

Studie zur Untersuchung von Mehrkosten von MINERGIE-P[®]-Bauten

Stokar + Partner AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel

Dipl.-Ing. Juliane Wegner
Dr. sc.tech. Markus Stokar
Dr.-Ing. Caroline Hoffmann

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik HABG
Institut Energie am Bau IEBau
St. Jakobs-Strasse 84, CH-4132 Muttenz

Armin Binz
Prof., dipl. Arch. ETH/SIA, Leiter des Instituts Energie am Bau - FHNW
Patricia Bürgi
dipl. Arch. HTL, dipl. Energie-Ing. NDS/HTL, wissenschaftliche Mitarbeiterin, Institut Energie am Bau - FHNW

Im Auftrag von:
Amt für Umweltschutz und Energie BL
Fachstelle Energie
Rheinstrasse 29
4410 Liestal
und

Amt für Umwelt und Energie BS
Energiefachstelle Basel-Stadt
Kohlenberggasse 7
4051 Basel

Muttenz, März 2010

1	Vorwort	4
2	Ausgangslage	6
2.1	Initiatoren/ Verantwortlichkeiten.....	6
2.2	Gegenstand der Studie	6
2.3	Rahmenbedingungen & Grundlagen.....	6
2.3.1	Allgemeines.....	6
2.3.2	MINERGIE-P Grundlagen	7
2.3.3	Grundlagen Baukostenermittlung.....	7
2.3.4	Wärmeschutznachweis	8
2.3.5	Begehungen und Sitzungen	8
3	STUDIE.....	9
3.1	Einführung zu den untersuchten Objekten.....	9
3.1.1	AG-009/010-P - MFH Münchwilen	9
3.1.2	BL-013-P - EFH Gelterkinden	10
3.2	Methodik/ Vorgehen zur Datenermittlung	11
3.2.1	Analyse der bestehenden Konstruktion MINERGIE-P	12
3.2.2	Definition Ersatzkonstruktionen nach SIA 380/1:2009	12
3.2.3	Wärmeschutznachweis der Ersatzkonstruktion nach SIA 380/1:2009 (Gesamtsystem)	14
3.2.4	Einfluss der Bauordnung	15
3.3	Kostenanalyse.....	15
3.3.1	Vergleich der Baukosten der Häuser mit/ ohne MINERGIE-P.....	15
3.3.2	Vergleich der Betriebskosten und –Erträge.....	20
3.3.3	Übersicht kostenrelevanter Bauteile und spezifischen Zusatzkosten MINERGIE-P.....	22
4	FAZIT UND ZUSAMMENFASSUNG.....	25
4.1	Mehrkosten – Struktur und Streubereich.....	25
4.2	Mehrkosten-Nutzen-Verhältnis	25
4.3	Beurteilung der Methodik.....	25

1 Vorwort

Zum Thema Mehrkosten von MINERGIE-P-Bauten ist fast jede Aussage zu hören. Von Gerüchten über doppelte Gebäudekosten bis hin zu Minderkosten, weil auf eine konventionelle Heizung – inkl. Tankraum und Kamin – verzichtet werden kann, wird alles berichtet. Mit über 500 Gebäuden und der entsprechenden Erfahrung beginnt sich der Nebel langsam zu lichten und die Erkenntnis verdichtet sich, dass die Mehrkosten erstens relativ stark schwanken und dass sie zweitens bei der Mehrheit der Bauten zwischen 5 und 15% der Gebäudekosten liegen. Davon ist ein Teil durch die Einsparungen an Energiekosten amortisierbar. Die vorliegende Studie leistet einen weiteren Beitrag zur Klärung der Frage der Mehrkosten. Es wurde dafür ein klassisches Verfahren gewählt. Die Baukostenabrechnungen von zwei bestehenden MINERGIE-P-Gebäuden wurden analysiert. Daraufhin wurden sie fiktiv zu knapp energiegesetzkonformen Gebäuden "zurückentwickelt" und danach die Kosten erneut kalkuliert. Dieser Ansatz liefert präzise und eindeutige Zahlen. Trotzdem ist bei der Interpretation der Zahlen einiges zu beachten.

Die beiden Gebäudevarianten sind eigentlich nur noch bedingt miteinander vergleichbar, weil durch die fiktive "Rückentwicklung" aus einem Qualitäts-Produkt ein Standard-Haus gemacht wird. Die Komfortlüftung mit Feinstaub- und Pollenfiltermöglichkeit fehlt, ebenso die Motorisierung der Storen, die beim MINERGIE-P-Gebäude die Wärmebrücken der Kurbeldurchstiche verhindert. Ganz zu schweigen von den Hochleistungs-Verglasungen, welche bei den heute grossen Fenstern im Wohnbereich im MINERGIE-P-Gebäude ein behagliches Sitzen in Fensternähe ermöglichen. Die Frage der Rentabilität der MINERGIE-P-Bauweise ist so betrachtet nur die halbe Wahrheit. Bei anderen Qualitätsunterschieden, etwa teureren Küchen oder Bodenbelägen, kommt dieser Anspruch nie auf. Erst die Tatsache, dass die MINERGIE-P-Bauweise nicht nur eine höhere Wohn- und Bauqualität liefert, sondern auch noch Energie spart (und der Entscheid oft deswegen gefällt wird), lässt die Berechnung von betriebswirtschaftlichen Betrachtungen überhaupt zu und entsprechende Ansprüche an die „Rentabilität“ wachsen.

Die methodischen Knacknüsse können an einem weiteren Beispiel illustriert werden. Wenn im MINERGIE-P-Einfamilienhaus als Zusatzheizung ein Schwedenofen mit Sichtscheibe eingesetzt wird, dann ist dies ein sehr teures Element, für das Bisschen Wärme, das im Winter noch benötigt und geliefert wird. Welcher Teilbetrag des Ofens nun als MINERGIE-P-Mehrkosten angerechnet wird und welcher Anteil als "Ambiance-Kosten" veranschlagt werden, ist wohl nur durch Willkür zu entscheiden. Im Sinne der harten Mehrkostenoptik der Untersuchung wurde konsequent alles der MINERGIE-P-Bauweise angelastet und im Standardgebäude entsprechend weggelassen.

Ein MINERGIE-P-Gebäude braucht nicht unbedingt einen höheren Planungsaufwand, jedoch eine höhere Planungskompetenz. Ein MINERGIE-P-Projekt gelingt nur, wenn von Beginn der Planung Gebäudekonzept, -hülle und -technik integral und in gegenseitiger Abstimmung entwickelt werden. Das Gebäude ist schlussendlich technisch durchdacht und konsistent und weist dadurch auch eine nachhaltigere Werterhaltung auf. Planungskompetenz ist ohnehin ein Schlüsselbegriff für MINERGIE-P-Bauten und insbesondere für die Kostenfrage. Einerseits kann festgestellt werden, dass Mehrkosten und Planungskompetenz indirekt proportional sind: Je höher die Planungskompetenz, desto niedriger die (MINERGIE-P-bedingten) Mehrkosten. In der Umkehrung führt das dazu, dass MINERGIE-P-Anforderungen gerne als Sündenbock für mangelnde Kompetenz herbeigezogen werden: "Diese MINERGIE-P-Anforderungen treiben eben die Kosten enorm in die Höhe..."

Fazit: Die vorliegende Studie unterzieht die MINERGIE-P-Bauweise bewusst einem Härtetest. Mit konservativen Annahmen (z.B. keine Energiepreisteuerung) und einer reinen Mehrkosten-Analyse ohne Mehrwertberücksichtigung werden die harten Fakten ermittelt und diese einer betriebswirtschaftlichen

Beurteilung unterzogen. Trotzdem sind die Mehrkosten der beiden untersuchten Bauten in einem Bereich, der deutlich geringer ist, als etwa die "natürliche Schwankungsbreite" von Offerteingaben oder von Parallelprojekten. Mit gut 500 gebauten MINERGIE-P-Objekten besteht zwar mittlerweile ein erhebliches technisches Know-how. Gerade die Kostenseite beginnt man aber gerade erst – z.B. mit der vorliegenden Studie – genauer zu analysieren. Wir stehen in Sachen Kostenoptimierung von MINERGIE-P-Gebäuden am Anfang und die Zahlen zeigen, dass die Hoffnung, dass wir MINERGIE-P-Qualität längerfristig sogar mit den Energiekosteneinsparungen finanzieren können, keine Utopie ist, zumindest wenn die (bei dichten Gebäuden ohnehin notwendige) Komfortlüftung als selbstverständlich betrachtet wird und nicht mehr der MINERGIE- bzw. MINERGIE-P-Bauweise angelastet wird.

Prof. A. Binz

2 Ausgangslage

Zur Frage der Mehrkosten von MINERGIE-P-Bauten im Vergleich zu konventionell erstellten Gebäuden existieren wenig aussagekräftige und oft widersprüchliche Unterlagen. Bei Baufachleuten und Verbrauchern kursieren unterschiedliche Vorstellungen, was vor allem bei den Gesetzgebern, welche grundsätzlich die Umsetzung des MINERGIE-P-Standards fördern möchten, grosse Unsicherheiten schafft. Für eine solide Integration und Akzeptanz dieses Standards bei Bauherrschaften, bei Richtlinien und Vorschriften oder als politische Zielgrösse ist die Kostenfrage zentral. Derzeit existieren über 500 MINERGIE-P-Gebäude, vor allem Wohnbauten, die als Grundlage einer repräsentativen Analyse ausgewertet werden können.

2.1 Initiatoren/ Verantwortlichkeiten

Das AUE Baselland, unterstützt vom AUE Basel-Stadt, beauftragte die MINERGIE Agentur Bau mit der Ausarbeitung der Studie. Die MINERGIE Agentur Bau beauftragte ihrerseits die Firma Stokar+Partner AG mit wesentlichen Teilen der Kostenanalyse und behielt selber die Koordination und Oberaufsicht. Die eigentlichen Baukosten wurden von der Firma Ernst Baukostenplanung Basel im Unterauftrag von Stokar+Partner berechnet mit der Ausnahme der Kosten für die Gebäudetechnik, die von Stokar+Partner selber ermittelt wurden.

