

Generalsanierung Wirtschaftsschule
Lüftungsanlage

Auszug aus:

Energieberatungsbericht / Wirtschaftlichkeitsüberprüfung

Zentrale Lüftungsanlage für Klassenzimmer im Erdgeschoss, Seite Ziegelgasse des Ingenieurbüros
Farmbauer

- **Energieeinsparung und Schadstoff-Emissionen**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf gegenüber der Fensterlüftung um **64 %**.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 21459 kWh/Jahr reduziert sich auf 7793 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 13666 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4428 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf für den Betrachtungsbereich auf **67 kWh/m²** pro Jahr.

- **Kosteneinsparung:**

Kosteneinsparungen lassen sich durch die geplante Lüftungsanlage nicht erwirtschaften.

- **Fazit**

Trotz der extrem hohen Investitionskosten wird der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage für die Belüftung der Klassenzimmer und des Chemie-Vorbereitungsraumes an der Straßenseite im EG empfohlen.

Anlagen zur Tischvorlage 2:

- vollständiger Energieberatungsbericht

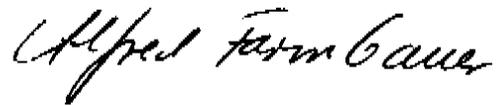
Energieberatungsbericht / Wirtschaftlichkeitsüberprüfung

Zentrale Lüftungsanlage für Klassenzimmer

Gebäudetyp: Nichtwohngebäude
Gebäude: Bestandsgebäude der Wirtschaftsschule
Bereich: Klassenzimmer und Vorbereitungsraum
an der Straßenseite im Erdgeschoß
Anschrift: Ziegelgasse 7
92224 Amberg

Auftraggeber: Stadt Amberg
Vertreten durch Herrn OB Cerny
Marktplatz 11
92224 Amberg

Erstellt von: Ingenieurbüro Farmbauer GbR
Kopernikusstr. 6, 92224 Amberg
Schlesierstr. 16, 92655 Grafenwöhr



Erstellt am: 17. Januar 2017

.....
Unterschrift/Stempel

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen.....	3
2	Leistungsumfang und Beschreibung der Varianten.....	3
2.1	Allgemeine Erläuterungen:.....	3
2.2	Grundlagen der Klassenzimmerlüftung:.....	4
2.3	Energetische Daten bei Fensterlüftung:.....	5
2.4	Energetische Daten bei zentraler Lüftungsanlage:.....	5
2.5	Energieeinsparung und Schadstoff-Emissionen.....	6
2.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	7
3	Fazit.....	9

1 Vorbemerkungen

Dieser Beratungsbericht soll die Wirtschaftlichkeit einer zentralen Lüftungsanlage gegenüber einer theoretisch gleichwertigen Fensterlüftung für die Klassenzimmer der Straßenseite im Erdgeschoß aufzeigen.

Ausgewiesen sollen werden:

- Monetäre Einsparungen
- Energieeinsparung
- CO₂-Verringerung

Verwendetes Softwareprogramm:

Energieberater 18599 3D PLUS der Fa. Hottgenroth / etu

2 Leistungsumfang und Beschreibung der Varianten

Leistungseingrenzung:

Nachdem nur die Einsparmöglichkeiten für die Raumlüftung aufgezeigt werden sollen, bleiben die Transmissionsverluste unberücksichtigt. Energiegewinne durch Sonneneinstrahlung, Personenabwärme und Abwärme von Maschinen werden bei beiden Untersuchungsvarianten berücksichtigt.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen **Energieeinsparung** (End- und Primärenergie), **Wirtschaftlichkeit** (Investitionskosten, Wartungs- und Brennstoffkosten) und **Schadstoffbelastung** (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

2.1 Allgemeine Erläuterungen:

Zustand des Gebäudes hinsichtlich Raumlüftung der Klassenzimmer

Beim gegenständlichen Gebäudeteil handelt es sich um ein denkmalgeschütztes Bauwerk. Änderungen an der Außenfassade werden nicht zugelassen.

