralische Bauweise, Flurschule. Ausschlaggebend sind hierbei die deutlich höheren Technikkosten (Komplettlüftung, Photovoltaikanlage), die zu einem höheren Lernkomfort führen und die Schule für den EU-Standard 2019 (Plus-Energie) tauglich machen.

Endenergiebedarf kWh/m²a

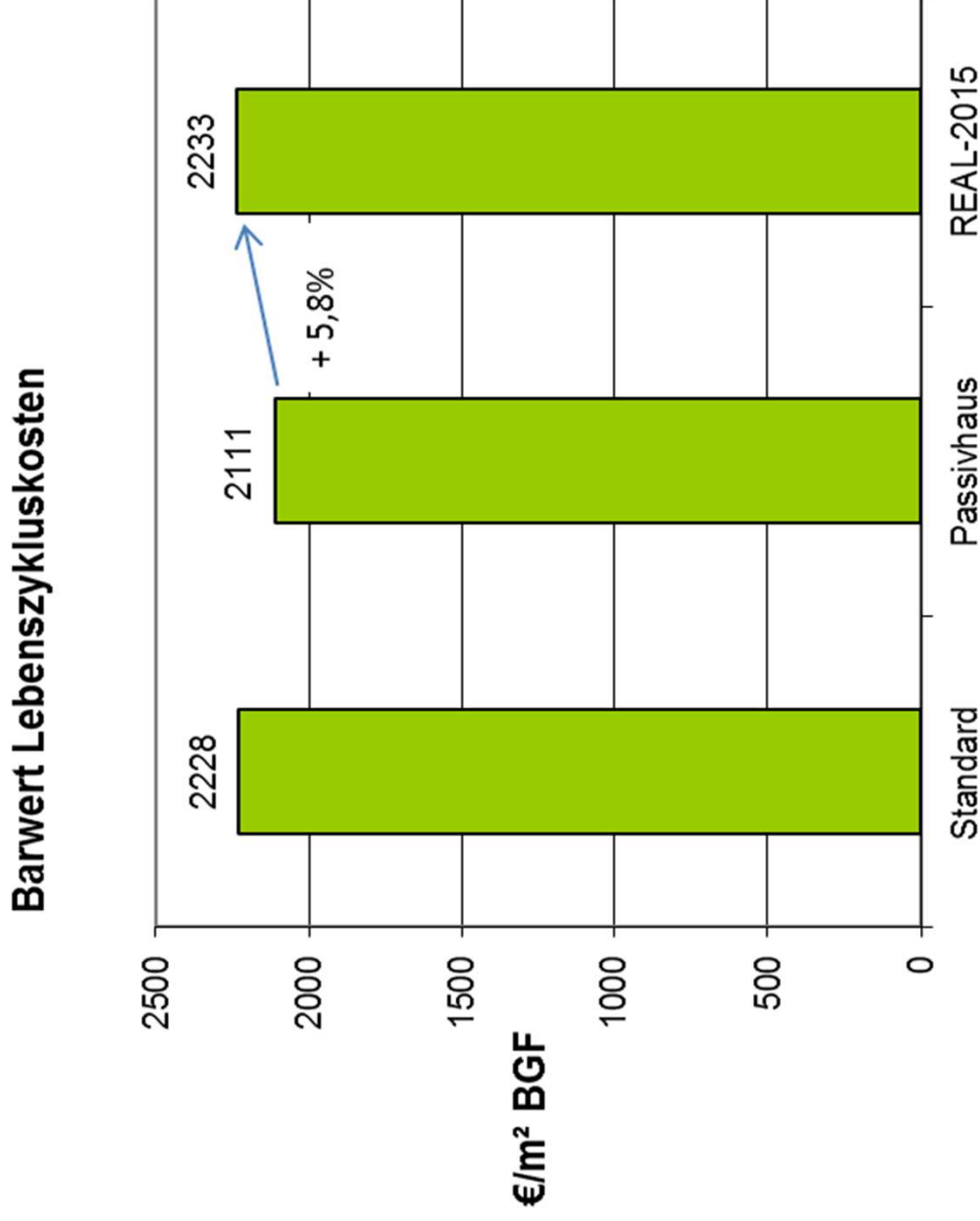
Endenergiebedarf in kWh/m²a



Folgekosten statisch absolut netto €/a



Barwert Lebenszykluskosten (Herstellung/Folgekosten) 50a



Die Abbildung zeigt den erreichten Barwert bezogen auf den m² BGF bei einem Betrachtungszeitraum von 50 a. Die realisierte Plusenergielösung ist annähernd gleich zur Standardvariante und wegen der höheren Herstellungskosten um knapp 6% erhöht gegenüber der Passivhausvariante.

