

Abschlussbericht

Objekt: Kultursaal Vösendorf
Bezeichnung: 1107 EB Kultursaal Vösendorf
Adresse: Kindbergstrasse 12, 2331 Vösendorf

1. Auftrag

Das Ingenieurbüro Krolík wurde von der Vösendorfer Kommunal GesmbH beauftragt, einen Energieausweis für das Objekt Kultursaal Vösendorf zu erstellen sowie mögliche Einsparpotentiale zu erheben und gegebenenfalls mittels Vorgaben eine Amortisationsrechnung für Sanierungen zu erstellen.

2. Grundlagen

Ortstermin:

Am 16.11.2013 in der Zeit von 09:30 bis 12:00 Uhr wurde zur Grunderhebung und zum Abgleich der zur Verfügung gestellter Unterlagen eine Begehung der Anlage durchgeführt.

Beim Ortstermin waren Herr Ing. Krolík Martin, Herr Mag. Patrick Wagenhofer M.Sc. sowie die zuständige Hausmeisterin anwesend.

Berechnungsgrundlagen:

- Geometrische Eingabedaten wurden über zur Verfügung gestellte Planunterlagen sowie durch eine örtliche Begehung erhoben bzw. abgeglichen.
- Bauphysikalische Eingabedaten wurden soweit möglich bei der Begehung ermittelt, den Unterlagen entnommen und es wurden dem Alter entsprechende Referenzwerte seitens Joanneum Research herangezogen.
- Haustechnische Eingabedaten wurden bei der Begehung erhoben.
- Preise für die Amortisationsrechnung wurden zum Teil gemäß unserer Erfahrung angenommen und zum Teil von anderen Projekten als Referenz herangezogen.
- Die Amortisationsberechnung erfolgte nach der Annuitätenmethode
- Das Berechnungsverfahren für den Energieausweis wurde gemäß OIB-Richtlinie 6, Ausgabe Oktober 2011 durchgeführt.

- ÖNORM B 8110-5
- ÖNORM B 8110-6
- ÖNORM H 5055
- ÖNORM H 5056
- EN ISO 6946

Verwendete Werkzeuge und Materialien:

- Lasermessgerät – Fabrikat Bosch, Type DLE 40 Professional
- Digitalkamera – Fabrikat Sony, Type DSC-H2
- Software – Fabrikat ETU, Gebäudeprofi DUO, Version 4.3.0

3. Vorwort

Viele öffentliche Gebäude aus den letzten Jahrzehnten sind nicht nur thermisch sondern auch in technischer und organisatorischer Hinsicht sanierungsbedürftig. Im Zuge immer steigender Energiekosten sind viele Gebäudebetreiber bestrebt Lösungen zu finden um die Energieverbräuche zu optimieren bzw. zu senken. Oft wird zu einer Variante gegriffen die in Verbindung mit einer Förderung (thermische Sanierung etc.) steht oder die am günstigsten in Anbetracht der Herstellungskosten erscheint. Genau diese Fehler führen immer wieder dazu, dass falsche Sanierungsvarianten gewählt werden und nicht die Folgekosten im Vordergrund stehen, sondern der Schwerpunkt der bevorstehenden Investitionskosten gelegt wird. Eine detaillierte, entwurfsbegleitende Optimierungsstrategie auf Basis von Funktionalität und Energieoptimierung bildet im Regelfall den Grundstock bzw. die Voraussetzung für minimale Lebenszykluskosten, dem eigentlichen Grundprinzip für nachhaltiges Bauen und Sanieren.

4. Vorgehensweise

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein über 20 Jahre altes Veranstaltungsgebäude der Gemeinde Vösendorf energetisch betrachtet um den aktuellen Energiekosten Transparenz zu verleihen und um damit eventuelle wirtschaftliche Sanierungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

In der Ausgangssituation wurden die Gebäudedaten erhoben, die U-Werte errechnet und mit den aktuellen Werten seitens OIB Richtlinie verglichen. In weiterer Folge wurde ein Energieausweis erstellt um eine grobe Energiebilanz zu erhalten. Diese errechneten Werte wurden mit den letztjährigen Verbrauchsdaten verglichen um den einzelnen Werten Plausibilität zu verleihen.

