

# **Eawag Forum Chriesbach Einfluss der energetischen Massnahmen auf die Lebenszykluskosten**

Kunde  
Eawag  
Ueberlandstr. 133  
8600 Dübendorf ZH

vertreten durch Herbert Güttinger

Auftragnehmer  
Reuss Engineering AG  
Industriestrasse 24  
8305 Winterthur

Telefon +41 52 208 22 87  
Fax +41 52 208 22 11  
E-Mail [andreas.pfeiffer@reuss-engineering.ch](mailto:andreas.pfeiffer@reuss-engineering.ch)

Datum / Version  
11. Mai 2009, V 4.0

z:\reg\wib\proj\0\_projekte\_bereit\_zur\_archivierung\_durch\_arcl540101\i\_energie&umwelt\96\_bericht\be - 20090121 - 07.doc

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangslage und Aufgabe</b> .....	<b>3</b>
2.1	Vorhaben und Zielsetzung.....	3
2.2	Abgrenzung.....	3
2.3	Ausgangslage und Ist-Zustand.....	3
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
3.1	Projektgrundlagen .....	4
3.1.1	Dokumente.....	4
3.2	Energiebedarf .....	4
3.3	Kostenentwicklung .....	5
3.3.1	Beschreibung der Szenarien .....	5
3.4	Discounted Cash Flow (DCF) Methode.....	6
3.5	Nutzungsdauer .....	7
3.6	Definition „Standardgebäude“ .....	7
<b>4</b>	<b>Vorgehen</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Resultate</b> .....	<b>9</b>
5.1	Ermittelte Jahreskosten für das Forum Chriesbach .....	9
5.2	Ermittlung der effektiven Investitionskosten .....	10
5.3	Gegenüberstellung „Standardgebäude“ und Forum Chriesbach .....	10
5.4	Jahreskosten verschiedener Realisierungsszenarien .....	11
5.5	Sensitivitätsanalyse der Energiepreisszenarios .....	13
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>16</b>

## Beilagen

## Verfasser

Andreas Pfeiffer

## Verteiler

## Klassifizierungsvermerk

Die Studie wurde im Rahmen des BFE-Projektes Energie-Detailbilanz des Eawag Forum Chriesbach konzipiert und vom ETH-Rat, der Empa und der Eawag finanziell unterstützt.

## 1 Zusammenfassung

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, eine Gesamtkostenanalyse der energetischen Massnahmen am Forum Chriesbach (FC) nach den Erfahrungen aus den ersten Betriebsjahren zu erstellen. Dabei wurden auch die Mehrinvestitionen genauer untersucht. Um eine klare Abgrenzung zu erreichen, wurde ein virtuelles „Standardgebäude“ eingeführt, welches die gesetzlichen Bedingungen zum Zeitpunkt der Baueingabe gerade erfüllt.

Die Analyse hat gezeigt, dass die energetischen Mehrkosten gegenüber einem „Standardgebäude“ SFr. 1,4 Mio. betragen. Dies entspricht etwas weniger als 5% der gesamten Bausumme. Die eher geringen Mehrinvestitionen sind eine Folge der geringen Technologisierung, so konnte beim Forum Chriesbach auf ein konventionelles Wärmeabgabesystem im Raum verzichtet werden.

Je nach Energiepreissteigerung kann bei einer Kapitalverzinsung von 4% über die nächsten 25 Jahre jährlich durchschnittlich SFr. 68'479.- eingespart werden. Der Payback wird in diesem Fall bereits im dreizehnten Betriebsjahr erreicht. Am Beispiel des Forum Chriesbach wird deutlich, dass sich energieeffizientes Bauen auch wirtschaftlich auszahlt.

## 2 Ausgangslage und Aufgabe

### 2.1 Vorhaben und Zielsetzung

Das Ziel dieser Untersuchung ist, die Investitions-, Betriebs- und Gesamtkosten des Forum Chriesbach (FC) mit einem, energetisch nach Gesetzesstandard gebauten Gebäude zu vergleichen.

Die Gesamtkosten werden am realen Beispiel für ein sehr energieeffizientes und in der Öffentlichkeit bekanntes Gebäude aufgezeigt. In einem weiteren Schritt werden die Gesamtkosten gegenüber einem Gebäude nach Gesetz verglichen. Mit Hilfe der Erkenntnisse sollen gegenüber Investoren bessere Grundlagen für Investitionen in nachhaltige Projekte geschaffen werden.

### 2.2 Abgrenzung

Die Aufgabe umfasst die Berechnung der Kosten eines architektonisch „gleichen“ Gebäudes. Diese werden den Kosten vom Forum Chriesbach gegenübergestellt und somit die Wirtschaftlichkeit der getroffenen Massnahmen ermittelt. Es werden weder ästhetische noch funktionale Anforderungen überprüft.

### 2.3 Ausgangslage und Ist-Zustand

Das Forum Chriesbach nimmt eine Vorreiterrolle im nachhaltigen Bauen ein. Mit seinem besonders tiefen spezifischen Energieverbrauch lockt es Interessenten aus dem In- und Ausland an. Häufig wird die Frage nach den Kosten für ein solches Gebäude gestellt. Inwieweit werden höheren Investitionskosten durch tiefere Betriebskosten kompensiert?

Um diese Frage zu klären, wurden Messungen an der Eawag unternommen, mit dessen Hilfe die Kosten berechnet werden sollen.

### 3 Grundlagen

#### 3.1 Projektgrundlagen

##### 3.1.1 Dokumente

- Katasterplan, Längsschnitt und Grundrisse von Bob Gysin und Partner AG vom 3.10.2003.
- Honorarofferte, Reuss Engineering AG vom 10. November 2008
- Kennwerte Energie von Gebäuden SIA 380/1, EN 832. Simulationen für das Forum Chriesbach und ein architektonisch identisches „Standardgebäude“
- Statusbericht 4 und Schlussbericht der zweijährigen Betriebsoptimierung von 3-Plan Haustechnik
- Die Energieperspektiven 2035 – Band 2: Szenarien I bis IV, Prognos, 2007

#### 3.2 Energiebedarf

Im Schlussbericht der zweijährigen Betriebsoptimierungen sind die geplanten und gemessenen Jahresverbräuche von Wärme, Kälte, Strom und Gas zusammengestellt. Um die Ist-Werte zu visualisieren, wurde das Diagramm in Abbildung 1 erstellt.