2.2 Gegenstand der Studie

Gegenstand der Studie ist die Analyse neu gebauter Wohnbauten im MINERGIE-P-Standard hinsichtlich ihrer Mehrkosten im Vergleich zu konventionell erstellten Gebäuden nach zum Zeitpunkt der Erstellung der Gebäude gültigen Bauvorschriften.

Besonderes Augenmerk liegt darauf, Erkenntnisse zu den folgenden Punkten zu gewinnen:

- **Mehrkosten, sowie deren Struktur und Streubereich**
- **Identifizierung kostentreibender Elemente und Planungsentscheide, und somit wesentlicher Ursachen für Mehrkosten, um eine allgemein gültige Gesamteinschätzung zur Kostenentwicklung abgeben zu können**
- **Aufzeigen des Mehrkosten-Nutzen-Verhältnisses, inklusive der erzielten Betriebskosteneinsparungen unter Berücksichtigung des Einflusses der Dämmstärke auf die Nutzfläche und das Gebäudevolumen.**
- **Entwicklung einer Methodik zur effektiven und effizienten Auswertung weiterer Objekte im Rahmen dieser Aufgabenstellung**

Der Fokus der Studie liegt auf den in Geldwerten darstellbaren Kosten und Nutzen.

2.3 Rahmenbedingungen & Grundlagen

2.3.1 Allgemeines

Von den Verfassern wurden gemeinsam 2 Objekte ausgewählt, die die Grundlage der Studie bilden:

- **MFH Münchwilen AG-009/010-P Baujahr 2007, Kanton Aargau**
- **EFH Gelterkinden BL-013-P, Baujahr 2006, Kanton Baselland**

Für die Auswahl waren vor allem eine rasche Beschaffbarkeit guter und aussagefähiger Unterlagen, die Zustimmung der Bauherrschaft, eine nicht zu grosse Komplexität und Sonderform des Objektes, reine Nutzungstypen (also keine Mischnutzungen) und eine typische, nicht zu experimentelle Bauweise wichtige Kriterien.

2.3.2 MINERGIE-P Grundlagen

Die bestehenden Konstruktionen werden **nicht** nach denen zum Zeitpunkt der Erbauung bzw. Zertifizierung geltenden Vorschriften ausgewertet (MINERGIE-P-Standard, Formular Version 9, und SIA 380/1 : 2001, resp. 384.201/ EN 12831 : 2003). Vielmehr steht der Vergleich auf der Basis aktuell geltender Normen im Vordergrund. So können Mehr- bzw. Minderkosten nach aktuellem Investitionsaufwand angegeben werden.

- **MINERGIE-P-Standard, Formular Version 11**

im Vergleich zu

- **SIA 380/1 : 2009, resp. 384.201/ EN 12831 : 2003**

2.3.3 Grundlagen Baukostenermittlung

Für beide Häuser liegen von Seiten der Bauherrschaft Baukostenabrechnungen vor. Regionale Preisunterschiede bei Planerleistungen, Landerwerb, Finanzierung etc. können nie gänzlich neutralisiert werden. Ebenso differieren Detaillierungsgrad und Zuordnung der Kosten in der Aufstellung nach Baukostenplan (BKP).

Um trotzdem eine einheitliche Berechnungsgrundlage und somit vergleichbare Baukosten zu erhalten, wurden die Baukostenabrechnungen mit Hilfe verschiedener Massnahmen „bereinigt“. Das heisst konkret:

- **Indexierung der Zahlungen mit dem Zürich Baukostenindex auf den 1.4.2008**

MFH Münchwilen AG-009/010-P von 106.2 (per 1.4.07) auf 110.5 (per 1.4.08)

EFH Gelterkinden BL-013-P von 101.6 (per 1.4.06) auf 110.5 (per 1.4.08)

- **Bereinigung der Baukostenangaben, um nur relevante Kosten einzubeziehen:**

BKP 0 Grundstück - keine Daten aufgenommen

BKP 1 Vorbereitungsarbeiten – nur BKP 151, 153, 155, 156 enthalten

BKP 2 Gebäude – alle verfügbaren Daten enthalten

BKP 4 Umgebung – nur BKP 411, 421, 423 enthalten

BKP 5 Baunebenkosten – nur Kosten für Energienachweis, Ersatzabgaben Luftschutzräume und Mängelbehebung enthalten

- **Vereinheitlichung „weicher“ Kosten:**

a) Honorare pauschal mit 20% veranschlagt

b) Baunebenkosten pauschal mit 5% veranschlagt

c) Ergänzende Leistungen pauschal mit 5% veranschlagt

Die in dieser Art definierten Kostengrundlagen je Objekt sind die Basis zum Vergleich und deshalb neu als 100% der relevanten, vergleichbaren Kosten festgelegt.

2.3.4 Wärmeschutznachweis

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Studienergebnisse sieht vor, dass jeweils ein Wärmeschutznachweis auf Grundlage der neu ermittelten Werte zur sog. „Ersatzkonstruktion“ erstellt wird. So wird die Bewilligungsfähigkeit des auf SIA 380/1 reduzierten Gebäudes nachgewiesen.

Die Berechnung erfolgte mit einem zertifizierten Programm von AAA EDV Software. Grundlage der Berechnungen sind die Anforderungen gemäss Kanton Aargau mit der Klimastation Olten (Objekt Münchwilen) und denen gemäss Kanton Basel-Stadt mit der Klimastation Basel-Binningen (Objekt Gelterkinden).

2.3.5 Begehungen und Sitzungen

Im Rahmen der Datenerfassung und der Erstellung der Studie hat es mit allen Beteiligten diverse Koordinationssitzungen und eine Begehung der Objekte gegeben.

3 STUDIE

3.1 Einführung zu den untersuchten Objekten

3.1.1 AG-009/010-P - MFH Münchwilen

Architektur/ Konstruktion:

Das Mehrfamilienhaus in Münchwilen besteht aus 2 rechteckigen, kompakten Gebäuden (Haus A und B), die durch einen zentralen Lift mit Treppenaufgang via Laubengänge erschlossen sind. Jedes Haus hat je 8 Wohnungen (4 x 4 Zimmer mit 100m², 2 x 3.5 Zimmer mit 92m² und 2 x 5.5 Zimmer mit 145m²), die auf 2 Etagen und einem ausgebauten Dachgeschoss (Satteldach) untergebracht sind. Eines der Häuser ist unterkellert (unbeheizt) und bietet Raum für Kellerabteile, Hobbyräume und für die gemeinsam genutzte Heizungsanlage. Die Gebäude sind in Massivbauweise (Modulbackstein) mit verputzter Aussendämmung erstellt, Balkone und Laubengänge sind durch separate Stützen thermisch entkoppelt. Alle Fenster haben eine 3-fach Verglasung mit elektrisch angetriebenen Storen. Die Energiebezugsfläche EBF beträgt pro Haus 1'031m². Das MINERGIE-P-Zertifikat wurde per 17.10.2007 ausgestellt.

Gebäudetechnik:

Die Wärme wird mit einer monovalenten Pelletheizung erzeugt. Die Wärmeverteilung erfolgt über Fussbodenheizungen in den Wohnungen. Für die Warmwassererwärmung steht zusätzlich noch eine Solaranlage zur Verfügung (67% Pellets, 33% Solar, thermisch). Die kontrollierte Lüftung wird durch dezentrale Geräte (inkl. Steuerung, Filter, Zu- & Abluft etc.) in den Wohnungen realisiert. Der Heizwärmebedarf liegt bei beiden Häusern bei rund 35 MJ/ m².



Abbildung 1: Münchwilen - Ansicht der Erschliessungszone zwischen den 2 Hauptgebäuden (Haus A & B)

Objektspezifika:

Beide Häuser sind v.a. innerhalb des Wärmedämmperimeters fast identisch bzw. spiegelbildlich aufgebaut. Funktions- und Wohnflächen sind sehr rationell, effektiv geplant und ausgeführt. Im Rahmen der Mehrkostenanalyse wurden verschiedene Konstruktionsvarianten untersucht, u.a. zur Deckenstärke. In den vorliegenden Gebäuden lässt sich die Deckenstärke für eine Konstruktion ohne MINERGIE-P trotz Wegfall der eingelegten Lüftungsrohre nicht ohne weiteres reduzieren, da die tragenden Wände nicht konsequent übereinander angeordnet sind und relativ grosse Spannweiten aufweisen. Die Verteilung der tragenden Elemente scheint bewusst so gewählt, um u.a. eine flexiblere Grundrissgestaltung zu ermöglichen. Die Tragstruktur wurde in der vorliegenden Studie nicht separat durch einen Statiker nachgerechnet, da dies den Rahmen der Studie übersteigt.

3.1.2 BL-013-P - EFH Gelterkinden

Architektur/ Konstruktion:

Das Einfamilienhaus in Gelterkinden besteht aus einem rechteckigen, kompakten Gebäude und wurde in Hanglage (Südhang mit 23 % Gefälle) erbaut. Die Erschliessung erfolgt im Erdgeschoss. Das Haus grenzt unmittelbar an die Strasse an (Grenzabstand 3m). Ausgehend vom Strassenniveau, hat das Haus ein EG, ein OG, eine begehbare Dachterrasse und ein UG, welches gartenseitig oberirdisch ist und entsprechend Zugänge ermöglicht. Die Aushubsole befindet sich ca. 3.20 bis 4.00m unterhalb des Strassenniveaus. Das Gebäude ist in gemischter Bauweise erstellt: Tragkonstruktion und aussteifende Treppen aus Ortbeton (innen zumeist als Sichtbeton), Gebäudehülle aus vorfabrizierten, hochwärmedämmten Holzelementen mit Hinterlüftung. Die Balkone und externen Aufgänge sind durch separate Stützen thermisch entkoppelt. Alle Fenster haben eine 3-fach Verglasung mit automatisierten Storen. Die Energiebezugsfläche EBF beträgt 201m². Das MINERGIE-P-Zertifikat wurde per 08.06.2006 ausgestellt.