Danach wurden die größten Verluste sowie die Wärmeerzeugung genauer betrachtet. Die Möglichkeiten von thermischen Sanierungen und der Beheizung des Gebäudes wurden im ersten Schritt wertfrei verglichen und in weiterer Folge wirtschaftlich betrachtet um der Gemeinde eine Entscheidungsgrundlage liefern zu können.

5. U-Werte bzw. Wärmedurchgangskoeffiziente

Der Wärmedurchgangskoeffizient in der Bauphysik U (auch Wärmedämmwert, U-Wert, früher k-Wert[1]), in der Verfahrenstechnik und im thermischen Apparatebau k-Wert ist ein Maß für den Wärmestromdurchgang durch eine ein- oder mehrlagige Materialschicht, wenn auf beiden Seiten verschiedene Temperaturen anliegen. Er gibt die Leistung (also die Energiemenge pro Zeiteinheit) an, die durch eine Fläche von 1 m^2 fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen stationär um 1 K unterscheiden. Seine SI-Maßeinheit ist daher $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (Watt pro Quadratmeter und Kelvin). Die folgenden Ausführungen gelten im Bauwesen und sind spezielle Fälle der Verfahrenstechnik und des thermischen Apparatebaues.

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist ein spezifischer Kennwert eines Bauteils. Er wird im Wesentlichen durch die Wärmeleitfähigkeit und Dicke der verwendeten Materialien bestimmt, aber auch durch die Wärmestrahlung und Konvektion an den Oberflächen.¹

In der folgenden Tabelle 1 finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die OIB-Richtlinie 6 für einen Neubau sowie für die Erneuerung oder Instandsetzung eines entsprechenden Bauteils stellt.

¹ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmedurchgangskoeffizient>

Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein theoretisches Potenzial für energetische Verbesserungen. Desweiteren ist anzumerken, dass nahezu alle Bauteile nicht den aktuellen Mindestanforderungen entsprechen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} OIB 6 ¹⁾ in W/m ² K	U Passivhaus in W/m ² K
	DA	Dach gegen Außenluft	453,80	0,18	0,20	0,15-0,10
	OG	Decke zu Dachboden	960,21	0,19	0,20	0,15-0,10
X	OG	Decke zu Heiungs- u. Lüftungszentrale	609,24	0,46	0,20	0,15-0,10
	WA	Außenwand_NNO	134,85	0,37	0,35	0,15-0,10
	WA	Außenwand_O	21,22	0,37	0,35	0,15-0,10
	WA	Außenwand_OSO	71,68	0,37	0,35	0,15-0,10
	WA	Außenwand_S	24,79	0,37	0,35	0,15-0,10
	WA	Außenwand_SSW	32,77	0,37	0,35	0,15-0,10
	WA	Außenwand_WNW	137,77	0,37	0,35	0,15-0,10
X	WE	Außenwand gegen Erde_NNO gem. EnEV	147,63	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WE	Außenwand gegen Erde_OSO gem. EnEV	44,88	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WE	Außenwand gegen Erde_SSW gem. EnEV	93,50	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WE	Außenwand gegen Erde_WNW gem. En...	85,68	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WK	Innerwand gegen Abstellraum_SSW g...	23,54	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WK	Innerwand gegen Abstellraum/Technikra...	42,57	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WK	Innerwand gegen Abstellraum_OSO ge...	14,06	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WK	Innerwand gegen Lager_SSW gem. EnEV	73,96	0,80	0,40	0,15-0,10
X	WK	Innerwand gegen Lager_WNW gem. En...	62,04	0,80	0,40	0,15-0,10
X	FA	Außenfenster_NNO gem. Joanneum Re...	66,87	2,70	1,40	< 0,8
X	FA	Außenfenster_OSO gem. Joanneum Re...	5,40	2,70	1,40	< 0,8
X	FA	Außenfenster_O gem. Joanneum Resea...	25,11	2,70	1,40	< 0,8
	FA	Außenfenster_SSW gem. 2.7.8	26,40	1,00	1,40	< 0,8
X	FA	Außenfenster_SSW gem. Joanneum Re...	17,28	2,70	1,40	< 0,8
X	FA	Außenfenster_S gem. Joanneum Resea...	16,74	2,70	1,40	< 0,8
X	FA	Außenfenster_WNW gem. Joanneum R...	35,04	2,70	1,40	< 0,8
X	FA	Außentüren verglast_OSO gem. JR 1.0...	23,04	5,90	1,40	< 0,8
X	FA	Außentür_S	4,80	3,50	1,40	< 0,8
X	FA	Außentür_SSW	10,80	3,50	1,40	< 0,8
X	FA	Außentür_WNW	5,13	3,50	1,40	< 0,8
	BE	Fußboden gegen Erde	1116,25	0,51	0,40	0,15-0,10
X	BE	Kellerfußboden gegen Erde	792,73	0,64	0,40	0,15-0,10
	BK	Fußboden gegen Keller	114,27	0,51	0,40	0,15-0,10