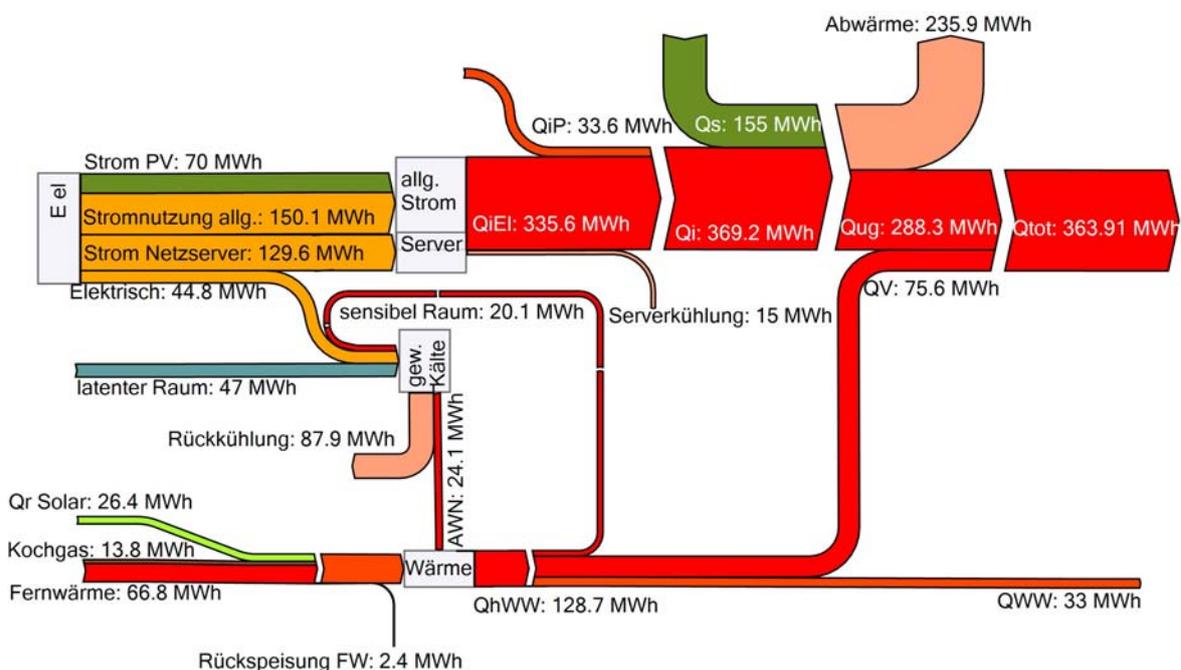


Abbildung 1: Energieflussdiagramm der Ist-Situation, Beträge von 3-Plan Haustechnik gemessen.

Für das System bezeichnend ist, dass ein hoher Anteil der internen Wärmegevinne genutzt werden kann. Zudem wird ca. ein Drittel des allgemeinen Elektrizitätsbedarfes mit der hauseigenen Photovoltaikanlage produziert. Die thermische Solaranlage deckt rund 20% des totalen Wärmebedarfes ab.

Das zugrunde liegende „Standardgebäude“ weist folgende Energieflüsse auf:

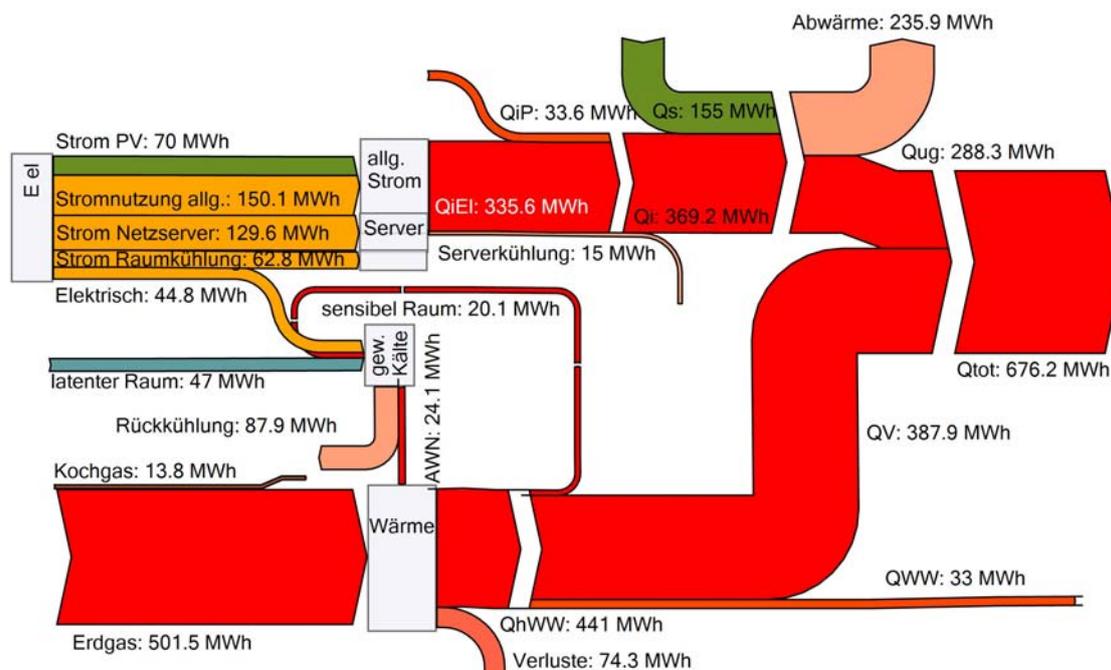


Abbildung 2: Energieflussdiagramm des „Standardgebäudes“

### 3.3 Kostenentwicklung

Die berechneten, jährlichen Mehrkosten eines „Standardgebäudes“ sind stark abhängig vom gewählten Realzins und der weiteren Entwicklung der Energiepreise. Um die Spannweite der Resultate abzudecken, wurde mit drei unterschiedlichen Realzinsen und drei unterschiedlichen Energiepreisszenarien gerechnet.

Die gewählten Realzinsen sind 2%, 4% und 6%, 4% wurden als Standardwert gewählt. Alle Kostenangaben im Bericht, bei welchen nichts anderes vermerkt ist, basieren auf diesem Standardwert. Die drei Energiepreisszenarien bis in das Jahr 2035 sind in Abbildung 3 erkennbar. Sie decken eine minimale, eine mittlere und eine maximale Realpreisentwicklung ab und basieren auf den Energieperspektiven des Bundes aus dem Jahre 2003. Sie wurden in Absprache mit Prognos an den heutigen Stand eines mittelfristigen Ölpreisniveaus von 80 Dollars pro Barrel angepasst.