Abbildung 2: Gelterkinden - Seitenansicht mit Aufgang zur Dachterrasse

Gebäudetechnik:

Zur Wärmeerzeugung dient ein Kompaktlüftungsgerät, das sowohl eine Kleinstwärmepumpe (Luft/ Luft) und eine Wärmerückgewinnung (mit Luft-Erdwärmetauscher), als auch einen Trinkwasserspeicher und einen Warmwasserspeicher (Solar) umfasst. Ausserdem gibt es im Wohnzimmer einen Schvedenofen und im Bad ein Elektro-Heizgerät. Die Heizwärme wird zu 60% mit der Wärmepumpe (Aussenluft), zu 30% mit der Holzfeuerung und zu 10% mit Elektroenergie (Elektroheizung im Bad) erzeugt. Die Wärmeverteilung erfolgt über die Lüftungsanlage. Zur Warmwasserbereitung steht zusätzlich noch eine Solaranlage zur Verfügung (Verteilung auf 60% Solar thermisch, 30% WP-Aussenluft, 10% Elektro-Wassererwärmer). Die kontrollierte Lüftung wird durch dasselbe Gerät (inkl. Steuerung, Filter, Zu- & Abluft etc.) realisiert, welches auch die Wärmeerzeugung übernimmt. Der Heizwärmebedarf liegt bei rund 50 MJ/ m².

Objektspezifika:

Das Gebäude hat ein individuell sehr abgestimmtes Haustechnikkonzept. Da das Lüftungssystem zugleich das Heizsystem ist, muss bei einer Bauweise ohne MINERGIE-P ein separates Heizsystem komplett neu vorgesehen werden. Ebenso wurde eine spezielle Superdämmung in die Gebäudehülle eingebracht, da so die aufgrund des Ausnutzungsgrads bzw. der Grenzabstände des Grundstücks begrenzten Grundrissmasse optimiert werden konnten. Allerdings ergeben sich dadurch überdurchschnittliche Mehrkosten. Die Gebäudehöhe lässt sich bei Normalbauweise über eine geringere Dämmstärke unter der Bodenplatte und auf der Flachdach-Decke reduzieren.

3.2 Methodik/ Vorgehen zur Datenermittlung

Die bestehenden MINERGIE-P-Gebäude werden auf ihre Kosten-/ Sparpotentiale geprüft. Dazu werden sowohl einzelne Gebäudeelemente, als auch das Gesamtsystem analysiert und Änderungen in einer fiktiven „Ersatzkonstruktion“ festgehalten. Grundlage der Betrachtungen bzw. Basis der Berechnungen ist die Norm SIA 380/1:2009. D.h. für den Vergleich werden die aktuell gültigen Wärmedämmvorschriften verwendet. Die Einsparungen ergeben in allen Fällen Änderungen bei der Konstruktion der Gebäudehülle und bei den Systemen der Haustechnik. Zur Ermittlung der Mehr- oder Minderkosten wird nicht die komplette „Ersatzkonstruktion“ berechnet, sondern nur die jeweilige Preisdifferenz der variierten Elemente zum Ausführungsstandard MINERGIE-P. Insgesamt ergeben sich somit die **Minderkosten** für eine Bauweise ohne MINERGIE-P, da von bestehenden Gebäuden ausgegangen wird.

In der Praxis stellt sich jedoch als Ausgangspunkt die Frage, ob nun ein neues Gebäude gemäss den MINERGIE-P-Vorgaben oder aber den per SIA 380/1 definierten Energiestandards gebaut wird. Hier ist von Interesse, mit welchen **Mehrkosten** für ein Haus mit höherem, also mit MINERGIE-P-Standard zu rechnen ist. Die Kostendifferenz bleibt natürlich dieselbe wie bei der Betrachtung der Minderkosten. Die 100% Basis sind jedoch bei der Betrachtung der Mehrkosten die Erstellungskosten des SIA 380/1-konformen Gebäudes (= bereinigte Erstellungskosten der bestehenden MINERGIE-P-Gebäude abzüglich der ermittelten Minderkosten). Methodisch wird deshalb für ein Fazit der vorgenommenen Analysen der Umkehrschluss gemacht.

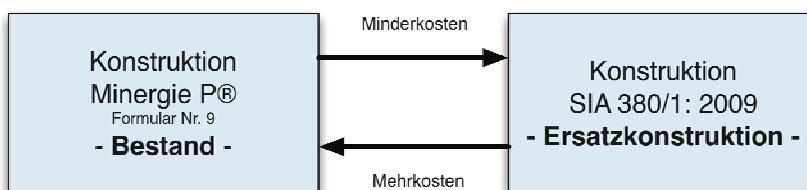


Abbildung 3: Vorgehensdiagramm „Grundlage der Analyse“

Beide Objekte (wie auch jedes zukünftig zu analysierende MINERGIE-P-Objekt) haben jeweils individuell ihren Standortbedingungen angepasste Architekturen und Haustechniksysteme. Das ist zwar so gewollt, da es sich dabei um eines der Qualitätsmerkmale von Gebäuden mit MINERGIE-P-Standard handelt, ist aber bei einer Mehrkostenanalyse mit Hilfe der hier definierten Ersatzkonstruktionen im Auge zu behalten. Einerseits macht dies eine Analyse spannend, andererseits lassen sich die Gebäude nur begrenzt in der gleichen Art und Weise ohne MINERGIE-P erstellen.

3.2.1 Analyse der bestehenden Konstruktion MINERGIE-P

Die Daten werden jeweils für die Gebäude als Gesamtsystem aufgenommen und analysiert. Danach werden einzelne Bauteile und Gebäudeelemente untersucht. Dieses Vorgehen beinhaltet folgende Schritte:

- **Aufstellung der bestehenden klimatisch relevanten Einzelbauteile, inklusive ihrer Konstruktionsdetails, d.h. all diejenigen Elemente, welche Einfluss auf Qualität und Masse des Wärmedämmperimeters haben**
- **Aufstellung der Grenzwerte zu den bestehenden klimatisch relevanten Einzelbauteilen gemäss Objektangaben MINERGIE-P**
- **Aufstellung der Daten zur Haustechnik wie bestehend**
- **Erstellen des Wärmeschutznachweises für jedes Objekt als Gesamtsystem wie bestehend (MINERGIE-P) als Grundlage und Berechnungsgerüst für die weiteren Untersuchungen zur Ersatzkonstruktion (SIA 380/1:2009)**

3.2.2 Definition Ersatzkonstruktionen nach SIA 380/1:2009

Da jetzt die Konstruktion der einzelnen Elemente bekannt ist, erfolgt nun eine Variation der bestehenden energetisch relevanten Einzelbauteile unter Einhaltung der Grenzwerte gemäss SIA 380/1:2009 (ohne MINERGIE-P).

Variable Parameter Konstruktion der Gebäudehülle:

- Dämmstärken (Reduktion),
- Verglasung der Fenster (2-fach, U-Wert, g-Wert),
- Dichtigkeit Gebäudehülle (v.a. Anschlüsse)
- Berücksichtigung statischer Massnahmen und Bauteildimensionen (z.B. evtl. reduzierte Deckenstärke, da die Installationen für Lüftungsrohre und/ oder Bodenheizungen entfallen)
- Vereinfachte Konstruktion bei Wärmebrücken

Wird die Deckenstärke reduziert, so kann dadurch Raumhöhe gewonnen oder die Gebäudehöhe reduziert werden:

Deckenstärken (DS)		Einfluss auf Ersatzgebäude
Variante DS 1	Einsparung der Deckenstärke innen, d.h. äussere Gebäudemasse bleiben unverändert	GH = unverändert RH = wird grösser
Variante DS 2	Einsparung der Deckenstärke innen und aussen, d.h. äussere Gebäudemasse verringern sich	GH = wird kleiner RH = unverändert

GH = Gebäudehöhe, RH = Raumhöhe

Variable Parameter Haustechnik:

- Wegfall der kontrollierten Wohnungslüftung, inkl. Teilen der Installationen und Verteilungssysteme (Abluft nur noch für Bäder, Küchen, WC)
- Anpassung diverser Kennwerte und Wirkungsgrade je nach gewähltem „Ersatzsystem“ (thermisch wirksamer Aussenluft-Volumenstrom, Vorlauftemperaturen etc.)
- Anpassung der Systeme für die Wärmeerzeugung und -verteilung, wobei hier 2 Varianten für das Ersatzhaus untersucht werden:

Haustechnik		
Variante Öl	günstigste Lösung	Wärmeerzeugung: Ölheizung (inkl. Öltank, Kamin) Wärmeverteilung: Fussbodenheizung oder Radiatoren
Variante WP	System, das Elektrizität statt Öl verwendet und unter Bauherren immer mehr Akzeptanz erhält	Wärmeerzeugung: Wärmepumpe mit Erdwärmesonde (inkl. Bohrungsarbeiten und Steuerung) Wärmeverteilung: Fussbodenheizung

3.2.3 Wärmeschutznachweis der Ersatzkonstruktion nach SIA 380/1:2009 (Gesamtsystem)

Sowohl die neuen Einzelelemente der Ersatzkonstruktion, als auch ihr Zusammenwirken als Ganzes wird mit Hilfe eines Wärmeschutznachweises (vgl. Punkt 3.2.1) überprüft. Das Bestehen des Nachweises bestätigt somit, dass die gewählte Ersatzkonstruktion gemäss SIA 380/1:2009 konform und bewilligungsfähig ist.