Plus-Energie-Variante – erreichte Qualitäten

- 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
- Hervorragende Ökobilanz
- Günstiger Barwert der Lebenszykluskosten

Schmuttertalgymnasium Diedorf

- **Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2016**
- **Bayrischer Energiepreis 2016**
- **Deutscher Holzbaupreis 2017**
- **Deutscher Architekturpreis 2017**



Lebenszykluskosten von nachhaltigen Gebäuden

Inhalt

1. Grundlagen

Kostenstruktur nach DIN und VDI

2. Lebenszyklusbetrachtung bei Konstruktionen

Integrale Bearbeitung von LCC-Varianten

3. Variantenvergleiche

Projekt Schmuttertal Gymnasium

4. Monitoring

Ergebnisse

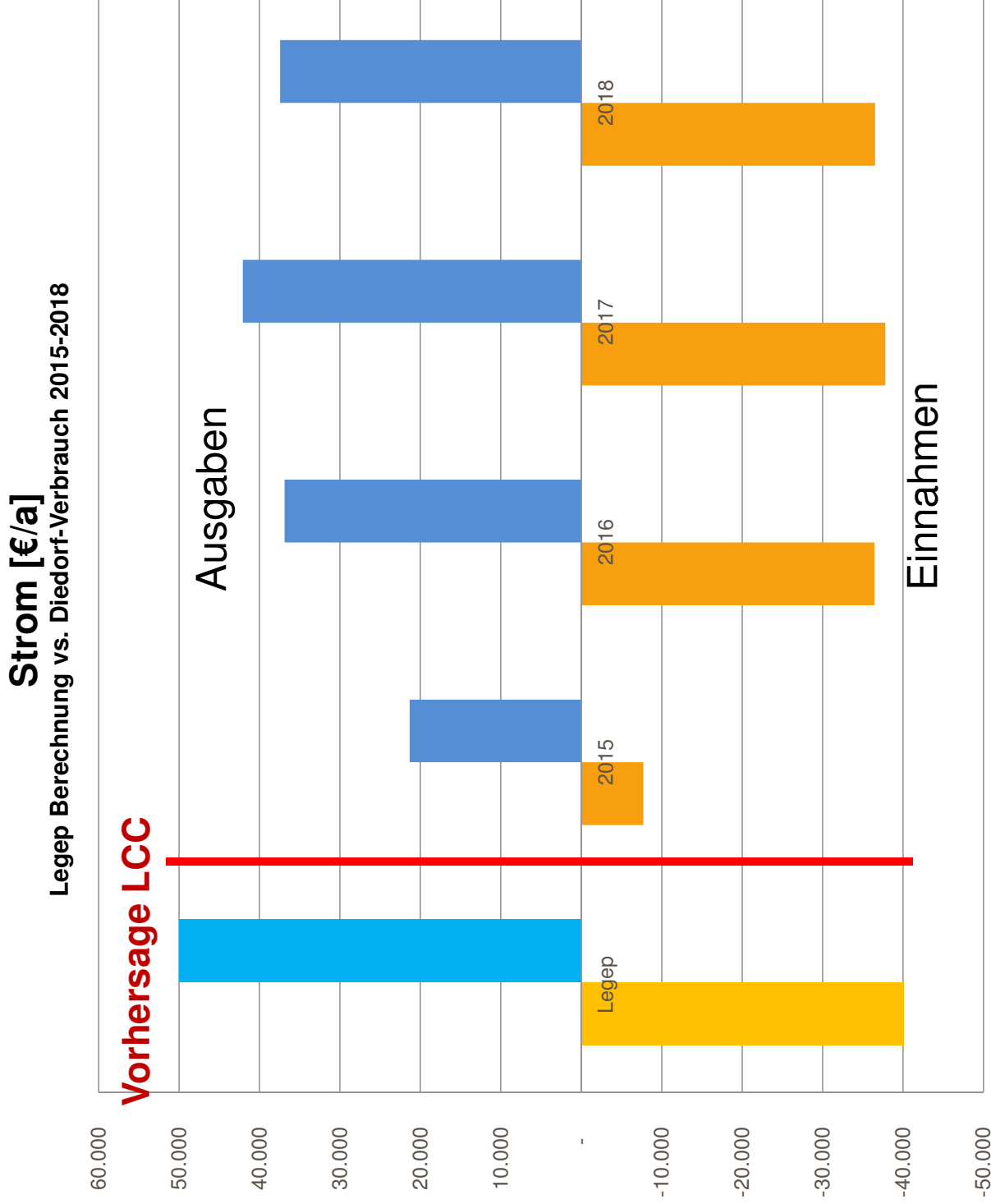
Vorhandene Dokumentationen (LRA-Brem/Weyer)