Die Außenfenster wurden bereits im Jahr 2009 saniert, sind auf dem neuesten Stand und entsprechen den heutigen Ansprüchen der Technik.

Eine ausreichende natürliche Belüftung der Klassenzimmer ist nur theoretisch über ein kontinuierliches Öffnen aller Fenster gegeben und lässt sich wegen der Lärmbelastung auf Grund der straßennahen Lage des Gebäudes und witterungsbedingt durch die Anordnung der Sitzplätze in den Fensterbereichen nicht bewerkstelligen.

Bei der energetischen Betrachtung wird sowohl bei der Fensterlüftung als auch bei der mechanischen Be- und Entlüftung ein Außenluftvolumenstrom von 3201 m³/h zu Grunde gelegt.

Die Liegenschaft wird durch Fernwärme aus einem mit fossilem Brennstoff befeuerten Heizwerk der Stadtwerke Amberg GmbH beheizt.

Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen ausgegangen. Als Klimaregion wurde die Region 10 berücksichtigt. Bei den Angaben zum Energieverbrauch fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich Energieverbrauch führen.

2.2 Grundlagen der Klassenzimmerlüftung:

Wegen der Lärmbelastung ist der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für das Erdgeschoss (nur Straßenseite) zu untersuchen.

Durch eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sollen 4 Räume im EG mit Außenluft versorgt werden.

Für die Betriebszeiten und Temperaturen wird das Nutzungsprofil gemäß DIN 18599 berücksichtigt.

Zusammenstellung der Raum- und Nutzungsdaten:

Anzahl der Räume:	4
Raumnutzfläche, gesamt:	750,2 m ²
Lichte Raumhöhe:	3,18 m
Raumvolumen:	750,2 m ³
Schüler- und Lehrerzahl:	107
Mindestaußenluft pro Person:	30 m ³ /h
Außenluftvolumen:	3210 m ³ /h
Spezifische Luftwechselrate:	4,28 1/h
Tägliche Betriebsstunden:	7 h/d
Jährliche Nutzungstage:	250 d/a
Jährliche Betriebstage:	200 d/a

Interne Wärmequellen gemäß Nutzungsprofil DIN 18599:

Abwärme durch Personen:

- Tägliche Wärmeabgabe: 100,00 Wh/m²d
- Jährliche Wärmeabgabe: 25,00 kWh/m²a
- Entspricht mittl. Leistung: 14,29 W/m²

Abwärme durch Arbeitshilfen:

- Tägliche Wärmeabgabe: 20,00 Wh/m²d
- Jährliche Wärmeabgabe: 5,00 kWh/m²a
- Entspricht mittl. Leistung: 2,86 W/m²

Die mechanische Lüftungsanlage weist folgende technischen Daten auf:

Technische Daten:

- Zu- und Abluftvolumen: 3201 m³/h
- Wärmerückgewinnungsgrad: 70 % (Mittelwert)

2.3 Energetische Daten bei Fensterlüftung:

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Nicht Teil der Untersuchung		
Gesamt	0	0
Lüftungsverluste		
Gesamt	28739	100
Anlagenverluste		
Heizung	4437	100,0
Warmwasser	0	0,0
Hilfsenergie	0	0,0
Gesamt	4437	100
Energiebilanz des Gebäudeteils		
	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	0	0,0
Lüftungsverluste	28739	86,6
Anlagenverluste	4437	13,4
Gesamt	33177	100
Gewinne		
Solare Wärmegewinne	3123	26,7
Interne Wärmegewinne	8595	73,3
Gesamt	11718	100
Endenergiebedarf $Q_{E,E}$		
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	21459	
Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie)	vernachlässigt	
Gesamt	21459	
Primärenergiebedarf Q_P		
	28098	

2.4 Energetische Daten bei zentraler Lüftungsanlage:

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Nicht Teil der Untersuchung		
Gesamt	0	0
Lüftungsverluste		
Gesamt	647	100
Anlagenverluste		
Heizung	6020	100,0
Warmwasser	0	0,0
Hilfsenergie	0	0,0
Gesamt	6020	100
Energiebilanz des Gebäudeteils		
	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	0	0,0
Lüftungsverluste	647	9,7
Anlagenverluste	6020	90,3
Gesamt	6667	100
Gewinne		
Solare Wärmegewinne	3123	26,7
Interne Wärmegewinne	8595	73,3
Gesamt	11718	100
Endenergiebedarf Q_E		
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	7793	

Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie)	vernachlässigt	
Gesamt	7793	
Primärenergiebedarf Q_P	15851	

2.5 Energieeinsparung und Schadstoff-Emissionen

Bei den Brennstoffdaten wurde folgenden Faktoren berücksichtigt:

- Primärenergiefaktor Strom: 2,7
- Primärenergiefaktor Fernwärme, Brennstf. fossil: 1,3
- CO₂-Emissionen Strom: 633 g/kWh
- CO₂-Emissionen Fernwärme, Brennstf. Fossil: 407 g/kWh
- SO₂-Emissionen Strom: 1,111 g/kWh
- SO₂-Emissionen Fernwärme, Brennstf. Fossil: 0,690 g/kWh
- NO_x-Emissionen Strom: 0,583 g/kWh
- NO_x-Emissionen Fernwärme, Brennstf. Fossil: 0,058 g/kWh

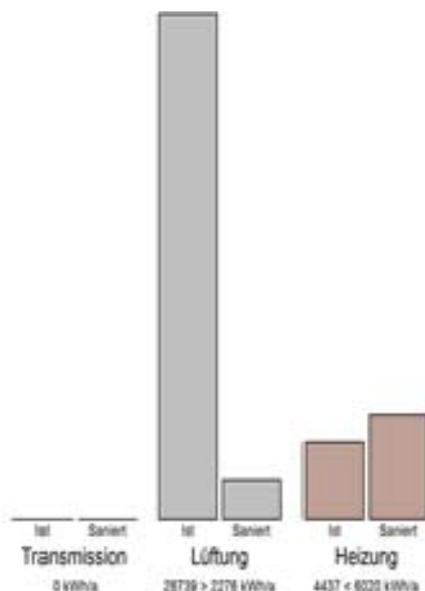
Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf gegenüber der Fensterlüftung um **64 %**.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 21459 kWh/Jahr reduziert sich auf 7793 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 13666 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4428 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf für den Betrachtungsbereich auf **67 kWh/m²** pro Jahr.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste zeigt das folgende Diagramm:



Zusammenfassung der Ergebnisse

Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf Q_p :	kWh/a		Einsparung
Fensterlüftung	28098		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	15851		12247 43,6%

Endenergiebedarf

Endenergiebedarf Q_E :	kWh/a		Einsparung
Fensterlüftung	21459		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	7793		13666 63,7%

Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf Q_b :	kWh/a		Einsparung
Fensterlüftung	17022		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	1773		15249 89,6%

Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste Q_t :	kWh/a		Einsparung
Fensterlüftung	4437		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	6020		-1583 -35,7%

Anlagenaufwandszahl

Anlagenaufwandszahl e_P :			
Fensterlüftung	1,65		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	8,94		

Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

CO ₂ -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Fensterlüftung	8775		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	4347		4428 50,5%

NO_x-Emissionen

NO _x -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Fensterlüftung	1,3		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	3,2		-1,8 -137,3%

SO₂-Emissionen

SO ₂ -Emissionen:	kg/a		Einsparung
Fensterlüftung	14,9		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	7,6		7,3 49,2%

2.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Bei den Altbau bedingten hohen Investitionskosten lässt sich eine Amortisation innerhalb des anzusetzenden Betrachtungszeitraumes nicht darstellen.

Folgende spezifischen Brutto-Kosten kommen zum Ansatz (Auskunft der Stadtwerke Amberg GmbH vom 12.01.2017):

- Grundpreis Fernwärme: 333,20 €/a
- Messpreis Fernwärme: 162,38 €/a
- Lieferpreis Fernwärme: 5,558ct/kWh

Bei den Stromkosten wurden folgende Ansätze (anteilig) berücksichtigt:

- Arbeitspreis Strom: 19,20 ct/kWh
- Grundpreis Strom: 50,00 €/a

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde nach der Annuitätenmethode durchgeführt.