¹⁾ Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Erneuerung oder Instandsetzung von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der OIB-Richtlinie 6 vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden.

Tabelle 1 – U-Wert Tabelle

6. Energieausweis

Um den allgemeinen Zustand des Gebäudes zu bewerten, den errechneten U-Werten mehr Transparenz zu verleihen und um einen Vergleich zu anderen Bauten zu erhalten, wurde ein Energieausweis und in weiterer Folge aus diesem Energieausweis eine Energiebilanz mit gerundeten Werten erstellt.

Der Energieausweis ist ein geeignetes Werkzeug um relativ rasch Kennzahlen zu erhalten, welche abhängig von den Variablen zum Teil relativ genau sein können

(vgl. Wärmebedarf), aber auch verdeutlichen wie stark diese vom tatsächlichen Wert abweichen können (vgl. Verluste Warmwasserbereitung). Deshalb ist eine Plausibilitätsprüfung durch einen erfahrenen Haustechniker stets von Vorteil.

Detaillierter Energieausweis siehe Beilage.

7. Energieeinsparpotentiale

Die klassischen Energieeinsparungspotentiale wie Dämmen von Fassaden, Tauschen von Fenstern sowie die Erneuerung des Heizkessel bzw. der Wechsel zu einem erneuerbaren Energieträger sind neben dem wirtschaftlichen Nutzen, d.h. können die Investitionskosten im Laufe der Nutzungszeit durch die Energieeinsparung amortisiert werden, auch auf eine Zweckmäßigkeit für den Benutzer des Gebäudes zu prüfen.

Zur besseren Veranschaulichung wurde eine Energiebilanz errechnet (vgl. Abbildung 1 - Energiebilanz Istzustand)