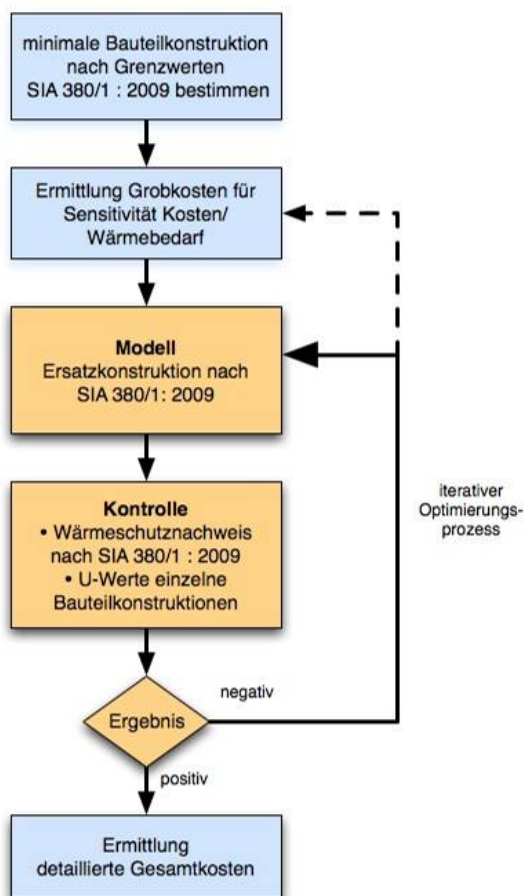


Abbildung 4: Vorgehensdiagramm „Ermittlung Ersatzkonstruktion“

Wenn die benötigten Zielwerte im Wärmeschutznachweis verfehlt werden, bedarf es einer Optimierungsrunde mit erneuter Prüfung (siehe Ablaufschema oben). Dabei wird in einem iterativen Prozess die kostengünstigste Ersatzkonstruktion gesucht, welche die Anforderungen gemäss SIA 380/1 gerade noch erfüllt.

Die optimierten Ersatzkonstruktionen der untersuchten Gebäude ergeben im Wärmeschutznachweis unter Berücksichtigung der Variante AZ 1 (vgl. Kapitel 3.2.4) folgende Werte:

- MFH Münchwilen AG-009/010-P - Heizwärmebedarf der Ersatzkonstruktion 116 MJ/m²
- EFH Gelterkinden BL-013-P - Heizwärmebedarf der Ersatzkonstruktion 196 MJ/m²

3.2.4 Einfluss der Bauordnung

Für diese Studie sollen nicht nur die reinen Erstellungskosten bzw. Investitionskosten berücksichtigt werden, sondern im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung auch die Energiekosten und der Einfluss der Minergiebauweise auf die Grösse der vermietbaren Nutzfläche.

In gewissen Gemeinden erlaubt die Bauordnung das Aufbringen einer zusätzlichen Wärmedämmung ohne Reduktion der Nutzfläche des Gebäudes. D.h. die zusätzliche Wärmedämmung zählt nicht zur Ausnützungsziffer. Damit wird verhindert, dass die Verbesserung der Wärmedämmung mit einer Reduktion der Nutzfläche bestraft wird. In vielen Gemeinden gibt es allerdings noch keine solche Regelung. In diesen Fällen geht die Zusatzdämmung zu Lasten der Nutzfläche. Es werden beide Fälle untersucht, um den Einfluss des Nutzflächenverlustes bei MINERGIE-P-Bauweise auf die Gesamtkosten zu ermitteln.

Ausnutzungsziffer (AZ)		Einfluss auf Ersatzgebäude SIA 380/1
Variante AZ 1	Die Bauordnung erlaubt bei zusätzlicher Wärmedämmung keine grösseren Aussenmasse des Gebäudes (GF). Die zusätzliche Wandstärke geht zu Lasten der Nutzfläche.	EBF = unverändert NF = wird grösser
Variante AZ 2	Die Bauordnung erlaubt bei zusätzlicher Wärmedämmung eine Vergrösserung der Aussenmasse des Gebäudes (GF). Die zusätzliche Wandstärke geht somit <u>nicht</u> zu Lasten der Nutzfläche.	EBF = wird kleiner NF = unverändert
<i>Definition EBF gemäss SIA 3801/1:2009:</i> Summe aller ober- und unterirdischen Geschossflächen, für deren Nutzung ein Beheizen oder Klimatisieren notwendig ist, wobei die EBF brutto, d.h. aus den äusseren Abmessungen, inklusive der begrenzenden Wände und Brüstungen, berechnet wird.		
<i>EBF = Energiebezugsfläche, NF = Nutzfläche</i>		

Da die EBF nicht genau gleich der NF ist, wurde die NF um den Faktor 0.9 reduziert.

3.3 Kostenanalyse

3.3.1 Vergleich der Baukosten der Häuser mit/ ohne MINERGIE-P

Auf Grundlage des optimierten Gebäudemodells erfolgt die Berechnung der Mehr- und Minderkosten im Vergleich zum bestehenden Gebäude im MINERGIE-P-Standard nach der Elementmethode. Dabei wird die Ausmassveränderung aller wesentlichen Bauteile berücksichtigt, so z.B. auch die Kosten für den stärkeren Unterlagsboden, der für das Einlegen der Bodenheizungsrohre notwendig ist. Ein Vergleich der zwei verschiedenen Konstruktionen wird durch die Differenz zwischen Ersatzkonstruktion und bestehendem MINERGIE-P-Gebäude angestellt.

Die Berechnungen ergeben jeweils die **Minderkosten**, die man für die Bauweise ohne MINERGIE-P im Falle der beiden untersuchten Objekte erhält:

EKG	Beschreibung	Objekt AG-009/010-P Münchwilen		Objekt BL-013-P Gelterkinden	
		Öl	WP	Öl	WP
Grundlage: Bereinigte Baukosten MINERGIE-P		100% (2482 CHF/m ² EBF)		100% (4620 CHF/m ² EBF)	
C	Rohbau Gebäude (Baustelleneinrichtung)	0.2% (5 CHF/m ² EBF)	0.2% (5 CHF/m ² EBF)	0.2% (9 CHF/m ² EBF)	0.1% (5 CHF/m ² EBF)
D	Rohbau Gebäude (Baugrube, Bodenplatte)	/	/	0.8% (37 CHF/m ² EBF)	1.0% (46 CHF/m ² EBF)
E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte (Wärmedämmung, Fenster, Dichtigkeit Hülle)	5.2% (129 CHF/m ² EBF)	5.2% (129 CHF/m ² EBF)	3.2% (148 CHF/m ² EBF)	3.2% (148 CHF/m ² EBF)
I	HLK-Anlagen	2.6% (65 CHF/m ² EBF)	1.1% (27 CHF/m ² EBF)	3.2% (148 CHF/m ² EBF)	-0.6% (-28 CHF/m ² EBF)
M	Ausbau (Wärmedämmung)	1.1% (27 CHF/m ² EBF)	1.0% (25 CHF/m ² EBF)	-0.1% (-5 CHF/m ² EBF)	-0.1% (-5 CHF/m ² EBF)
V	Baunebenkosten (MINERGIE-P Gebühren, NK pauschal)	0.5% (12 CHF/m ² EBF)	0.5% (12 CHF/m ² EBF)	0.7% (32 CHF/m ² EBF)	0.6% (28 CHF/m ² EBF)
W	Honorare	1.8% (45 CHF/m ² EBF)	1.5% (37 CHF/m ² EBF)	1.5% (69 CHF/m ² EBF)	0.7% (32 CHF/m ² EBF)
TOTAL Minderkosten bei SIA 380/1:2009		~ 11.4% (283 CHF/m ² EBF)	~ 9.5% (236 CHF/m ² EBF)	~ 9.5% (439 CHF/m ² EBF)	~ 5.0% (231 CHF/m ² EBF)

Abbildung 5: Minderkosten für Gebäude ohne MINERGIE-P in % der bereinigten Gesamtbaukosten (ohne Berücksichtigung einer Veränderung des Gebäudevolumens)

Die Abbildung 5 zeigt, dass die **Minderkosten, bzw. Einsparungen**, für eine weniger gute Wärmedämmung der Gebäudehülle dominieren. An zweiter Stelle folgt die Gebäudetechnik mit der Komfortlüftung. Da eine Wärmepumpe mit Erdsonde deutlich teurer ist als eine einfache Ölheizung, fällt auch der Preisunterschied zum Haus mit Ölheizung deutlicher aus als zum Haus mit Wärmepumpe. Beim Haus in Gelterkinden konnte im Gegensatz zu Münchwilen die Konstruktion der Bodenplatte wesentlich vereinfacht werden, was ca. 1% der Baukosten einspart.

Betrachtet man die **Minderkosten**, die für einzelne wichtige Elemente, wie z. B. die Wärmedämmung oder die Lüftungsanlage entstehen, so ergeben sich die Werte gemäss Abbildung 6 unten.

EKG	Objekt AG-009/010-P - Münchwilen		Objekt BL-013-P - Gelterkinden		
	Öl	WP	Öl	WP	
Grundlage:		100% (2482 CHF/m ² EBF)		100% (4620 CHF/m ² EBF)	
Wärmedämmung	3.7% (92 CHF/m ² EBF)	3.7% (92 CHF/m ² EBF)	3.4% (157 CHF/m ² EBF)	3.7% (171 CHF/m ² EBF)	
Fenster und Türen	2.4% (60 CHF/m ² EBF)	2.4% (60 CHF/m ² EBF)	0.5% (23 CHF/m ² EBF)	0.5% (23 CHF/m ² EBF)	
Wärmeerzeugung	0.6% (15 CHF/m ² EBF)	-0.9% (-22 CHF/m ² EBF)	0.9% (42 CHF/m ² EBF)	-2.9% (-134 CHF/m ² EBF)	
Lüftungsanlage	2.0% (50 CHF/m ² EBF)	2.0% (50 CHF/m ² EBF)	2.4% (111 CHF/m ² EBF)	2.4% (111 CHF/m ² EBF)	
TOTAL Minderkosten Elemente	~ 8.7% (216 CHF/m ² EBF)	~ 7.2% (179 CHF/m ² EBF)	~ 7.2% (333 CHF/m ² EBF)	~ 3.7% (171 CHF/m ² EBF)	

Abbildung 6: Minderkosten Einzelelemente für Gebäude ohne MINERGIE-P in % der bereinigten Gesamtbaukosten (ohne Berücksichtigung einer Veränderung des Gebäudevolumens)

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Varianten zu Deckenstärken und Ausnutzungsziffer lassen sich die prozentualen **Minderkosten** wie in Abbildung 7 zusammenstellen. Rot eingrahmt sind die **Minderkosten** für die Bauweise des SIA 380-Ersatzgebäudes ohne Berücksichtigung der Veränderung der Gebäudegrösse (siehe auch Abbildung 5). Sie sind Grundlage der Berechnungen.