#### 3.3.1 Beschreibung der Szenarien

Die Preisentwicklung basiert auf den Energieperspektiven des Bundes. In Abbildung 3 sind die für den Vergleich relevanten Energieträger aufgeführt. Grundsätzlich kann eine allgemeine Preiszunahme bis ins Jahr 2030 beobachtet werden. Für Elektrizität wird anschliessend für alle Szenarien eine leichte Preissenkung prognostiziert. Erdgas erfährt weiterhin einen leichten Preisanstieg. Die Realpreise für Fernwärme steigen konstant weiter.

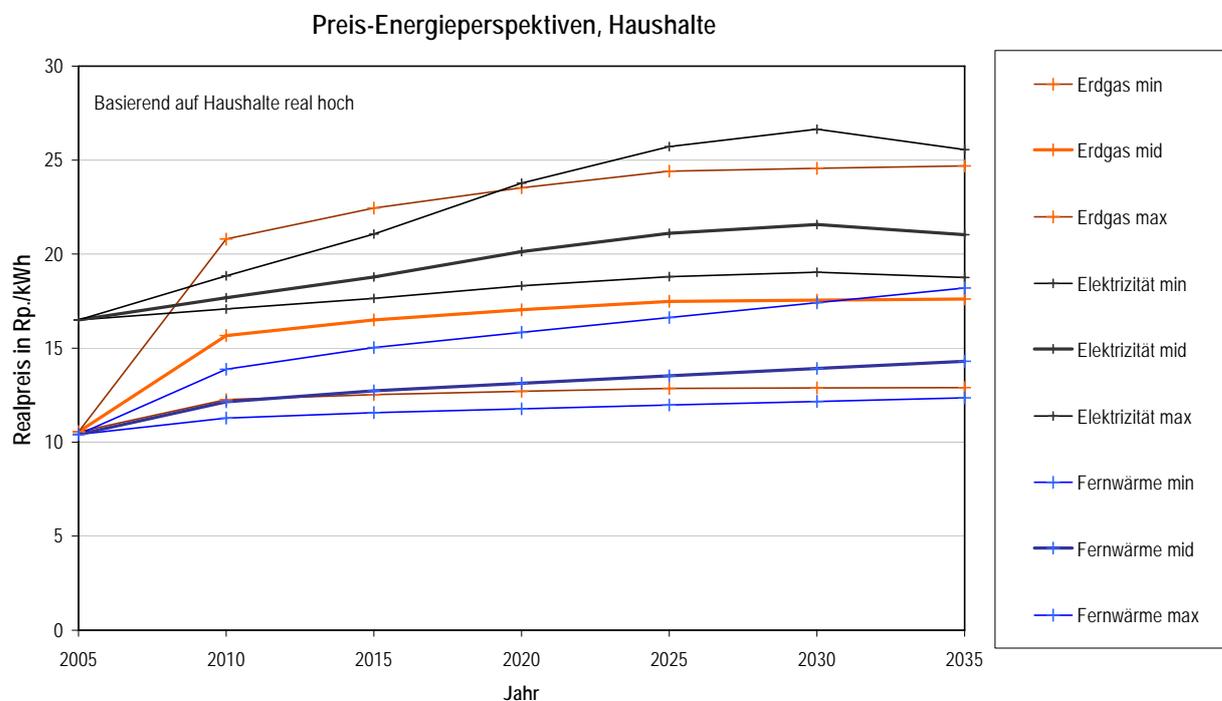


Abbildung 3: Energiepreisentwicklung (Realpreis) bis 2035

### 3.4 Discounted Cash Flow (DCF) Methode

Für den Investor mit langfristiger Anlageorientierung sind die zukünftigen Geldflüsse interessant, welche durch das Gebäude ausgelöst werden. Diese heutigen und zukünftigen Zahlungsströme werden mit der DCF Methode auf einen Bezugspunkt in der Gegenwart abgezinst (erhalt der Cash Flows) und können anschliessend zum Kapitalwert/Barwert aufsummiert werden.

Im vorliegenden Bericht wurde umgekehrt vorgegangen, indem die Anfangsinvestition mit Hilfe der Verzinsung und der Nutzungsdauer in einen gleichmässigen jährlichen Kostenanteil umgerechnet wurde (Jahreskosten).

### 3.5 Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer der Komponenten ist für die Kostenanalyse von hoher Relevanz. Diese basieren auf Angaben aus der Literatur (SIA). Folgende Nutzungsdauern wurden vorausgesetzt.

PV-Anlage	25 Jahre
thermische Solaranlage	25 Jahre
Luft-Erdregister	40 Jahre
WRG Serverraum	15 Jahre
tabs-System	40 Jahre
Gebäudehülle	40 Jahre
Fenster	25 Jahre
Lüftungskomponenten	20 Jahre
Wärmeerzeugung	15 Jahre

### 3.6 Definition „Standardgebäude“

Das Referenzgebäude soll architektonisch gleich gestaltet sein wie das Forum Chriesbach. Des Weiteren sind Gebäudehüllfläche, Energiebezugsfläche, wie auch die Aufteilungen zwischen Fenster- und Türflächen identisch. Ebenfalls bestehen bleibt die Materialisierung einiger ökologischer Bauteile (z.B. Lehmwände) und architektonischer Elemente.

Die aufwändig gestaltete Fassade wird für das „Standardgebäude“ ebenfalls beibehalten. Obwohl die Fassade energetisch und lichttechnisch ausgebildet ist, wird sie trotzdem vor allem als architektonisches Element gesehen.

Der Wärme- und Energiebedarf des „Standardgebäudes“ wird nach der SIA 380/1:2001 berechnet. Somit unterscheiden sich die Gebäudehüllen in folgenden Punkten:

- Dämmstärke
- Fenstertyp
- Massnahmen zur Minimierung der Wärmebrücken

Im Forum Chriesbach sind zudem noch die folgenden Installationen vorhanden:

- PV-Anlage
- Solarkollektoren
- Warmwasser Wärmespeicher
- Luft-Erd-Register
- Wärmerückgewinnung aus dem Serverraum
- Abwärmenutzung der Kältemaschine
- Lüftungsklappen für Nachtauskühlung