- **Kostenaufstellung 08/2015 – 12/2018 Rechnungsbezug (Heizung, Strom, Reinigung, Wartung, regelmäßige Instandsetzung = Reparatur, brutto**
- **Kostenzusammenstellung nach BUCHUNG**
- **Monitoringergebnisse ZAE 03/2016 – 09/2018 (nur PV)**

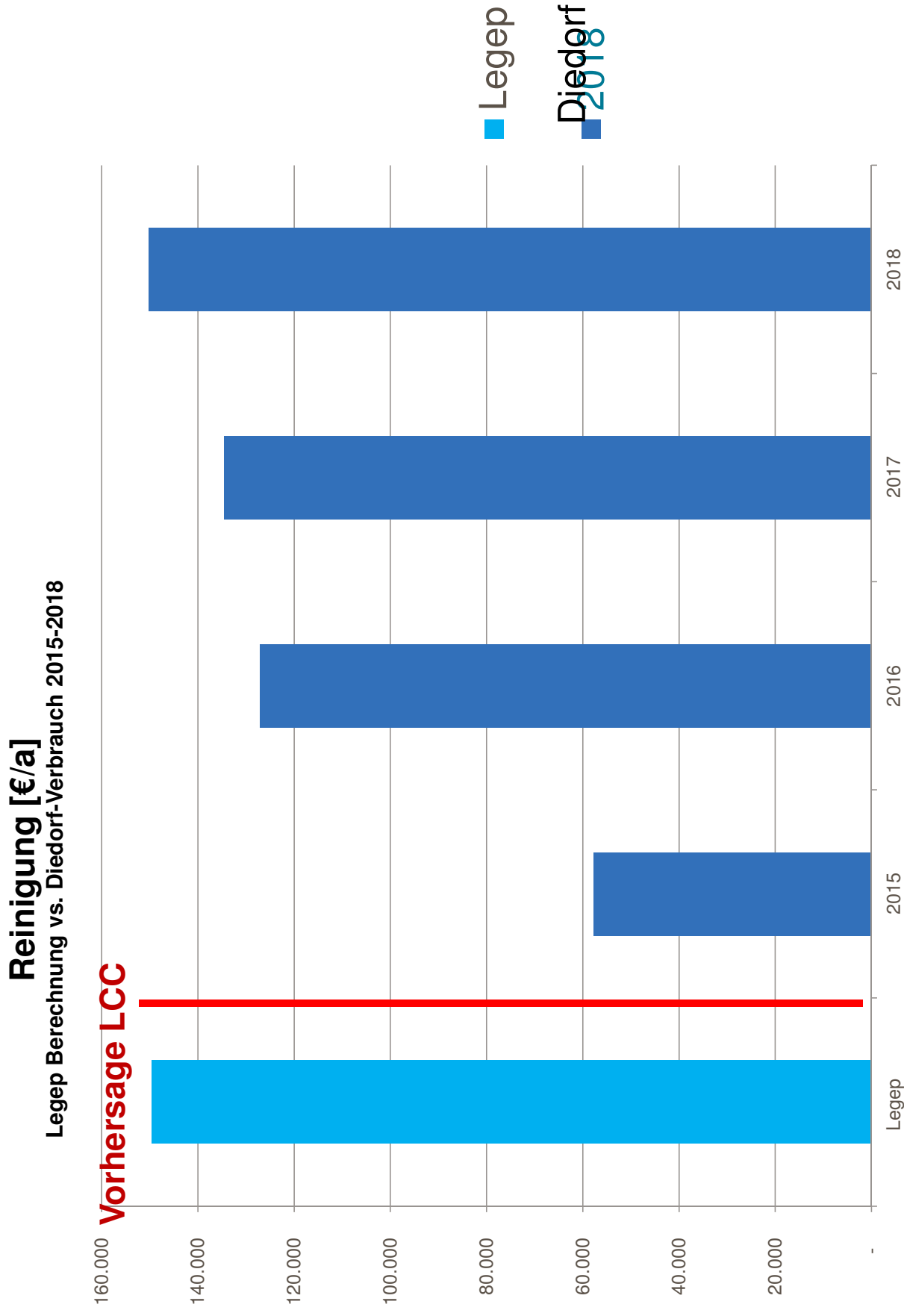
Verglichen mit :