Objekt AG-009/010-P Münchwilen				Objekt BL-013-P Gelterkinden		
		AZ 1 (+72m ² NF)	AZ 2 (-80m ² EBF)		AZ 1 (+8.1m ² NF)	AZ 2 (-9m ² EBF)
Variante Öl	11.4%	-1.7%	0.6%	9.5%	-0.4%	0.5%
DS 1	-0.2%	9.4%	11.8%	/	/	/
DS 2	0.2%	9.8%	12.2%	0.5%	9.7%	10.6%
Variante WP	9.5%	-1.7%	0.6%	5.0%	-0.4%	0.5%
DS 1	-0.2%	7.5%	9.9%	/	/	/
DS 2	0.2%	8.0%	10.3%	0.5%	5.2%	6.1%

Abbildung 7: Minderkosten Gesamtsystem für Ersatzgebäude nach SIA 380

Für die weiteren Analysen zum MFH Münchwilen (AG-009/010-P) ergeben sich die Gebäudevarianten MW Öl – AZ1 und AZ2, sowie MW WP – AZ1 und AZ2. Beim EFH Gelterkinden (BL-013-P) sind die Gebäudevarianten mit GL Öl – AZ1 und AZ2, sowie GL WP – AZ1 und AZ2 angegeben.

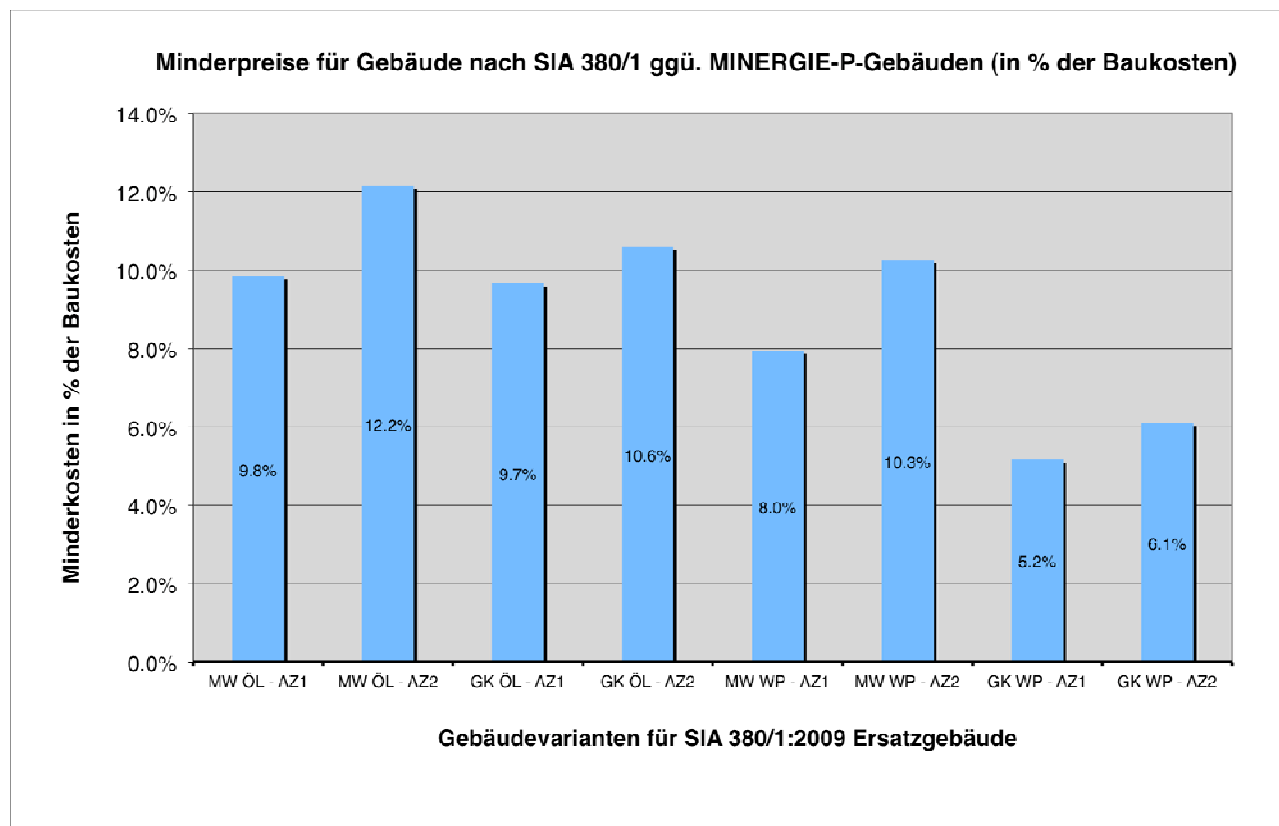


Abbildung 8: Minderkosten Gesamtsystem für Ersatzgebäude nach SIA 380

Wird bei der Kostenberechnung berücksichtigt, dass für eine Bauordnung AZ 1 die NF bei konstanten Gebäudeausmassen grösser wird und dadurch die inneren Oberflächen zunehmen, so reduziert sich die Einsparung bei den Baukosten im Fall Münchwilen um 1.7%. Wird für eine Bauordnung AZ 2 die Nutzfläche konstant gehalten und das Volumen des Gebäudes geschrumpft, so sinken die Gebäudekosten dagegen um zusätzliche 0.6%. Wird die Deckenstärke reduziert und dadurch die Raumhöhe vergrössert (DS 1), so reduziert sich die Einsparung um 0.2 % während sie um 0.2 % zunimmt, wenn die Raumhöhe belassen und dafür das Gebäude verkleinert wird (D2). Beim Haus in Gelterkinden ist eine Reduktion der Deckenstärke nicht möglich, da keine Lüftungsrohre eingelegt wurden.

Die **Minderkosten** liegen mit 5.2% bis 12.2% im erwarteten Bereich. Bemerkenswert ist allerdings der relativ grosse Einfluss einer Veränderung des Gebäudevolumens auf die Kosten, sei es aufgrund der Ausnutzungsziffer oder der Gebäudehöhe. Für die weitere Betrachtung wurden jeweils die grau hinterlegten Zahlen verwendet. Die Variante DS 2 mit einer Reduktion der Gebäudehöhe unter Beibehalt der Raumhöhen ist bei einem Neubau realistischer, als die Variante DS 1.

Werden die Kostendifferenzen durch die Gesamtkosten des SIA 380-Ersatzgebäudes dividiert, so erhalten wir die üblicherweise diskutierten **Mehrkosten** der reinen Baukosten für eine Bauweise mit MINERGIE-P (100% Basis = bereinigte Erstellungskosten der bestehenden MINERGIE-P-Gebäude abzüglich der ermittelten Minderkosten). In den weiteren Darlegungen wird also die im Kapitel 3.2 erläuterte Methodik angewendet.

Die Abbildung 9 (analog Abbildung 5) verdeutlicht die Verteilung der **Mehrkosten** insgesamt, jedoch ohne Berücksichtigung von Ausnutzungsziffer (AZ) oder Deckenstärke (DS).

EKG	Beschreibung	Objekt AG-009/010-P Münchwilen		Objekt BL-013-P Gelterkinden	
		ÖI	WP	ÖI	WP
Basis: Bereinigte Baukosten SIA 380/1:2009		100% (2200CHF/m ² EBF)	100% (2247CHF/m ² EBF)	100% (4180CHF/m ² EBF)	100% (4387CHF/m ² EBF)
C	Rohbau Gebäude (Baustelleneinrichtung)	0.2% (4 CHF/m ² EBF)	0.2% (4 CHF/m ² EBF)	0.1% (6 CHF/m ² EBF)	0.1% (6 CHF/m ² EBF)
D	Rohbau Gebäude (Baugrube, Bodenplatte)	/	/	0.9% (38 CHF/m ² EBF)	1.1% (48 CHF/m ² EBF)
E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte (Wärmedämmung, Fenster, Dichtigkeit Hülle)	5.9% (130 CHF/m ² EBF)	5.8% (130 CHF/m ² EBF)	3.6% (149 CHF/m ² EBF)	3.4% (150 CHF/m ² EBF)
I	HLK-Anlagen	2.9% (64 CHF/m ² EBF)	1.2% (27 CHF/m ² EBF)	3.6% (149 CHF/m ² EBF)	-0.6% (-26 CHF/m ² EBF)
M	Ausbau (Wärmedämmung)	1.2% (27 CHF/m ² EBF)	1.1% (25 CHF/m ² EBF)	-0.1% (-3 CHF/m ² EBF)	-0.1% (-3 CHF/m ² EBF)
V	Baunebenkosten (MINERGIE-P Gebühren, NK pauschal)	0.6% (13 CHF/m ² EBF)	0.5% (11 CHF/m ² EBF)	0.8% (34 CHF/m ² EBF)	0.6% (26 CHF/m ² EBF)
W	Honorare	2% (45 CHF/m ² EBF)	1.7% (38 CHF/m ² EBF)	1.6% (68 CHF/m ² EBF)	0.8% (35 CHF/m ² EBF)
TOTAL Mehrkosten MINERGIE-P		~ 12.8% (282 CHF/m ² EBF)	~ 10.5% (235 CHF/m ² EBF)	~ 10.5% (441 CHF/m ² EBF)	~ 5.3% (233 CHF/m ² EBF)

Abbildung 9: Mehrkosten für MINERGIE-P-Gebäude in % der bereinigten Gesamtbaukosten (ohne Berücksichtigung einer Veränderung des Gebäudevolumens)

Beim Objekt Gelterkinden fällt auf, dass bei den Haustechnik-Anlagen (EKG – I, für Fall Wärmepumpe) und im Ausbau (EKG – M, für Fall ÖI und Wärmepumpe) das MINERGIE-P-Gebäude billiger ist, als ein Gebäude nach SIA 380/1:2009. Gründe hierfür sind einerseits die teuren Investitionskosten für Bau und

Installation einer Wärmepumpe mit Erdwärmesonde (Gebäude nach SIA 380/1:2009), die die Kosten für eine Solaranlage (MINERGIE-P-Gebäude) weit übersteigen, und andererseits ein unterschiedlicher Bodenaufbau. Ein MINERGIE-P-Gebäude benötigt weniger Unterlagsboden als ein Gebäude nach SIA 380/1:2009.