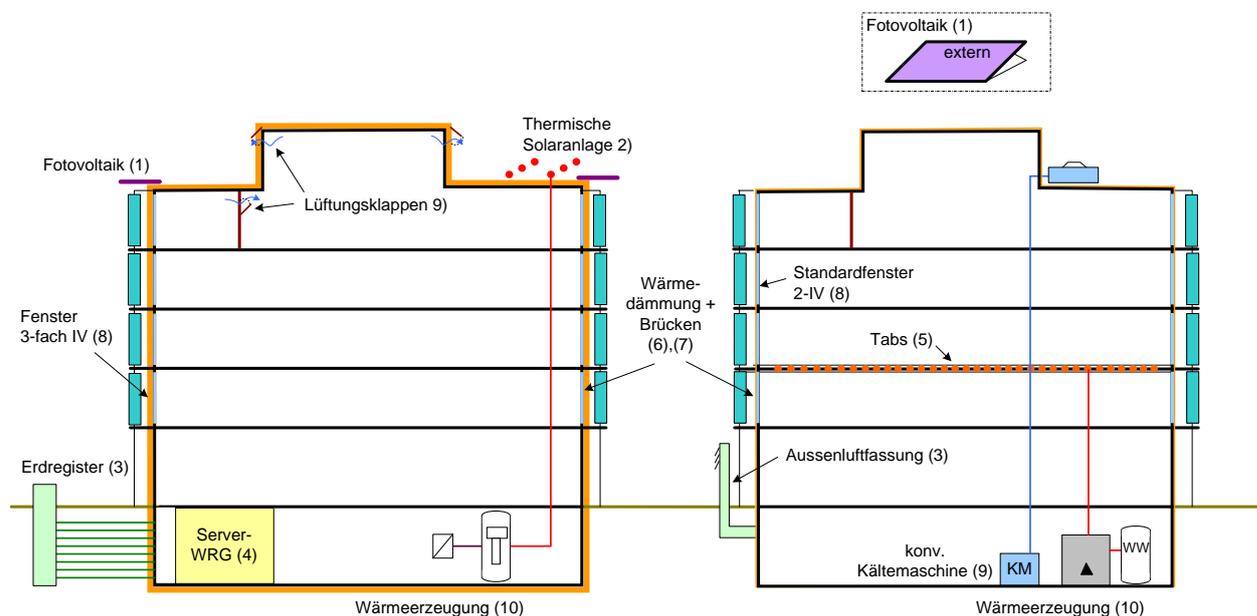


Abbildung 4: Visualisierter Vergleich zwischen dem Forum Chriesbach (links) und dem „Standardgebäude“ (rechts).

Im „Standardgebäude“ beträgt die Dämmstärke 16 cm (FC: 30 cm) an den Wänden resp. 18 cm (FC: 32 cm) auf dem Dach und die Berechnungen basieren auf 2-fach verglasten Standardfenstern mit einem U-Wert von  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (FC: 3-fach verglast mit  $0,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ). Die Simulationen und Berechnungen berücksichtigen im „Standardgebäude“ einen Warmwasserspeicher, eine Kältemaschine und eine Gaswärmeerzeugung nach konventionellen Standards.

Da das „Standardgebäude“ nicht über eine eigene Photovoltaik-Anlage verfügt, wird der Strom in gleichem Umfang von der Solarstrombörse eingekauft. Damit wird ein etwa gleichwertiger Strom-Mix erreicht, wie beim Forum Chriesbach. Da die Energiepreisentwicklung für den Solarstrom nicht explizit in den Energieperspektiven erwähnt ist, wurde ein gleich bleibender Preis angenommen.

Diese Präzisierungen führen zu der folgenden Definition:

*„Die Standardvariante umfasst somit ein „normales“ Bürogebäude mit einer architektonisch aufwändig gestalteten Fassade.“*

#### 4 Vorgehen

Nach der Definition des „Standardgebäudes“ als Referenz, wurden die Mehr- und Minderkosten der Investitionen aufgeteilt und für verschiedene Positionen berechnet. Aus der Lebensdauer von Komponenten und der Systeme und der Verzinsung ergeben sich jährliche Kapitalkosten. Der Einfluss der einzelnen Positionen auf den Endenergieverbrauch wurde rechnerisch und anhand der Messungen über die letzten zwei Betriebsjahre ermittelt. Mit Hilfe der Energiepreisszenarien wurden die Gesamtkosten über die Lebensdauer berechnet und für verschiedene Rahmenbedingungen analysiert.

## 5 Resultate

### 5.1 Ermittelte Jahreskosten für das Forum Chriesbach

Aus den Energiepreisen und dem Energieverbrauch aus Tabelle 1 resultieren die Betriebskosten für das Forum Chriesbach.

Energietarife	Bedarf [kWh]	Rp./kWh	Kosten [SFr.]
Mischtarif Strom	200'100	13.60	27'214
Fernwärme	66'800	14.00	9'352
Total	266'900		36'566

*Tabelle 1: Jahresenergiekosten für das Forum Chriesbach*

Dazu kommen sowohl die jährlichen Kapitalkosten, als auch die Kosten für Wartung, Unterhalt und Reparaturen. Zusammen mit den ermittelten Betriebskosten ergeben sie in den unteren Tabellen zusammengefassten heutigen und über die Nutzungsdauer durchschnittlichen Jahreskosten für das Forum Chriesbach.

Jahreskosten mit heutigen Energiepreisen	Jährlicher Betrag [SFr/a]
Kapitalkosten	131'625
Energiekosten	36'566
Wartung, Reparatur und Unterhalt (WRU)	6'064
Total Jahreskosten	174'254

*Tabelle 2: Heutige Jahreskosten Forum Chriesbach bei einem Kapitalzins von 4 %.*

Durchschnittliche Jahreskosten über die Nutzungsdauer	Jährlicher Betrag [SFr/a]
Durchschnittliche Jahresenergiekosten inkl. WRU, Preisentwicklung max	61'746
Total Jahreskosten, Energiepreissteigerung	193'370

*Tabelle 3: Über die Nutzungsdauer durchschnittlichen Jahreskosten Forum Chriesbach bei der maximalen Preisentwicklung und einem Kapitalzins von 4 %.*

## 5.2 Ermittlung der effektiven Investitionskosten

Die effektiven Investitionskosten wurden durch die Implenia Generalunternehmung AG anhand der effektiven Abrechnungen soweit wie möglich berechnet. Dabei wurden Folgekosten anderer Positionen und Gewerke berücksichtigt. Es wurden ausschliesslich Positionen für energetisch relevante Bauteile zusammengestellt. Nicht berücksichtigt wurde die Grauwassernutzung, Wasserbauten, Sonnenschutz etc., welche keinen massgeblichen Einfluss auf den Endenergieverbrauch des Gebäudes haben.

