

Projektarbeit:

Energieberatungsbericht



Beratungsempfänger:

Familie [REDACTED]
[REDACTED]
27356 Rotenburg

Berater:

Dipl.-Ing. (FH) [REDACTED]
[REDACTED]

Datum:

13.08.2004

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1 Einleitung	2
2 Istzustand	2
2.1. Grunddaten	2
2.2. Wärmeübertragende Umfassungsflächen	2
2.3. Anlagentechnik zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung.....	3
Wärmeerzeuger	3
2.4. Energiebilanz Istzustand	3
Heizwärmebedarf	4
Endenergiebedarf	5
Endenergieverbrauch	5
Verbrauchsbereinigung	5
3 Sanierungsmaßnahmen	6
3.1. Dämmung der Außenwände	6
Beschreibung	6
Investition	6
Energieeinsparung	6
Wirtschaftlichkeit	6
3.2. Dämmung der Kellerdecke	7
Beschreibung	7
Investition	7
Energieeinsparung	7
Wirtschaftlichkeit	7
3.3. Erneuerung der Kesselanlage.....	8
Beschreibung	8
Investition	8
Energieeinsparung	8
Wirtschaftlichkeit	8
3.4. Erneuerung der Fenster.....	9
Beschreibung	9
Investition	9
Energieeinsparung	9
Wirtschaftlichkeit	9
4 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	10
5 Gesamtenergieeinsparung nach Umsetzung mehrerer Maßnahmen.....	11
5.1. Überprüfung der Wirtschaftlichkeit	12
Wirtschaftlichkeit	12
Dämmung der Kellerdecke	12
Kesselanlage	12
6 Anhang.....	13

1 Einleitung

Für das Einfamilienhaus der Eheleute [REDACTED] in Rotenburg (Wümme) soll eine Energieberatung durchgeführt werden. Dabei soll die Gebäudehülle inklusive der Anlagen zur Raumheizung und zur Trinkwarmwasserbereitung mit Hilfe von Energiebilanzen untersucht werden. Das Energieeinsparpotential verschiedener Sanierungsmaßnahmen wird ermittelt und gegenübergestellt. Weiterhin erfolgt eine Abschätzung der Investitionskosten und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

2 Istzustand

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus, das zu Wohnzwecken genutzt wird. Das Gebäude wurde 1989 errichtet und ist teilunterkellert.

2.1. Grunddaten

Ort:	Rotenburg	Baujahr:	1989
Gebäudetyp:	Einfamilienhaus	Energiebezugsfläche:	154,5 m ²
Bundesland:	Niedersachsen	Wohneinheiten:	1
		Personenzahl:	4

Hüllfläche:	A = 407,5	Volumen	Ve = 559,45
Kompaktheit	A/V = 0,73	Mittlere Raumhöhe	H= 2,6 m
Luftvolumen:	V _L = 402 m ³	Luftwechsel:	n = 0,5 h ⁻¹

2.2. Wärmeübertragende Umfassungsflächen

Nachfolgend wird der Aufbau der wichtigsten Bauteile der Gebäudehülle beschrieben. Die detaillierte Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile ist dem Anhang beigelegt.

Bezeichnung	K-bez.	Beschreibung	U-Wert Istzustand W/(m ² K)
Außenwand	AW	24 cm dickes Mauerwerk aus Porenbeton, innen und außen verputzt	0,770
Innenwand	IW	Innenwand zum unbeheizten Keller aus 11,5 cm Kalksandstein, beidseitig verputzt	2,330
Fußboden EG	FB 1	Betonfußboden mit 2 cm PS-Dämmung und 4 cm Estrich	1,243
Fußboden KG	FB 2	Fußboden im beheizten Flur zum Keller, Beton mit 4 cm Estrich	3,640
Dach	DA	Ziegeldach mit 8 cm Zwischensparrendämmung	0,597
Kellerdecke	DE	Kellerdecke zum beheiztem Bereich	3,177
Fenster	FE	Kunststofffenster mit Doppelverglasung	2,5

Tabelle 1: Aufstellung der Wärmeübertragenden Bauteile

2.3. Anlagentechnik zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung

Das Gebäude wird über eine Erdgas-Zentralheizung beheizt. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über den Gaskessel mit einem direkt beheizten Speicher.