Berücksichtigt wurde:

Bei allen Kostenansätzen handelt es sich um Bruttobeträge.

Betrachtungszeitraum:	15 Jahre
Kalkulationszinssatz:	2,50 % p.a.
Investitionssumme (Ausgaben):	232.232,00 €
Honorarkosten Wirtschaftlichkeitsnachweis:	500,00 €

Aus den Energieverbrauchdaten ergeben sich nachfolgende Verbräuche und Betriebskosten:

Jährliche Ausgaben (Lüftungsanlage):	
- Verbräuche / Energie:	1.639,00 €/a
- Betrieb / Wartung:	1.750,00 €/a
Jährliche Ausgaben (Fensterlüftung):	
- Verbräuche / Energie:	1.722,00 €/a
- Betrieb / Wartung:	0,00 €/a
Jährliche Einsparungen:	
- Verbräuche / Energie:	83,00 €/a
- Betrieb / Wartung:	-1.750,00 €/a
Jährliche Kapitalkosten:	18.794,00 €/a

Wirtschaftliches Ergebnis:

- Jährlicher Netto-Überschuss (Verlust): - 21.015 €/a
- Rendite: 0,00 % p.a.
- Amortisation: nicht gegeben

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten

Brennstoffkosten:	EUR/a	Einsparung
Fensterlüftung	1722	
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	1639	83 4,8%

Brennstoff- und Betriebskosten

Brennstoff- und Betriebskosten:	EUR/a		Einsparung
Fensterlüftung	1722		
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	1639		83 4,8%

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:	EUR	
Zentr. Lüftungsanlage m. WRG	233202	

Kosteneinsparung:

Kosteneinsparungen lassen sich durch die geplante Lüftungsanlage nicht erwirtschaften.

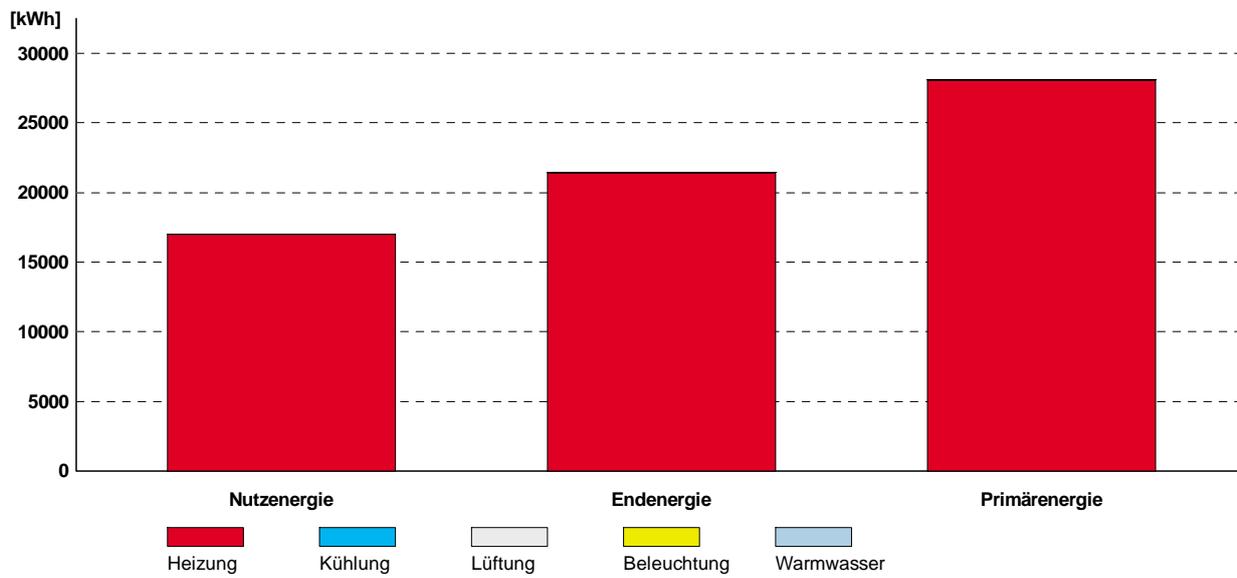
Alle Kosten verstehen sich brutto.