## 5.3 Gegenüberstellung „Standardgebäude“ und Forum Chriesbach

In Tabelle 4 sind die Mehrkosten für das Eawag Forum Chriesbach gegenüber dem „Standardgebäude“ und die Zusatzkosten für das „Standardgebäude“ aufgeführt. Die Positionen 1 und 2 wurden für das „Standardgebäude“ ersatzlos gestrichen.

Position	Beschrieb Investitionen	Jahre	Mehrkosten FC gegenüber „Standardgebäude“ [SFr.]	Beschrieb Änderung	Zusatzkosten für „Standardgebäude“ [SFr.]
1	Photovoltaik; inkl. Wechselrichter & Unterkonstruktion inkl. Leitungen	25	888'000.-	Ersatzlos gestrichen	0.-
2	Solkollektoren inkl. Leitungen	25	136'000.-	Ersatzlos gestrichen	0.-
2.1	Warmwasser-Speicher inkl. Einbindung ins System	20	10'000.-	Konventioneller WW-Speicher	21'000.-
3	Luft-Erdregister	40	308'000.-	Lufterhitzer	17'000.-
4	WRG Serverraum mit Zusatzinstallation	15	21'000.-	Konventionelle Kühlung	0.-
5	Thermoaktives Bauteilsystem tabs (nicht vorhanden)	40	0.-	Thermoaktives Bauteilsystem tabs	507'000.-
6	Wärmedämmung Hülle Wände: 30cm Dach: 32cm	40	186'000.-	Wärmedämmung: Wände: 16cm Dach: 18cm	0.-
7	Wärmebrücken	40	84'000.-	Reduktion Wärmebrücke	0.-
8	Fenster 3-fach mit Spezialrahmen	25	334'000.-	Standardfenster mit 2-fach Verglasung	0.-
9	Lüftungsklappen, natürliche Lüftung oberhalb Bürotüren	20	189'000.-	Konventionelle Kältemaschine	168'000.-
10	Wärmeerzeugung in 12m <sup>3</sup> -Tank-Wärmezentrale	15	112'000.-	Wärmeerzeugung mit Gas	168'000.-
<b>Total Mehrkosten</b>			<b>2'268'000.-</b>	<b>Total Zusatzkosten</b>	<b>881'000.-</b>

Tabelle 4: Unterschiede bei den Investitionskosten für energetisch relevante Komponenten inkl. Honorare und MWSt.

Wie Abbildung 5 zeigt, sind neben den Mehrkosten für das Forum Chriesbach gegenüber einem „Standardgebäude“ auch im „Standardgebäude“ selbst Zusatzkosten zu berücksichtigen. Die entstehende Kostendifferenz beträgt 1,4 Mio. inkl. Honorare und MWSt. Unter der Annahme der hier zugrunde liegenden Randbedingungen (Energiepreisszenario, Kapitalverzinsung 4%), wird der Payback gegenüber einem Standardgebäude innerhalb von 13 Betriebsjahren erreicht. Das heisst, dass nach dieser Zeit die Mehrinvestitionen durch die jährliche Energiekosteneinsparungen wettgemacht wurden.

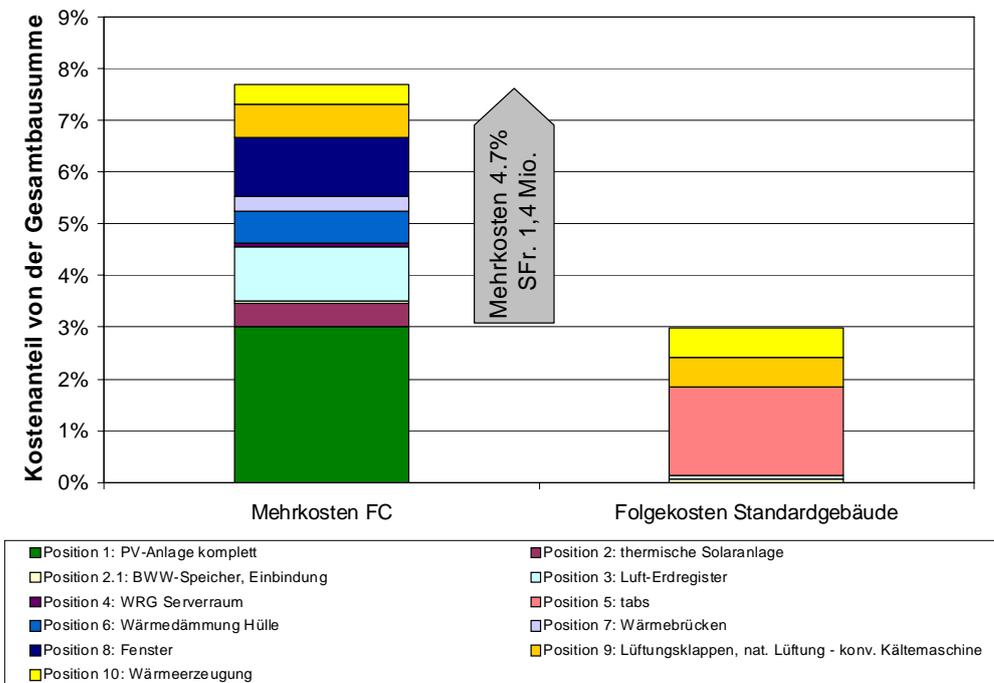


Abbildung 5: Investitionskosten-Vergleich für die energetisch relevanten Komponenten“

#### 5.4 Jahreskosten verschiedener Realisierungsszenarien

Die Lebenszykluskosten sind je nach Realisierung und Durchführung des Projektes unterschiedlich. In Tabelle 5 sind die Eigenschaften des Forums Chriesbach und der Jahreskosten senkende Einfluss zu erkennen. In vier der sechs Varianten werden die Jahreskosten deutlich gesenkt. Dabei wird von einem Szenario maximaler Energiepreise ausgegangen. Würde anstelle der Luftregister und der Nachtauskühlung das Gebäude mechanisch gekühlt, wären die mittleren Jahreskosten um SFr. 7'145 geringer. Dieses Resultat rührt daher, dass das Luft-Erdregister, die Wärmerückgewinnung aus dem Serverraum und die Lüftungsklappen für die natürliche Lüftung wegfallen. Durch weniger Installationen sinken nicht nur die Kapitalkosten, sondern auch die Kosten für Wartung, Reparatur und Unterhalt. Ebenfalls tiefer wären die Jahreskosten ohne die angebrachte thermische Solaranlage. Dieser Minderbetrag kann ausgewiesen werden, da sich die Wärme der thermischen Solaranlage mit der nutzbaren Abwärme aus der gewerblichen Kälte konkurrenziert. Würde die thermische Solaranlage wegfallen, könnte die ohnehin entstehende Abwärme effizienter genutzt werden. Dagegen rechnen sich die erhöhten Investitionskosten für den Wärmeschutz deutlich. Zum Wärmeschutz gehören die dickeren Isolationsschichten, die Minimierung der Wärmebrücken bei Wand- Deckenanschlüssen und die Wahl von dreifach verglasten Fensterscheiben.