Betrachtet man die **Mehrkosten** für wichtige Einzelelemente um ein Gebäude im MINERGIE-P-Standard zu erbauen, ergeben sich die Werte gemäss nachfolgender Tabelle (analog Abbildung 6):

EKG	Objekt AG-009/010-P - Münchwilen		Objekt BL-013-P - Gelterkinden	
	Öl	WP	Öl	WP
Grundlage:	100% (2200 CHF/m ² EBF)	100% (2247 CHF/m ² EBF)	100% (4180 CHF/m ² EBF)	100% (4387 CHF/m ² EBF)
Wärmedämmung	4.2% (92 CHF/m ² EBF)	4.1% (92 CHF/m ² EBF)	3.7% (155 CHF/m ² EBF)	3.6% (158 CHF/m ² EBF)
Fenster und Türen	2.7% (59 CHF/m ² EBF)	2.7% (59 CHF/m ² EBF)	0.6% (25 CHF/m ² EBF)	0.5% (22 CHF/m ² EBF)
Wärmeerzeugung	0.9% (20 CHF/m ² EBF)	0.8% (18 CHF/m ² EBF)	0.8% (33 CHF/m ² EBF)	-3.1% (-136 CHF/m ² EBF)
Lüftungsanlage	2.2% (48 CHF/m ² EBF)	2.2% (48 CHF/m ² EBF)	2.6% (109 CHF/m ² EBF)	2.5% (110 CHF/m ² EBF)
TOTAL Mehrkosten Elemente	~ 10.0% (220 CHF/m ² EBF)	~ 9.8% (216 CHF/m ² EBF)	~ 7.7% (322 CHF/m ² EBF)	~ 3.5% (154 CHF/m ² EBF)

Abbildung 10: Mehrkosten Einzelelemente für MINERGIE-P-Gebäude in % der bereinigten Gesamtbaukosten (ohne Berücksichtigung einer Veränderung des Gebäudevolumens)

Unter Berücksichtigung der Varianten zu Deckenstärken und Ausnutzungsziffer sind die prozentualen **Mehrkosten** wie folgt (analog Abbildung 7 und 8):

Objekt AG-009/010-P Münchwilen			Objekt BL-013-P Gelterkinden		
Variante Öl	12.8%		Variante Öl	10.5%	
	AZ 1 (-72m ² NF)	AZ 2 (+80m ² EBF)		AZ 1 (-8.1m ² NF)	AZ 2 (+9m ² EBF)
DS 2	10.9%	13.8%		10.7%	11.8%
Variante WP	10.5%		Variante WP	5.3%	
DS 2	8.6%	11.4%		5.5%	6.5%

Abbildung 11: Mehrkosten Gesamtsystem für Gebäude in MINERGIE-P-Bauweise

Mehrkosten für MINERGIE P-Gebäude ggü. Gebäuden nach SIA 380/1 (in % der Baukosten)

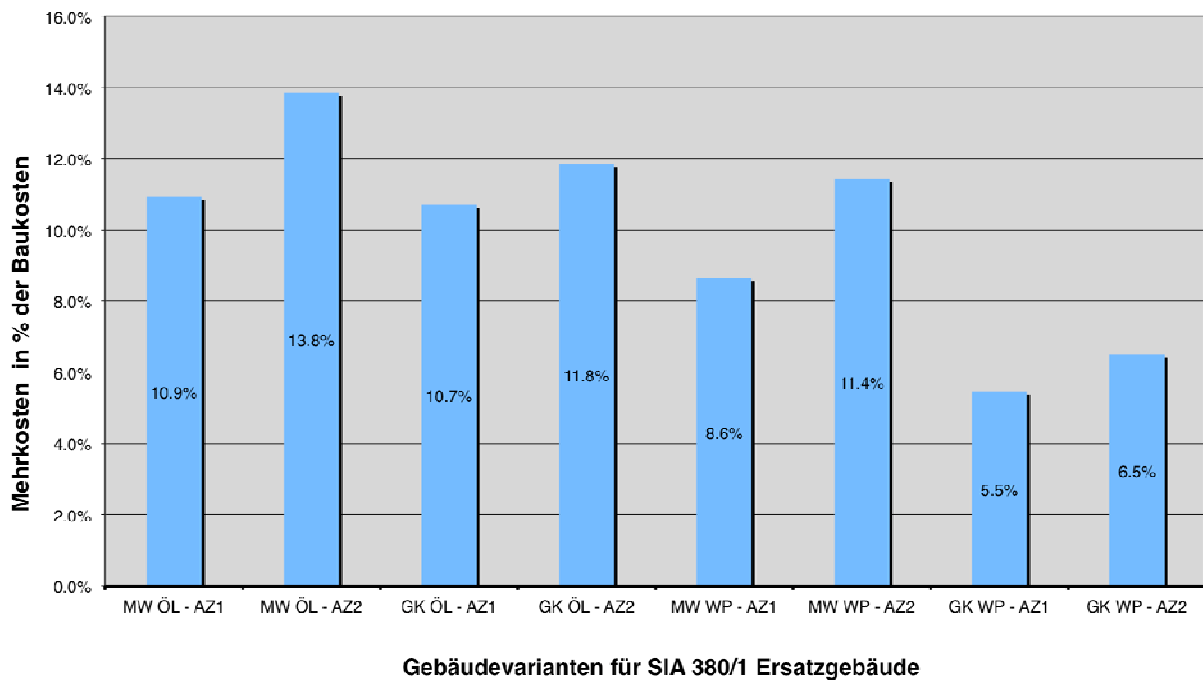


Abbildung 12: Mehrkosten Gesamtsystem für Gebäude in MINERGIE-P-Bauweise

3.3.2 Vergleich der Betriebskosten und –Erträge

Bei den laufenden Betriebskosten interessiert die Auswirkung des höheren Energieverbrauchs beim konventionellen Gebäude. Bei den Betriebserträgen geht es um den Einfluss der Bauordnung auf die Gesamtkosten, wenn sie die Zusatzdämmung ohne Verlust an Nutzfläche erlaubt oder nicht.

Die jährlichen Mehr- oder Minderkosten bzw. -Erträge des MINERGIE-P-Gebäudes werden als Barwert über den Betrachtungszeitraum mit den Investitionskosten verglichen. Die Barwertrechnung geht von den folgenden Annahmen aus:

- keine Teuerung bei Energie und Mieten
- Diskontsatz 5%
- Betrachtungszeitraum 25 Jahre (angenommene Lebensdauer der gebäudetechnischen Anlagen)
- Die Unterhaltskosten (z.B. Kaminfeger, Öltank) sowie Ersatz diverser Haustechnikkomponenten wird in der Rechnung vernachlässigt

Für die Energie- und Mietpreise werden folgende Werte verwendet:

Heizöl-extraleicht	10	Rp/kWh*
Pellets	7.2	Rp/kWh**
Strom	20	Rp/kWh
Mietpreis Münchwilen	215	CHF/m ² a
Mietpreis Gelterkinden	230	CHF/m ² a

* Preis für den Monat September '08 von Ø 113.81 CHF pro 100 Liter und dem oberen Heizwert Ho von 10.6 kWh/Liter

** Zahl aus Ø-Preisen von Lieferanten und von www.holzenergie.ch im Oktober 2008

Um die Zusammensetzung der **Mehrkosten**, sowie deren Struktur und Streubereich besser zu verstehen, wurden die Daten jeweils getrennt nach Baukosten (Erstellungs- bzw. Investitionskosten), Energiekosten und Mieterträgen (bzw. Nutzwertverlust) erfasst. Bei den Energiekosten sind einerseits die Preise der Rohstoffe berücksichtigt, andererseits aber auch die Stromkosten für Geräte, Hilfsmotoren und Zusatzgeräte je nach Gebäudevariante und Haustechniksystem.