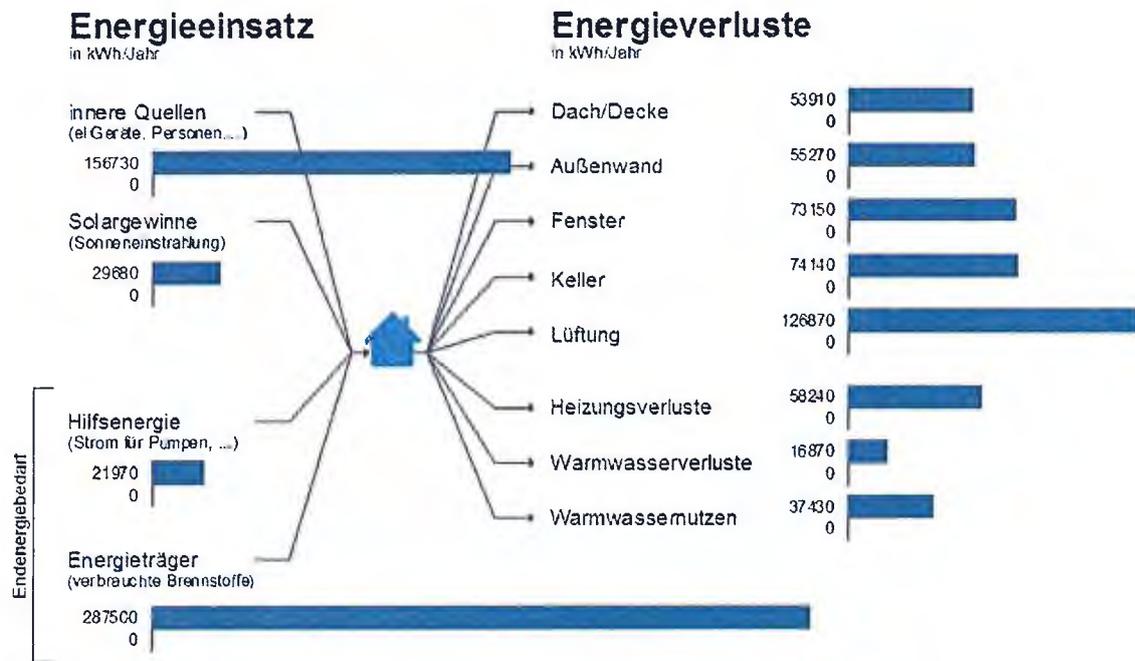


Abbildung 1 - Energiebilanz Istzustand

Wie aus der Abbildung 1 - Energiebilanz Istzustand ersichtlich, wurde ein Primärenergiebedarf von ca. 300.000 kWh mit den zuvor ermittelten U-Werten sowie den gemäß Norm vorgeschriebenen Lüftungsverlusten errechnet. Der tatsächliche Verbrauch liegt bei etwa 450.000 kWh. Bei der Begehung wurden bei nahezu allen Fenstern grobe Undichtigkeiten vorgefunden, bei vielen Fenstern wurden, um Abhilfe zu schaffen, die Fensterflügel mit dem Rahmen verschraubt. Der Eingangsbereich ist

mit einfach verglasten Portaltüren und mit bis zu 1 cm großen Fugen ausgeführt und ist lt. Aussage des Hausmeisters nur sehr schwer zu temperieren. Es ist daher auszugehen, dass der große Unterschied zwischen Soll- und Ist-Energiebedarf auf die zuvor angeführten Variablen zurück zu führen ist.

Nachdem auf die Lüftungswärmeverluste (als größte Position) kein direkter Eingriff genommen werden kann, wird die Annahme getätigt, dass **150.000 kWh** über die Undichtigkeiten der Fenster und Türen verloren geht, d.h. werden die Fenster und Türen als Sanierung herangezogen, so kann man davon ausgehen, dass auch die Lüftungswärmeverluste um die zuvor getätigte Annahme reduziert werden. In einem kurzen Beispiel möchte ich dieser Annahme Plausibilität verleihen.