Wärmeerzeuger

Bauart:	Niedertemperaturkessel
Energieträger:	Erdgas
Hersteller:	Wolf
Typ:	NG 1E 23
Baujahr:	1989
Nennleistung:	22 kW
Aufstellort:	unbeheizter Bereich (Keller)
Abgastemperatur:	119 °C
Abgasverlust:	12 %

2.4. Energiebilanz Istzustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Verbraucht mein Haus viel oder wenig? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

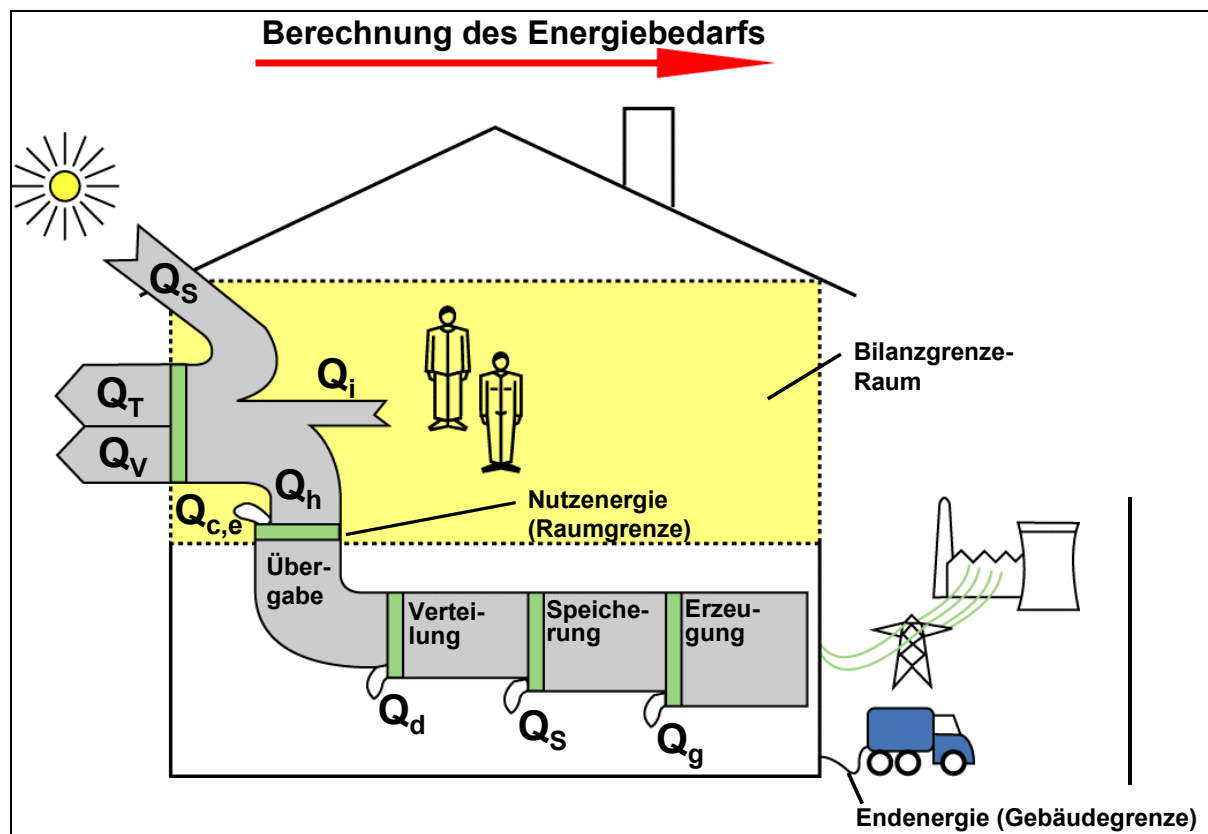


Abbildung 1: Primärenergiebilanz

Berücksichtigt werden dabei die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik. Der Haushaltsstrom wird in der Regel in dieser Bilanz nicht berücksichtigt.

Wird als Bilanzgrenze die Gebäudegrenze gewählt, spricht man von einer Endenergiebilanz. Wenn in die Bilanz die Prozesse der Energiegewinnung, der Energieumwandlung und des Energietransportes mit einbezogen werden, spricht man von einer Primärenergiebilanz.

Heizwärmebedarf

Bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs wird als Bilanzgrenze die beheizte Gebäudehülle gewählt. Mit Hilfe des Heizwärmebedarfs lässt sich die Qualität der Gebäudehülle und damit der Dämmstandard sehr gut beurteilen.

Die Bilanzierung des Heizwärmebedarfs im Istzustand des Gebäudes ergab folgende Ergebnisse:

	kWh/a	kWh/(m ² a)
Transmissionswärmebedarf	25969	168,2
Lüftungswärmeverluste	4712	30,5
Nutzbare Wärmegewinne	6798	44,0
Jahresheizwärmebedarf	23901	154,7

Tabelle 2: Jahresheizwärmebedarf im Istzustand

In der folgenden Grafik sind die Transmissionsverluste der einzelnen Bauteile dargestellt.