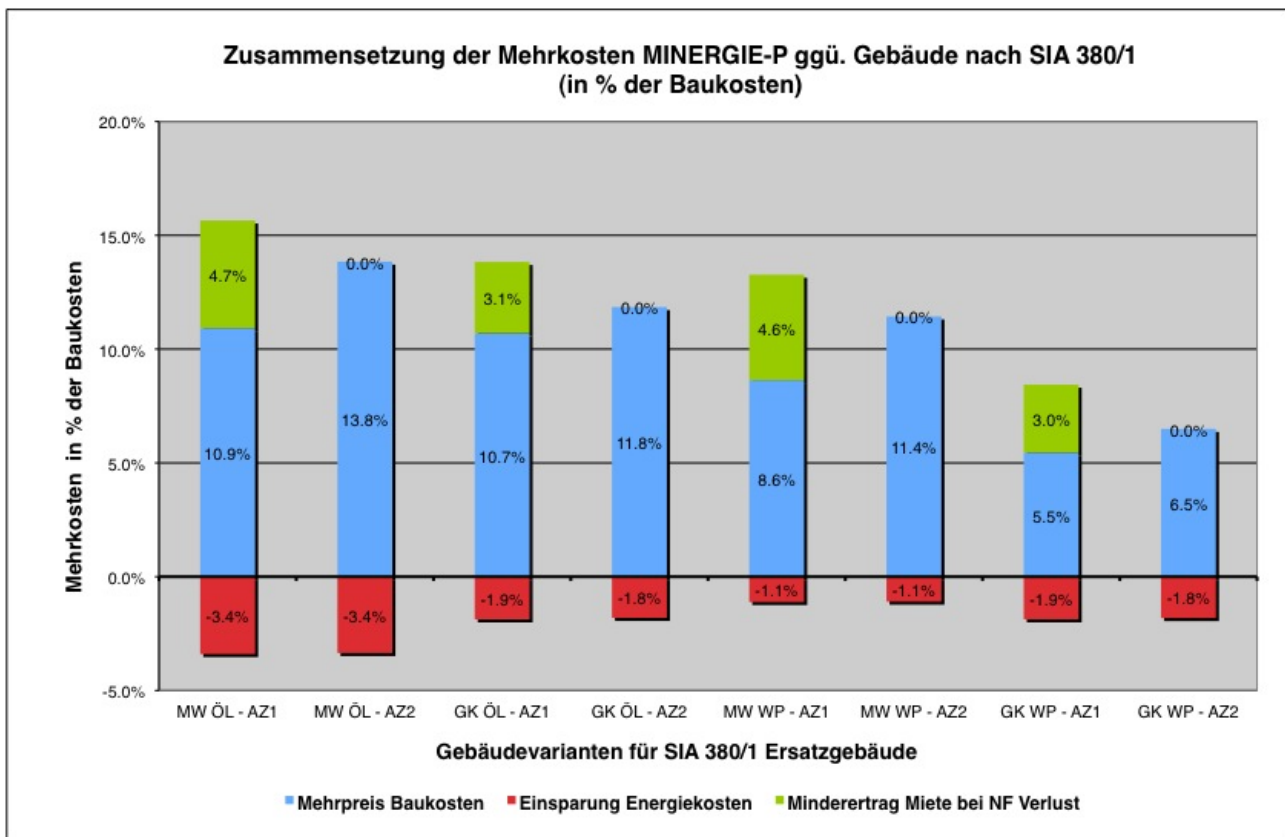


Abbildung 13: Zusammensetzung der Mehrkosten bei MINERGIE-P-Bauweise in Prozentanteilen der massgebenden Gesamtbaukosten (unter Berücksichtigung von Varianten zu Haustechnik- & Gebäudevolumen)

Die Abbildung 12 zeigt, dass die Baukosten der 2 MINERGIE-P-Häuser gegenüber den Vergleichsgebäuden mit Ölheizung zwischen 10.7% und knapp 14% teurer sind.

Im Fall einer Bauordnung AZ 1 (die zusätzliche Wärmedämmung zählt voll zur Ausnutzung) bei einem Gebäude mit Ölheizung macht der Verlust an vermietbarer Fläche über 25 Jahre betrachtet etwa 4.7% der Baukosten aus. Das ist weniger als man auf den ersten Blick erwarten könnte. Die Zahl wird zudem stark relativiert wenn man berücksichtigt, dass das nach AZ 1 gebaute Haus kleiner ist und daher auch um 2.9% günstiger als das grössere nach AZ 2. Das heisst, dass die Netto-Differenz für den Eigentümer zwischen AZ 1 und AZ 2 nur noch 1.8% der Baukosten ausmacht. Beim Haus in Gelterkinden liegt diese Differenz ebenfalls bei 1.8%.

Ernüchternd ist die Feststellung dass die Einsparung bei den Energiekosten über 25 Jahre betrachtet im MINERGIE-P- Haus nur knapp 2-3.4 % der Baukosten ausmacht. D.h. durch die Energieeinsparung kann höchstens 1/3 der baulichen Mehrkosten amortisiert werden. Sicherlich hängt diese Betrachtung sehr stark von der künftigen Entwicklung der Energiepreise ab. Wenn wir für den Ölpreis 15 Rp/kWh einsetzen anstelle der verwendeten 10 Rp/kWh und gleichzeitig den Strompreis konstant lassen, so steigt die Energieeinsparung bei Münchwilen auf 5.9% der Baukosten und beim Haus in Gelterkinden auf 4.2%. Der Grund für den kleineren Wert in Gelterkinden liegt darin, dass dieses Haus pro m2 EBF wesentlich teurer ist als das relativ günstige MFH in Münchwilen, so dass die Energieeinsparung prozentual weniger ins Gewicht fällt.

Wird das SIA 380-Ersatzgebäude mit einer Wärmepumpe beheizt anstelle der Ölheizung, so werden alle Unterschiede zum MINERGIE-P-Haus kleiner, da die Wärmepumpe in der Anschaffung teurer ist als die Ölheizung und dafür geringere Energiekosten aufweist. Ein solches Gebäude liegt sozusagen zwischen der billigsten Lösung mit Öl und dem MINERGIE-P-Haus.

Die Einsparung bei den Energiekosten zwischen der ausgeführten Variante mit der Pelletheizung und dem Vergleichsgebäude mit Wärmepumpe beträgt nur noch 0.8% (AZ 1) bzw. 1.2% (AZ 2). Der Grund ist, dass die Pelletheizung beim MINERGIE-Nachweis begünstigt wird, d.h. der Energieverbrauch nicht gleich weit gesenkt werden muss wie wenn eine Ölheizung verwendet würde, so dass die Energiekosten gegenüber einer effizienten Wärmepumpe beim SIA 380-Haus fast verschwinden.

Geht man von einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren aus, dann erhöhen sich die eingesparten Kosten für die Energie bis auf maximal 4.2 %. Diese geringe Erhöhung ist den in der Betrachtung als konstant angenommenen Energiepreisen geschuldet und der Tatsache, dass nach 25 Jahren die Lebensdauer für einige haustechnische Komponenten abgelaufen ist und diese ersetzt werden müssen.

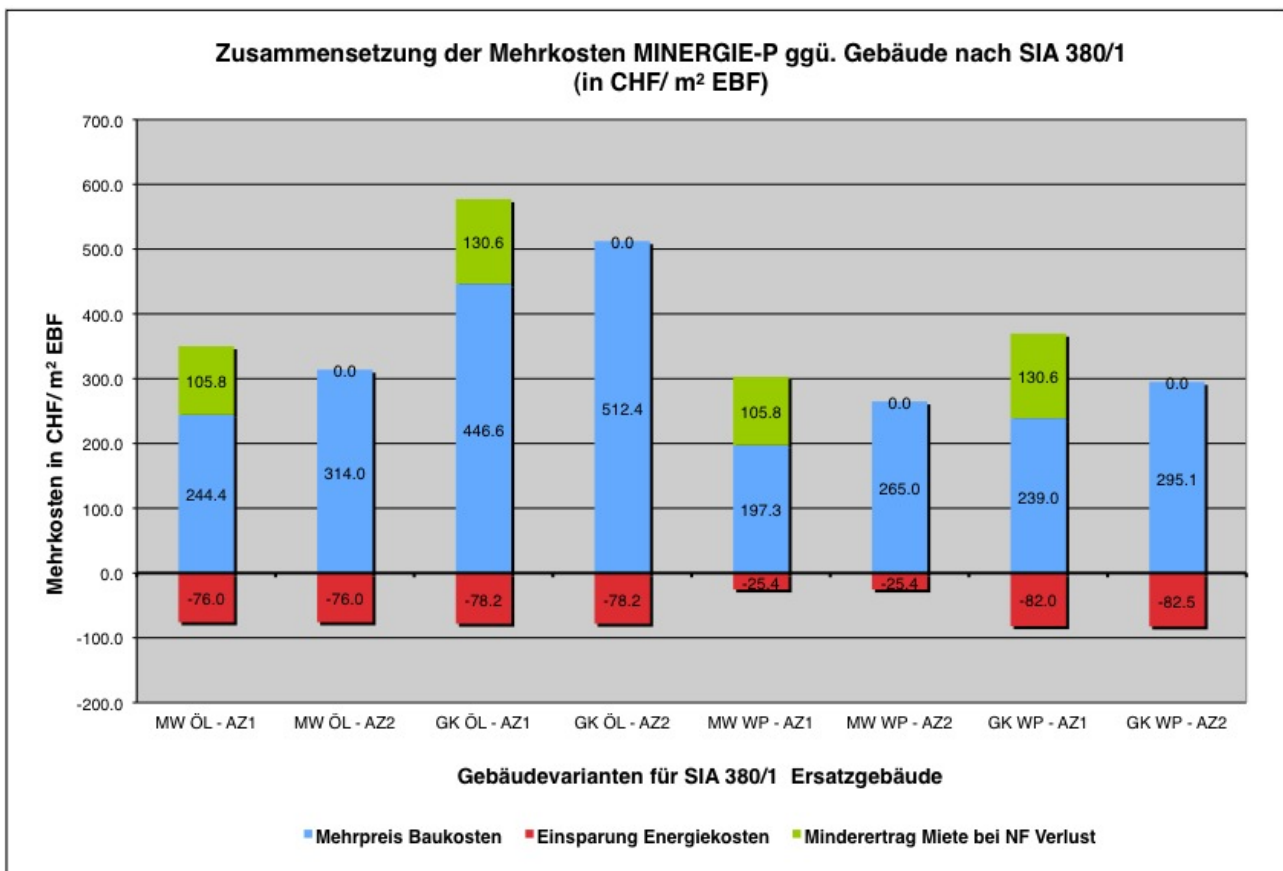


Abbildung 14: Zusammensetzung der Mehrkosten bei MINERGIE-P-Bauweise in CHF/m² EBF

In der Abbildung 13 sind dieselben Basiszahlen wie in der Abbildung 12 als CHF pro m² EBF dargestellt. Dabei wird deutlich, dass das EFH in Gelterkinden wesentlich höhere Kosten pro m² EBF aufweist als das MFH in Münchwilen. Die prozentualen Mehrkosten für die MINERGIE sind trotzdem fast dieselben, da das EFH in Gelterkinden insgesamt teurer ist.