Szenario	Mehrkosten zu Forum Chriesbach FC
Ohne eigene Photovoltaik (Einkauf des Solarstroms über die Solarstrombörse)	-6'224 SFr.
Ohne thermische Solaranlage & 100% Fernwärme	-7'017 SFr.
mechanische Kühlung anstelle Luftregister und Nachtauskühlung	-7'145 SFr.
Standardwärmeschutz	32'362 SFr.
„Standardgebäude“ mit Fernwärme	7'923 SFr.
„Standardgebäude“ mit Erdgas	68'479 SFr.

Tabelle 5: Einfluss unterschiedlicher Baurealisierungsszenarien auf die Jahreskosten

Die genannten Zahlen sind in Abbildung 6 visuell zusammengefasst.

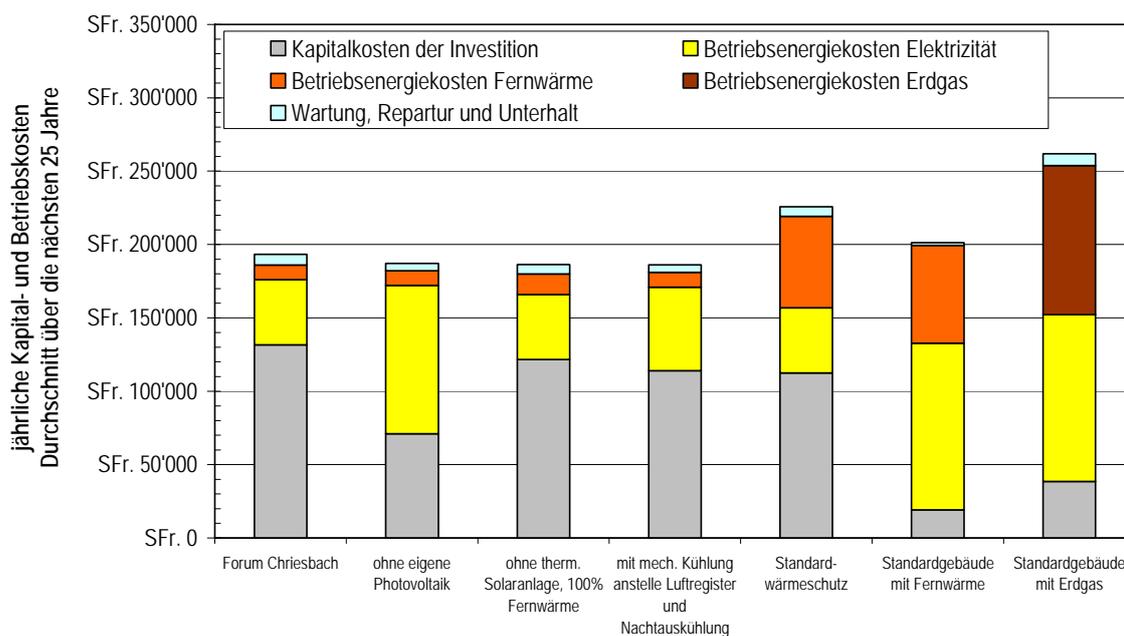


Abbildung 6: Durchschnittliche, jährliche Kapital- und Betriebskosten über die nächsten 25 Jahre.

Mit der angewendeten DCF Methode werden, wie bereits erwähnt, die zukünftigen Geldflüsse auf die Gegenwart diskontiert und ausgewiesen. Für die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen ist es daher wichtig abzuschätzen, wie sich die Unterschiede zwischen einem Standardgebäude und dem Forum Chriesbach mit der Zeit entwickeln. Diese Unterschiede zwischen den Gebäuden sind in der Abbildung 7 gezeigt.

Es wird ersichtlich, dass bei der maximalen Energiepreisentwicklung die Unterschiede zwischen den jährlichen Betriebs- und Kapitalkosten immer weiter ansteigen und somit das Forum Chriesbach finanziell immer interessanter wird. Der Grund für diese wachsenden Unterschiede basiert auf den prognostizierten, steigenden

Energiepreisen über die folgenden Jahre, welche die anfallenden Betriebskosten des „Standardgebäudes“ stark erhöhen. Da das Forum Chriesbach von Beginn an eine markant niedrigere Betriebsenergie hat, reagiert es weitaus weniger sensitiv auf die weitere Entwicklung der Energiepreise.