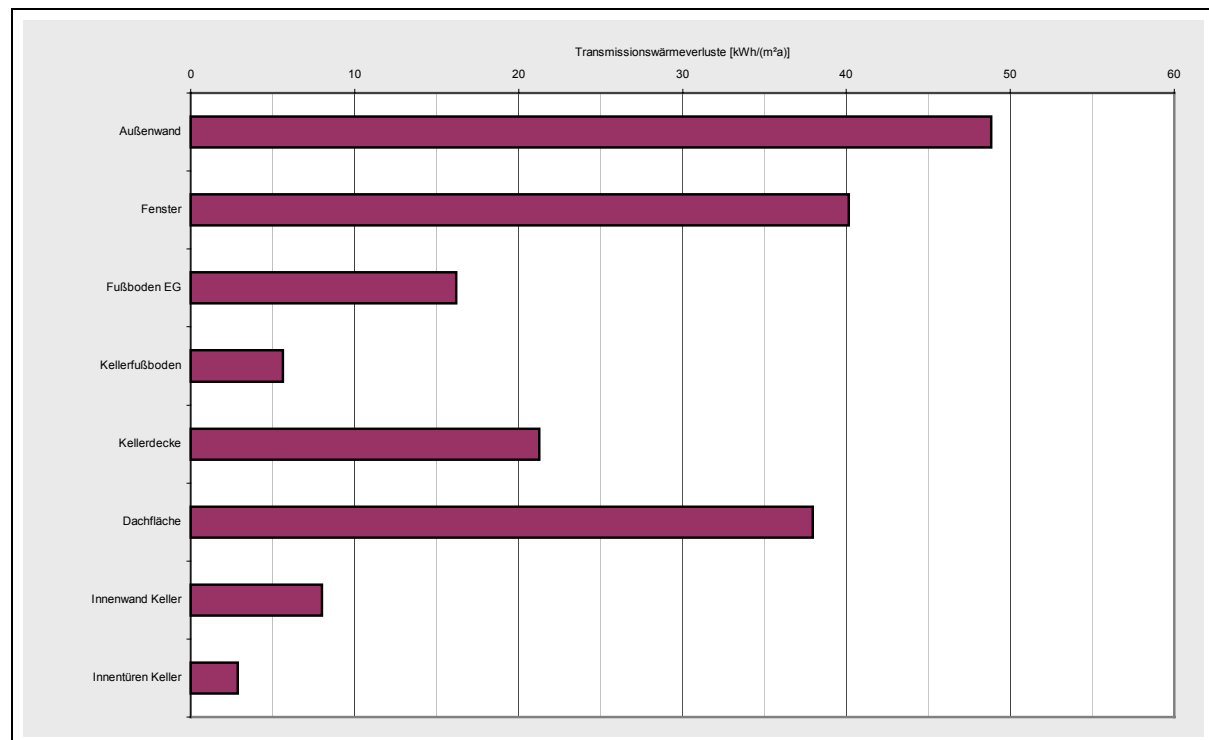


Abbildung 2: Transmissionsverluste der einzelnen Bauteile

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass die größten Wärmeverluste im Bereich der Außenwände, der Fenster und der Dachfläche entstehen. An diesen Flächen kann durch eine Sanierung das größte Energieeinsparpotential erschlossen werden. Weiterhin wird die Dämmung der Kellerdecke mit in die Betrachtung einbezogen.

Endenergiebedarf

Wenn neben den Bauteilen der Gebäudehülle auch die Anlagentechnik zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung beurteilt werden soll, muss der Endenergiebedarf bilanziert werden. Dabei werden zusätzlich zum Heizwärmebedarf auch die Verluste der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmerzeugung beurteilt. Bei der Bilanzierung ergaben sich folgende Ergebnisse:

Endenergiebedarf	38623 kWh/a	249,9 kWh/(m ² a)
Brennstoffbedarf	3843 m ³	

Tabelle 3: Endenergiebedarf im Istzustand

Endenergieverbrauch

Die theoretische Berechnung von Bedarfswerten kann die tatsächliche Nutzung eines Gebäudes nur bedingt wiedergeben. In einem Bilanzverfahren müssen immer bestimmte Randbedingungen wie z. B. die Innentemperatur, die mittlere Außentemperatur oder das Lüftungsverhalten festgelegt werden. Ob diese Annahmen dann dem tatsächlichen Nutzerverhalten entsprechen, kann in Frage gestellt werden. Um die Realität möglichst genau abbilden zu können, ist es deshalb sehr nützlich, reale Verbrauchsmesswerte in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Verbrauchsbereinigung

Da die mittleren Außentemperaturen und die Zahl der Heiztage nicht konstant sind, sondern von Jahr zu Jahr unterschiedlich sind, werden die Jahresverbrauchswerte mit Hilfe von sogenannten Heizgradtagen auf ein im Bilanzverfahren angewandtes Standardjahr bereinigt. Diese bereinigten Werte können dann mit dem Bilanzverfahren verglichen werden.