3.3.3 Übersicht kostenrelevanter Bauteile und spezifischen Zusatzkosten MINERGIE-P

Interessant ist es zu untersuchen, welches die kostentreibenden Elemente bei der energetisch günstigeren Bauweise gemäss MINERGIE-P sind. Allgemeingültige Aussagen lassen sich zwar treffen, jedoch sind die anteiligen Mehrkosten je Element immer abhängig von der Ausführung des

untersuchten Gebäudes und von den Baubedingungen (z.B. Bauverordnung der Gemeinde, Lage, Ausrichtung etc.). Da bisher nur 2 Gebäude untersucht wurden, können die vorliegenden Feststellungen nur mit grosser Vorsicht verallgemeinert werden.

Kostentreibende Elemente MINERGIE-P	Objekt AP-009/ 010-P (Münchwilen)	Objekt BL-013-P (Gelterkinden)
Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> - stärkere Deckenstärken (240mm) um Lüftungskanäle und Bodenheizung zu integrieren - zusätzliche Wärmedämmung gegen das Erdreich bzw. gegen unbeheizte Räume für einen unterbrochenden Wärmedämmperimeter 	<ul style="list-style-type: none"> - zusätzliche Wärmedämmung gegen das Erdreich bzw. gegen unbeheizte Räume für einen unterbrochenden Wärmedämmperimeter
Wärmedämmung	<ul style="list-style-type: none"> - Qualität der Wärmedämmung - Dämmstärken von 200 - 300 mm - Ausbildung der Details, Überlappungen der Dämmbahnen, v.a. im Dachbereich (Sparren etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Dämmstärken (max. 200mm) aufgrund Lage innerhalb Holzfassade bei höchster Qualität der Wärmedämmung (Superdämmung) - Ausbildung der Bodenplatte mit Frostschutz (500mm Vetrocell) und Dämmung Flachdach mit Dämmverstärkung auf 370mm
Verglasungen	<ul style="list-style-type: none"> - 3-fach Verglasungen - U-Werte 0.6 bis 0.75 W/m²K je Fenstertyp (bei konventionellen Gebäuden liegt der U-Wert bei rund 1.2 W/m²K) - g-Werte von rund 0.51 (bei konventionellen Gebäuden liegt der g-Wert bei rund 0.65 bis 0.7) - hochwertige Rahmen 	<ul style="list-style-type: none"> - 3-fach Verglasungen - U-Werte 0.7 bis 0.8 W/m²K je Fenstertyp (bei konventionellen Gebäuden liegt der U-Wert bei rund 1.2 W/m²K) - g-Werte von rund 0.52 (bei konventionellen Gebäuden liegt der g-Wert bei rund 0.65 bis 0.7) - hochwertige Rahmen
Dichtigkeit Gebäudehülle	<ul style="list-style-type: none"> - Minimierung der Fassadendurchbrüche (motorbetriebene Storen, keine Aussensteckdosen) - erhöhte Anforderungen an Ausführungsqualität bei Dichtungen, Installationen und Koordination der Schnittstellen der Gewerke, sowie Vermeidung von Wärmebrücken - thermische Entkopplung jeglicher Auskragungen, Balkone etc. - Blower-Door Test – Unterdruck-Dichtigkeitstest 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimierung der Fassadendurchbrüche (motorbetriebene, sensorgesteuerte Storen, keine Aussensteckdosen) - erhöhte Anforderungen an Ausführungsqualität bei Dichtungen, Installationen und Koordination der Schnittstellen der Gewerke sowie Vermeidung von Wärmebrücken - thermische Entkopplung jeglicher Auskragungen, Balkone etc. - Blower-Door Test – Unterdruck-Dichtigkeitstest
Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Lüftungsanlage mit kontrollierter Zu- und Abluft vorgeschrieben - allgemein: Anlagen zur Erhöhung des Wirkungsgrades der zur Verfügung stehenden Energie, wie WRG mit Erdwärmetausche, WP, Sonnenkollektoren 	<ul style="list-style-type: none"> - Lüftungsanlage mit kontrollierter Zu- und Abluft vorgeschrieben - allgemein: Anlagen zur Erhöhung des Wirkungsgrades der zur Verfügung stehenden Energie, wie WRG mit Erdwärmetausche, WP, Sonnenkollektoren
Heizsystem (Zulieferung/ Lagerung der Energieträger, Wärmeerzeugung und –verteilung)	<ul style="list-style-type: none"> - monovalente Holzfeuerung mit Sonnenkollektoren zur Warmwassererzeugung - eine gut gedämmte Gebäudehülle erlaubt entsprechend reduzierte Haustechniksysteme bzw. Systeme, die aufgrund ihres Wirkungsgrades und der nötigen Vorlauftemperaturen bei konventionellen Gebäuden nicht in Frage kämen - platzsparende Lösungen wirken den Mehrkosten entgegen, da mehr Wohnfläche zur Verfügung steht 	<ul style="list-style-type: none"> - Kombination von Lüftungsanlage mit kontrollierter Zu- und Abluft und Wärmeerzeugung bzw. Wärmeverteilung - eine gut gedämmte Gebäudehülle erlaubt entsprechend reduzierte Haustechniksysteme bzw. Systeme, die aufgrund ihres Wirkungsgrades und der nötigen Vorlauftemperaturen bei konventionellen Gebäuden nicht in Frage kämen - platzsparende Lösungen wirken den Mehrkosten entgegen, da mehr Wohnfläche zur Verfügung steht

Abbildung 15: Kosten System MINERGIE-P für konstruktive Elemente und Haustechnik-Anlagen

Zusätzlich zu den aufgeführten Elementen in der Tabelle sind je nach Planungsaufwand und Ausführungsanspruch entsprechend höhere Honorare für Architekten, Haustechnikplaner und Baumeister bzw. Subunternehmer zu berücksichtigen. Diese „weichen“ Kosten können sehr stark variieren und sind deshalb hier nur pauschal und einheitlich in die Berechnungen eingeflossen (vgl. Punkt 2.3.3).

Ausserdem sind Zusatzkosten für den MINERGIE-P-Antrag und die Zertifizierung einzurechnen.

4 FAZIT UND ZUSAMMENFASSUNG

Ursprünglich war eine Analyse von 10 Objekten geplant. Da effektiv nur 2 Objekte untersucht wurden, können die Ergebnisse nur bedingt für allgemein gültige Aussagen verwendet werden.

4.1 Mehrkosten – Struktur und Streubereich

Die Untersuchung zeigt klar, dass der grösste Anteil der Mehrkosten bei den Baukosten entsteht und ca. 5% bis 14% der gesamten Baukosten beträgt. Durch die konstruktiven und gebäudetechnischen Anforderungen an die Gebäudehülle und ihre Komponenten wird ein Mehraufwand verursacht, der sich in den Kosten niederschlägt. Am teuersten ist die Herstellung eines unterbrochlosen Wärmedämmperimeters, inklusive der hochwertigen Fenster und Verglasungen. An zweiter Stelle steht die Lüftungsanlage mit kontrollierter Zu- und Abluft.

Bei der Frage nach der Auswirkung der Bauordnung (AZ1 oder AZ2) auf die Baukosten hat die Grösse des Gebäudes einen wesentlichen Einfluss und darf auf keinen Fall vernachlässigt werden. Der Verlust an Mietertrag hat ähnlich grosse Auswirkungen auf die Baukosten wie die Ausnutzungsziffer und muss ebenfalls mit in die Betrachtungen einbezogen werden.

4.2 Mehrkosten-Nutzen-Verhältnis

Die erzielten Einsparungen bei den Energiekosten eines MINERGIE-P-Hauses kompensieren die Mehrkosten für die Erstellung des Gebäudes nur zu etwa 1/3. Wird im Basishaus schon eine teurere Wärmepumpe verwendet, so ist die Einsparung bei den Energiekosten noch sehr viel geringer.

Ausgehend von den zwei untersuchten Objekten lässt sich sagen, dass der Aufwand zum Erreichen des MINERGIE-P-Zertifikats für ein kleineres Haus mit weniger Energiebezugsfläche deutlich grösser ist als bei einem grösseren MFH. Prozentual zu den Baukosten gesehen sind die Mehrkosten jedoch ähnlich hoch (vgl. Diagramme unter Punkt 3.3.2), da das kleine Haus auch ohne MINERGIE-P höhere Preise pro m² aufweist.

4.3 Beurteilung der Methodik

Wir erachten rückblickend das Vorgehen, die Mehrkosten von MINERGIE-P-Gebäuden als Minderpreis für eine „normale“ Gebäudekonstruktion zu ermitteln, als richtig und erfolgsversprechend. Es ist wesentlich einfacher von der anspruchsvollen Konstruktion eines MINERGIE-P-Gebäudes auf die einfachere Bauweise nach SIA 380/1 zu reduzieren. Die Ermittlung der Kostendifferenz nach der Elementkostenmethode ist relativ einfach und zuverlässig möglich, da auf bekannte Bauteile zurückgegriffen werden kann, deren Kosten zuverlässig bekannt sind. Der umgekehrte Fall wäre mit sehr viel grösseren Unsicherheiten behaftet, nur schon deshalb weil sich nicht jedes Gebäudekonzept gleich gut für den MINERGIE-P-Standard eignet.

Es ist uns gelungen anhand der 2 bearbeiteten Pilotgebäude, eine Methodik zu entwickeln, die künftig mit sehr viel weniger Aufwand auf andere Gebäude übertragen werden könnte.

Stokar+Partner AG, 31.03.2010

Juliane Wegner, Dr. Markus Stokar, Dr. Caroline Hoffmann