Beispiel: Bei Blower Door Messungen werden an Undichtheiten Luftgeschwindigkeiten von einem m/s und mehr gemessen. Durch eine Fuge von 1 m Länge und 1 mm Breite (es wurden teilweise Fugen von einem cm und mehr angefundnen) gelangen dann stündlich $0,001 * 3600 = 3,6 \text{ m}^3$ in die Konstruktion, d.h. in unserem Fall ergibt das bei ca. 1.000 m Fugenlänge (4fache Fensterfläche) $3.600 \text{ m}^3/\text{h}$. Beim Luftdichtigkeitstest werden 50 Pascal Druckdifferenz erzeugt. Eine derartige Druckdifferenz wird auch bei Wind mit 33 km/h erreicht. Schon bei Windstille stellen sich bei einem beheizten Gebäude mit 12 m Höhe zwischen oben und unten etwa 10 Pa Druckdifferenz ein. Um $3.600 \text{ m}^3/\text{h}$ Luft von 0° Grad Celsius auf 20° Grad Celsius zu erwärmen benötigt man 88 kW an Leistung. Bei einer Heizperiode kann man ca. 2000 Heizstunden annehmen, in unserem Fall würde man demnach ca. 176.256 kWh rein rechnerisch erhalten, daher wird unsere Annahme mit 150.000 kWh per anno einen sehr guter Durchschnittswert an Verlusten ergeben.

Die Verluste im Kellerbereich werden aufgrund technischer Machbarkeit nicht bewertet.

Die Außenwände, Dach und Decke, befinden sich im Rahmen der aktuell gültigen OIB-Richtlinie und bedürfen keiner weiteren Betrachtung.

Im folgenden Schritt wird eine erneute Energiebilanz mit U-Werten gemäß dem aktuellen Stand der Technik (Türen= $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, Fenster= $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) errechnet.

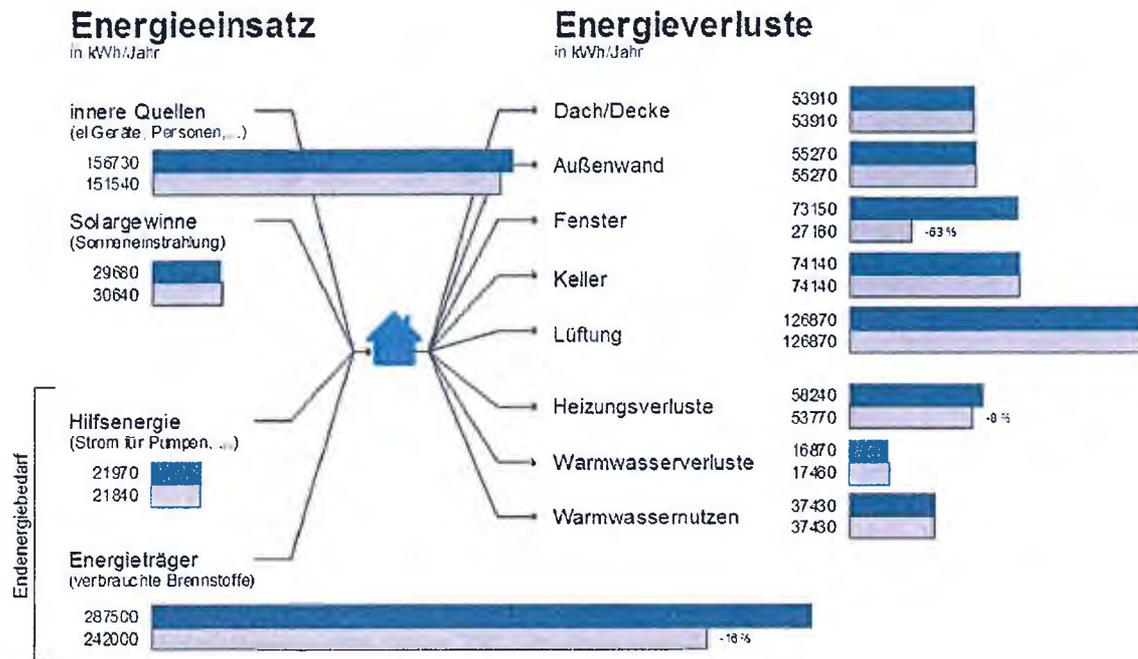


Abbildung 2-Energiebilanz sanierter Zustand

Wie aus der Abbildung 2-Energiebilanz sanierter Zustand ersichtlich, ergibt sich für die Fenster ein Einsparungspotential von 45.990 kWh/a (40%) und es wurde die Annahme getätigt das die Lüftungswärmeverluste von 150.000 kWh (Differenz zwischen errechneten und tatsächlichem Verbrauch) dadurch eingespart werden können.