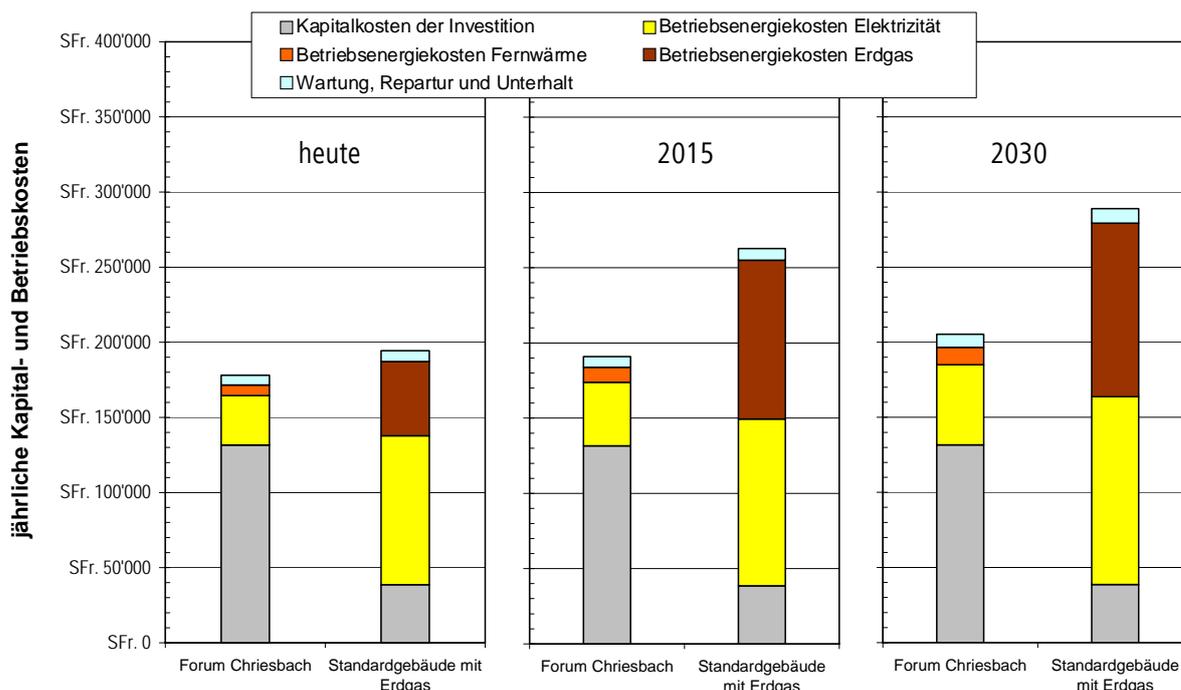


Abbildung 7: Unterschiede der Kapital- und Betriebskosten zwischen dem Forum Chriesbach und dem Standard Gebäude, abhängig von der Zeit.

## 5.5 Sensitivitätsanalyse der Energiepreisszenarios

Wie bereits erwähnt, sind die jährlichen Kapital und Betriebskosten von mehreren Parametern abhängig. So spielt nicht nur die gewählte bauliche Ausführung eine entscheidende Rolle im Kostenvergleich zum „Standardgebäude“. Die Wahl des Energiepreisszenarios, wie auch unterschiedliche Kapitalzinssätze, können das Resultat massgeblich beeinflussen. Im Folgenden wurde eine kurze Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Spannbreite der Resultate zu ermitteln.

Durch die Wahl der technischen Investitionen zur Reduktion der Betriebskosten können jährlich zwischen SFr. - 7145.- und SFr. 68'479.- (max. Preisentwicklung, Kapitalzinssatz 4%) eingespart werden. Ungefähr die selbe Bandbreite von Resultaten erhält man je nach Wahl des Energiepreisszenarios oder des Kapitalverzinsungssatzes.

Die berechneten Mehrkosten von SFr. 68'479.- für das „Standardgebäude“ würden sich um 26% erhöhen, wenn zum selben Szenario ein Kapitalzinssatz von lediglich 2% gewählt werden würde. Die niedrigeren Betriebs- und Investitionskosten des Forum Chriesbachs sind jedoch vernachlässigbar gering, sobald der Kapitalzinssatz auf 6% gesetzt würde und das min-Szenario der Energiepreisentwicklung zutrifft. Die Mehrkosten des „Standardgebäudes“ würden dann noch lediglich SFr. 5'721.- betragen.

Die Resultate sind in Tabelle 6 zusammengefasst und in Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10 visualisiert.

Zins \ Energiepreisszenario	min [SFr]	mid [SFr]	max [SFr]
Kapitalverzinsung 2%	42'626.-	59'972.-	86'010.-
Kapitalverzinsung 4%	25'095.-	42'441.-	68'479.-
Kapitalverzinsung 6%	5'721.-	23'067.-	49'104.-

Tabelle 6: Durchschnittliche jährliche Mehrkosten des „Standardgebäudes“ bei unterschiedlicher Kapitalverzinsung in unterschiedlichen Szenarien.

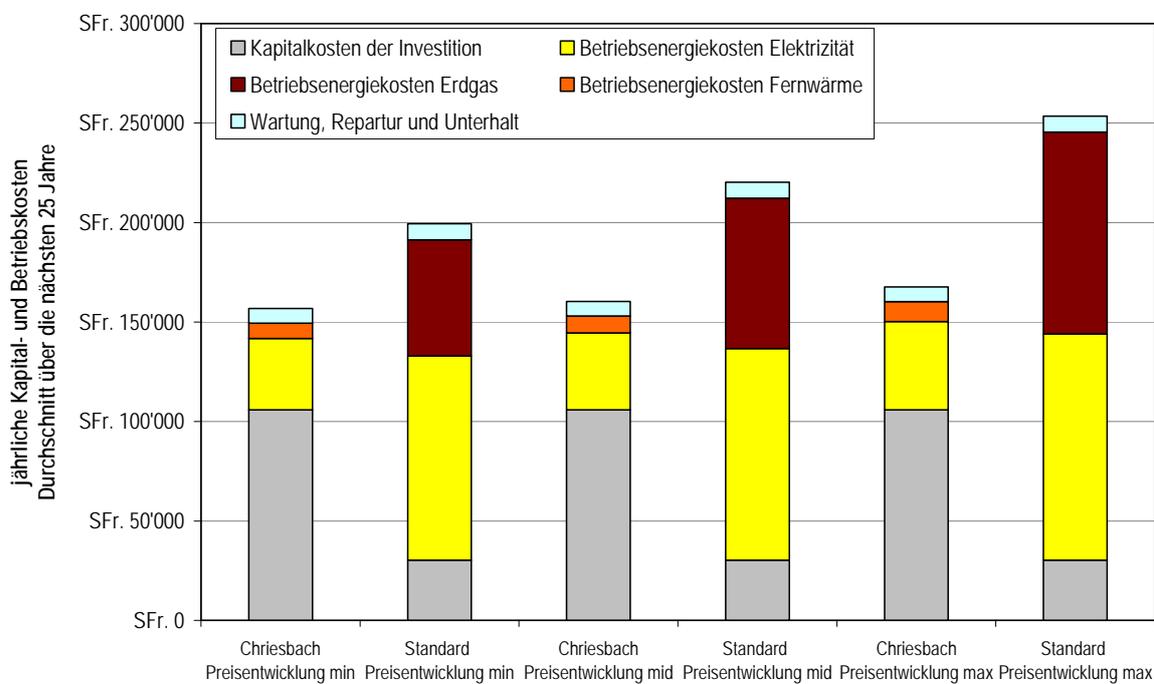


Abbildung 8: Die drei Preisentwicklungsszenarien bei einem Kapitalzinssatz von 2%.