- **LEGEP-Lebenszykluskosten, LCC (2015)**

Strombedarf und –erzeugung in €/a



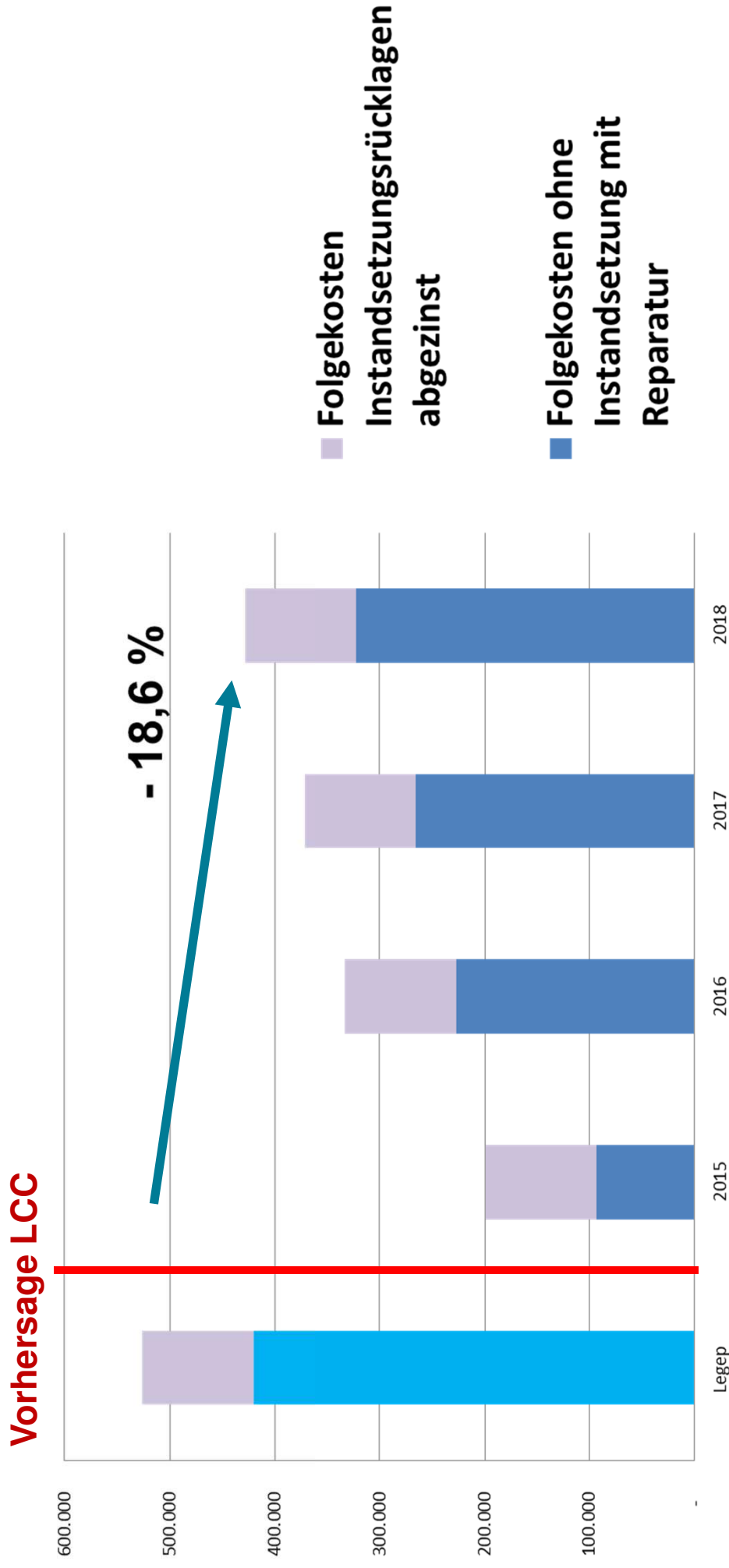
Reinigungskosten €/a



Folgekosten mit Instandsetzungsrücklage €/a

Folgekosten mit Instandsetzungsrücklagen [€/a]

Legep Berechnung vs. Diedorf-Verbrauch 2015-2018



Lebenszykluskostenberechnungen können bei

- bauteilbezogenen Folgekosten
- nutzungsbezogenen Zyklen bei Reinigung und Wartung
- Instandsetzungsangaben

belastbare Aussagen liefern

- sowohl für den Bauteilvergleich,
- als auch für den Gebäudevergleich.



Legeep®

Planen – Berechnen – Betreiben

Programm + Datenbank für LCC und LCA

www.legeep.de

www.legeep-software.de