Aufgrund des geringeren Energieeinsatzes werden die Heizungsverluste ebenfalls geringer, diese Einsparungen werden bei der Amortisationsrechnung nicht berücksichtigt.

8. Amortisation

Als Grundlage für die Amortisationsberechnung dienen die errechneten Verbrauchswerte (da diese nahezu ident mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten übereinstimmen) sowie folgende Daten:

- Fremdkapitalzinssatz : 4% per anno
- Energiepreissteigerung Wärme : 7% per anno
- Energiepreissteigerung Wärme : 14% per anno

Investkosten Fenstersanierung : 197.000 € exkl. MwSt.
 Nutzungsdauer : 20 Jahre

Mittels oben angeführter Grundlagen wurden 4 Amortisationsberechnungen nach der Annuitätenmethode erstellt, einmal mit dem Energieeinsparpotential der Fenster, desweiteren mit der Annahme über die zusätzliche Einsparmöglichkeit der Lüftungswärmeverluste (150.000 kWh) sowie mit den jeweiligen 7% und 14% Energiepreissteigerungen.

Wie aus der Tabelle 2- Amortisationstabelle bzw. aus den folgenden Diagrammen (Abbildung 3 - Amortisationsdiagramm 7% Energiepreissteigerung und Abbildung 4 - Amortisationsdiagramm 14% Energiepreissteigerung) ersichtlich, ergibt sich für den reinen Fenstertausch ohne jeglicher Annahmen keine Amortisationszeit unter 20 Jahren bei einer Energiepreissteigerung von 7% per anno. Nur eine Energiepreissteigerung von über 7%, in unserem Fall 14% ergibt eine Amortisation unter 20 Jahren (15 Jahre). Berücksichtigt man jedoch die erheblichen Lüftungsverluste rechnet sich ein Fenstertausch bei einer geringen Preissteigerung von 7% schon nach 13 Jahren.