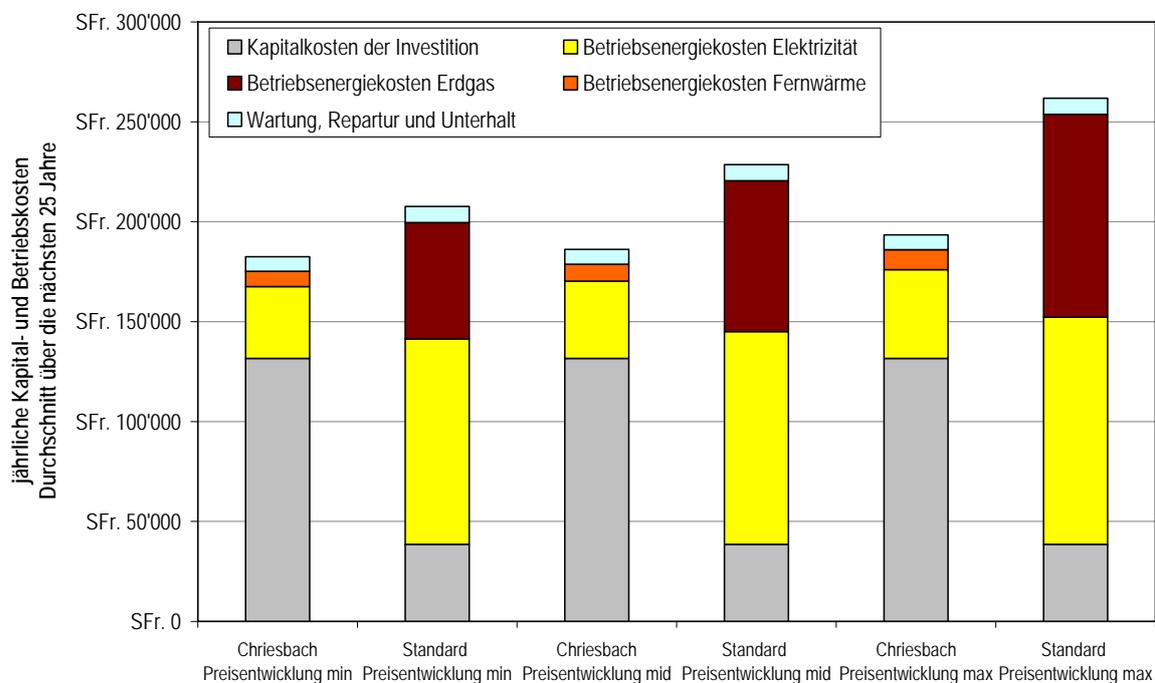


Abbildung 9: Die drei Preisentwicklungsszenarien bei einem Kapitalzinssatz von 4%.

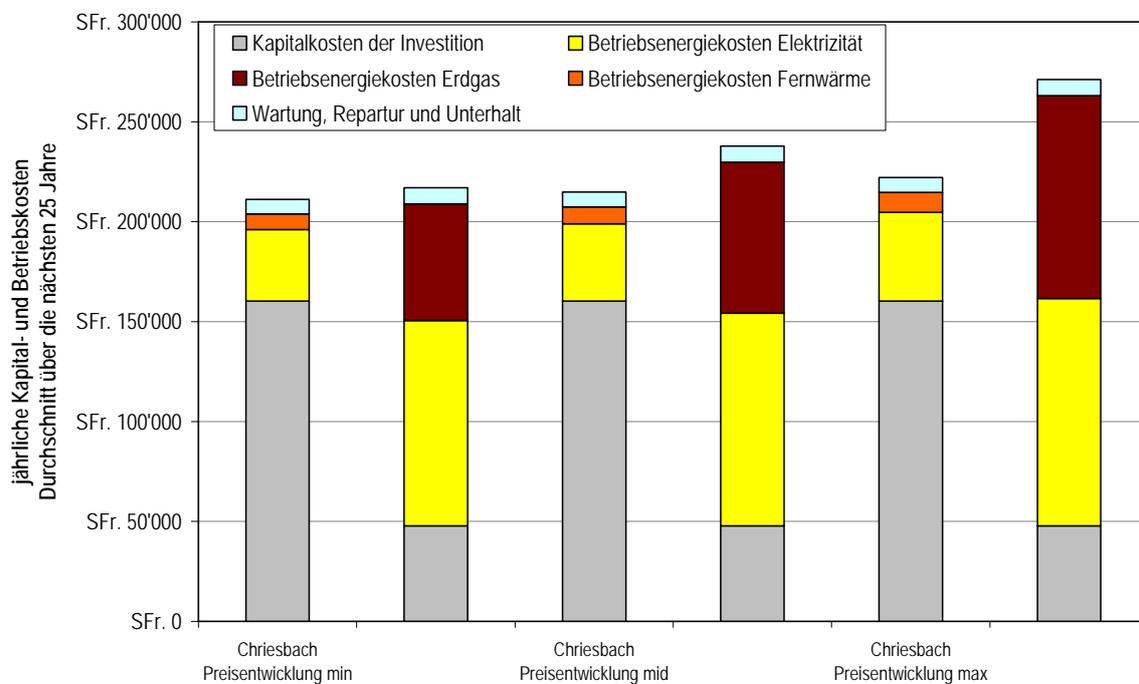


Abbildung 10: Die drei Preisentwicklungsszenarien bei einem Kapitalzinssatz von 6%.

## 6 Schlussfolgerungen

Das Ziel der Eawag, ein nachhaltiges Gebäude zu bauen und zu betreiben, wurde nicht nur aus ökologischer und gesellschaftlicher Sicht, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht erreicht. Forum Chriesbach ist zwar mit etwas höheren Investitionskosten für die energetischen Massnahmen behaftet, weist aber aufgrund des niedrigen Energiebedarfs auch äusserst niedrige Energiebetriebskosten auf. Der tiefe Betriebsenergiebedarf macht das Gebäude zudem weniger sensibel auf Preisschwankungen im Energiebereich und weitgehend unabhängig von fossilen Rohstoffen.

Selbst bei einer relativ moderaten Energiepreissteigerung (min-Szenario) und einer Verzinsung von 4% sind die Gesamtkosten wesentlich niedriger als beim „Standardgebäude“. Unabhängig vom Energiepreisszenario ist das Forum Chriesbach aus wirtschaftlicher Sicht interessant.

Unter der getroffenen Annahme, dass die Energiepreise weiter steigen werden, wird das Forum Chriesbach im direkten Vergleich mit einem „Standardgebäude“ Jahr für Jahr günstiger und dadurch wirtschaftlich interessanter.

Wie die Detailanalysen der verschiedenen Massnahmen gezeigt haben, sind Investitionen in den Wärmeschutz (z.B. Dämmung) die weitaus rentabelsten. Die thermische Solaranlage ist weniger rentabel, da sich diese mit der Abwärmenutzung der gewerblichen Kälte konkurriert. Aus Gesamtsicht machen die Massnahmen in Kombination trotzdem Sinn.