3 Fazit

Trotz der extrem hohen Investitionskosten wird der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage für die Belüftung der Klassenzimmer und des Chemie-Vorbereitungsraumes an der Straßenseite im EG empfohlen.

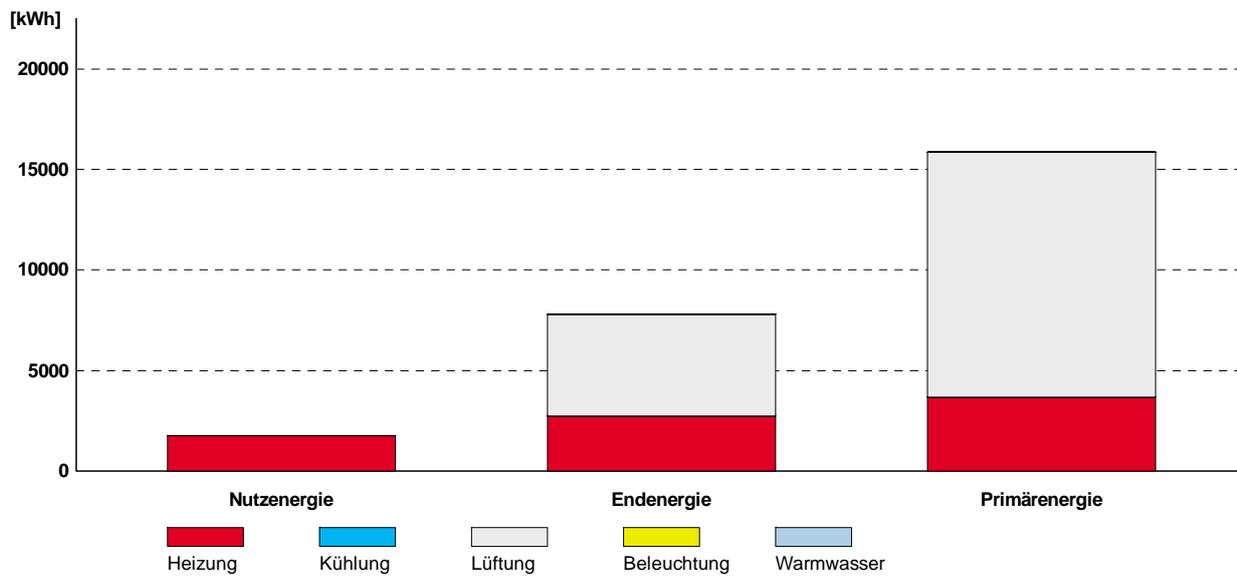
Energiebilanz für das erfasste Gebäude:

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	17022	17022	0	0	0	0
	72,15	72,15	0	0	0	0
Endenergie	21459	21459	0	0	0	0
	90,96	90,96	0	0	0	0
Primärenergie	28098	28098	0	0	0	0
	119,10	119,10	0	0	0	0



Energiebilanz für das erfasste Gebäude:

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	1773	1773	0	0	0	0
	7,51	7,51	0	0	0	0
Endenergie	7793	2721	0	5071	0	0
	33,03	11,54	0	21,50	0	0
Primärenergie	15851	3680	0	12171	0	0
	67,19	15,60	0	51,59	0	0



Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuitätenmethode)

Projekt: Städtische Wirtschaftsschule Klassenzimmerlüftung
Variante: Zentr. Lüftungsanlage mit WRG

Zusammenfassung

Betrachtungszeitraum	15 Jahre
Kalkulationszinssatz	2,50 % p.a.
Investitionssumme	232.702 €
Jährliche Überschüsse (Einsparungen)	-2.220 €
Jährliche Kapitalkosten	18.794 €
Jährlicher Netto-Überschuss	-21.015 €
Rendite	0,00 % p.a.
Amortisationszeit	- Jahre

Jährliche Überschüsse (Einsparungen)

Nach Durchführung des Investitionsprojekts steigen Ihre laufenden Kosten um 2.167 €/Jahr.