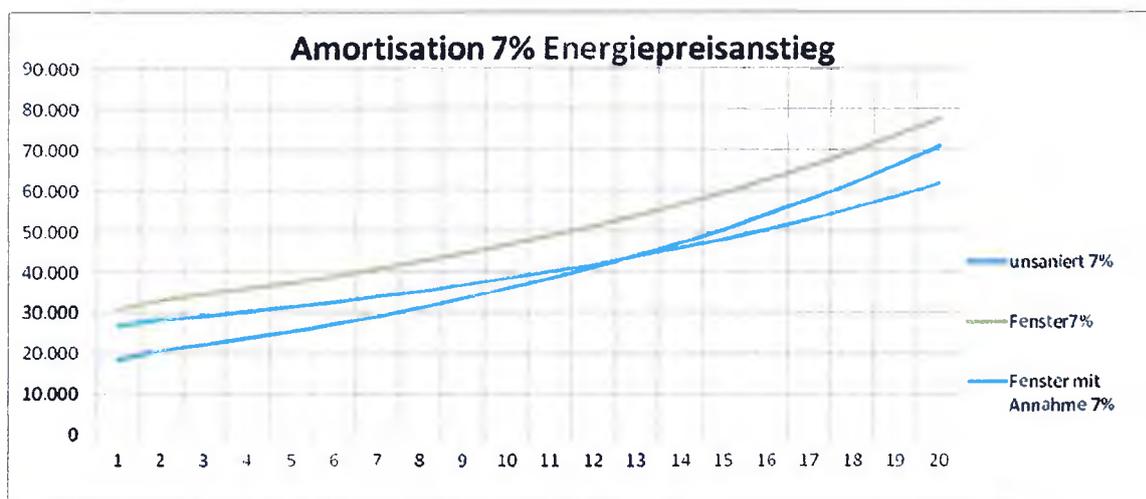


Abbildung 3 - Amortisationsdiagramm 7% Energiepreissteigerung

		Jahre																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
insgesamt	Gas	18.371	21.033	22.959	24.080	25.786	27.570	29.499	31.564	33.774	36.138	38.668	41.375	44.271	47.370	50.686	54.234	58.030	62.082	66.499	71.089
Fenster	Annuität	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496
	Gas errechnet	16.330	18.656	20.044	21.405	22.903	24.506	26.222	28.057	30.021	32.123	34.371	36.777	39.352	42.106	45.054	48.208	51.580	55.183	59.056	63.190
	Gesamtkosten per a					37.599	39.032	40.771	42.555	44.571	46.818	49.367	52.213	55.367	58.824	62.598	66.702	71.239	76.239	81.762	87.869
Fenster mit Annahme	Annuität	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496
	Gas errechnet	12.247	14.022	15.003	16.054	17.177	18.380	19.666	21.043	22.516	24.092	25.779	27.583	29.514	31.580	33.790	36.156	38.687	41.395	44.282	47.350
	Gesamtkosten per a	26.743	28.517	29.499	30.549	31.674	32.879	34.162	35.538	37.012	38.588	40.274	42.071	43.986	46.023	48.288	50.781	53.502	56.461	59.669	63.138
insgesamt	Gas	18.371	23.875	27.217	31.026	35.371	40.254	45.671	52.404	59.741	68.105	77.639	88.509	100.900	115.000	131.139	149.468	170.416	194.274	221.473	252.479
Fenster	Annuität	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496
	Gas	16.330	21.222	24.183	27.590	31.441	35.843	40.861	46.592	53.103	60.537	69.013	78.674	89.669	102.245	116.556	132.678	151.481	172.899	198.865	224.426
	Gesamtkosten per a	30.825	35.718	38.668	42.076	46.897	50.999	55.357	60.073	67.637	75.939	83.599	93.176	104.999	118.744	133.056	147.374	165.977	187.194	211.363	239.921
Fenster mit Annahme	Annuität	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496	14.496
	Gas errechnet	12.247	15.916	18.145	20.685	23.591	26.892	30.646	34.927	40.403	45.403	51.780	59.006	67.267	76.684	87.420	99.559	113.611	129.516	147.648	168.319
	Gesamtkosten per a	26.743	30.412	32.640	35.171	38.187	41.379	44.811	48.492	53.328	58.658	64.561	71.067	78.191	86.078	94.939	104.754	115.154	126.106	137.644	149.819

Tabelle 2- Amortisationstabelle

9. Fazit

Grundsätzlich sind Sanierungen in Bezug auf Energieeinsparung und auch CO₂-Einsparung immer sinnvoll. In unserem Fall wurden die Kosten für einen Fenstertausch berücksichtigt sowie eine Annahme über Lüftungswärmeverluste getroffen (mittels Beispiel plausibilisiert).

Desweiteren muss erwähnt werden, dass das Objekt über die Jahre hinweg nicht erneuert wurde und die installierte Technik ebenfalls nicht mehr dem heutigen Standard entspricht. Erwähnt sollte werden, dass der Energieausweis zwar einen respektablen Wert im Mittelfeld ergab, jedoch wurden darin „best case“ Werte verwendet (alte Einreichunterlagen). Als Beispiel möchte ich anführen, dass erhebliche Beschädigung der Dämmung im Dachbereich vorgefunden wurden, die im Energieausweis nicht berücksichtigt sind, da der Grad der Beschädigung und der Einfluss auf den U-Wert nicht abschätzbar ist.

Persönlich betrachtet würde ich eine umfassende Sanierung von Technik und Bauphysik bzw. den Kosten und Aufwand eines Neubaus zur Diskussion stellen.

Stegersbach, 24.01.2014

Ing. Martin Krolík