Ausgaben	Anfallende Ausgaben	Wegfallende Ausgaben	Einsparung
Verbräuche / Energie	1.639 €	1.722 €	83 €
Betrieb / Wartung	1.750 €	0 €	-1.750 €
Sonstige Ausgaben	500 €	0 €	-500 €
Gesamt			-2.167 €

Aufgrund von Preisänderungen verändert sich der jährliche Überschuss im Zeitablauf und sinkt bis zum Ende des Betrachtungszeitraums auf -2.782 €/Jahr. Wird der laufende Überschuss gleichmäßig auf den Betrachtungszeitraum verteilt, ergibt sich ein annuitätischer laufender Überschuss in Höhe von -2.220 €/Jahr.

Kapitaleinsatz

Zur Durchführung des Investitionsprojektes sind Ausgaben von insgesamt 232.702 € erforderlich. Wird die Investitionssumme von 232.702 € unter Berücksichtigung des Kalkulationszinssatzes gleichmäßig auf den Betrachtungszeitraum verteilt, ergeben sich jährliche Kapitalkosten von 18.794 €.

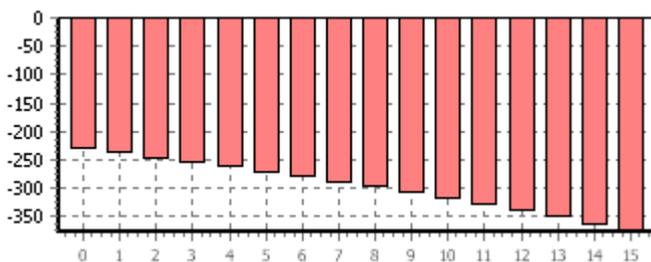
Jährlicher Netto-Überschuss (annuitätischer Gewinn)

Nach Verminderung der jährlichen Überschüsse um die Kapitalkosten, verbleibt ein Netto-Überschuss (annuitätischer Gewinn) von -21.015 €.

Rendite

Die Rendite nach der internen Zinsfuß-Methode beträgt 0,00 % p.a.

Amortisation



Keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums!

Anhang: Kosten und Preise**Anfallende Ausgaben**

Investitionen	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
Anlage (jedes 15. Betriebsjahr) (ab Inbetriebnahme)	1	ohne	232.701,75 €	232.701,75 €

Verbräuche / Energie	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
Energiekosten im sanierten Zustand (jährlich) (ab dem 1. Betriebsjahr)	1	ohne	1.639,27 €	1.639,27 €

Betrieb / Wartung	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
jährliche Wartungs- und Betriebskosten (jährlich) (ab dem 1. Betriebsjahr)	1	ohne	1.750,00 €	1.750,00 €

Sonst. Ausgaben	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
Kosten Wirtschaftlichkeitsberechnung (einmalig) (im 1. Betriebsjahr)	1	Stück	500,00 €	500,00 €

Wegfallende Ausgaben

Verbräuche / Energie	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
Energiekosten im Ist-Zustand (jährlich) (ab dem 1. Betriebsjahr)	1	ohne	1.722,26 €	1.722,26 €

Anhang: Finanzplan

Jahr	Inbetriebnahme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jährlicher Überschuss		-2235	-1785	-1847	-1911	-1977	-2046	-2117	-2191	-2267	-2346	-2427	-2511	-2599	-2689	-2782
Investitionen	-232702															
Finanzergebnis	-232702	-2235	-1785	-1847	-1911	-1977	-2046	-2117	-2191	-2267	-2346	-2427	-2511	-2599	-2689	-2782
Konto:																
Verzinsung Vorjahressaldo	0	-5818	-6019	-6214	-6415	-6624	-6839	-7061	-7290	-7527	-7772	-8025	-8286	-8556	-8835	-9123
Saldo nach Zinsen	-232702	-240754	-248558	-256619	-264946	-273547	-282432	-291610	-301091	-310885	-321003	-331455	-342253	-353408	-364932	-376838