	kWh/(m ² a)	kWh/a
Endenergiebedarf	249,9	38623
Witterungsbereinigter Verbrauch	205,8	31796

Tabelle 4: Vergleich der Bedarfs- und Verbrauchsdaten

Die berechneten Bedarfswerte sind um ca. 20 % höher als die bereinigten Gasverbräuche. Diese Abweichung kann verschiedene Ursachen haben, ein großer Unsicherheitsfaktor ist z.B. der geschätzte Trinkwarmwasserbedarf oder die angesetzte Innentemperatur. Weiterhin standen zur Witterungsbereinigung nicht die Heizgradtage vom Gebäudestandort zur Verfügung, sondern es musste auf Daten der Region Braunschweig zurückgegriffen werden. Aufgrund dieser Unsicherheiten erfolgt keine weitere Anpassung der Bedarfswerte an die gemessenen Gasverbräuche. Zur Bewertung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen werden die Bedarfswerte zugrunde gelegt.

3 Sanierungsmaßnahmen

3.1. Dämmung der Außenwände

Beschreibung

Die Außenwände werden mit einem WDVS gedämmt. Die Dämmdicke beträgt 10 cm bei einer Wärmeleitfähigkeitsgruppe WLG 040. Die Maßnahme bezieht sich auf alle Außenwände mit ca. 132 m². Der U-Wert der Außenwand verbessert sich durch die Maßnahme von 0,77 W/(m²K) auf 0,26 W/(m²K)

Investition

Geschätzte Investitionskosten: 65 €/m² I = 65€/m² * 132 m² = 8580 €

Energieeinsparung

Durch die Maßnahme erreichen Sie eine jährliche Energieeinsparung von: 4040 kWh/a
 Das entspricht einer prozentualen Einsparung von: 10,5 %
 Die Brennstoffeinsparung beträgt (bei heutigen Preisen): 162,- €/a
 Energiepreis: 0,04 €/kWh

Wirtschaftlichkeit

Betrachtungszeitraum: 30 Jahre
 Kapitalzinssatz: 5 %
 Annuität 0,065
 Statische Amortisationszeit: 53 Jahre

Da die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme sehr stark von den zukünftigen Energiepreisen abhängig sein wird, werden die durchschnittlichen Jahreskosten jeweils mit einer Preissteigerungsrate von 3 %, 6 % und 9 % dargestellt.

	Energiepreissteigerung 3 %/a	Energiepreissteigerung 6 %/a	Energiepreissteigerung 9 %/a
Istzustand	2269 €/a	3504 €/a	5668 €/a
Mit WDVS	2589 €/a	3696 €/a	5633 €/a

Tabelle 5: Kostenvergleich Außenwanddämmung

Die Maßnahme ist ab einer Energiepreissteigerung von 9 %/a wirtschaftlich.

3.2. Dämmung der Kellerdecke

Beschreibung

Die Dämmung der Kellerdecke wird mit 6 cm dicken Dämmplatten durchgeführt. Die Dämmplatten werden von unten durch Verklebung an der Decke angebracht. Der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils verbessert sich durch die Dämmung auf $U = 0,55 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Investition

Geschätzte Investitionskosten: 45 €/m^2 $I = 45 \text{ €/m}^2 * 28 \text{ m}^2 = 1260 \text{ €}$

Energieeinsparung

Durch die Maßnahme erreichen Sie eine jährliche Energieeinsparung von: 2179 kWh/a
 Das entspricht einer prozentualen Einsparung von: $5,6 \%$
 Die Brennstoffeinsparung beträgt (bei heutigen Preisen): $87, - \text{ €/a}$
 Energiepreis: $0,04 \text{ €/kWh}$

Wirtschaftlichkeit

Betrachtungszeitraum: 30 Jahre
 Kapitalzinssatz: 5%
 Annuität: $0,065$
 Statische Amortisationszeit: $14,5 \text{ Jahre}$

	Energiepreissteigerung 3 %/a	Energiepreissteigerung 6 %/a	Energiepreissteigerung 9 %/a
Istzustand	2269 €/a	3504 €/a	5668 €/a
Kellerdecken-Dämmung	2223 €/a	3388 €/a	5431 €/a

Tabelle 6: Kostenvergleich Dämmung der Kellerdecke

Die Maßnahme ist schon bei einer Energiepreissteigerung von 3 %/a wirtschaftlich.

3.3. Erneuerung der Kesselanlage

Beschreibung

Der vorhandene Niedertemperaturkessel wird durch einen modernen Brennwertkessel ersetzt. Es wird empfohlen, auf einen Kessel zurückzugreifen, der keine Anforderung an den Mindestvolumenstrom des Kessels stellt. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Restförderhöhe der Umwälzpumpe in mindestens 3 Stufen einstellbar sein sollte.

Investition

Geschätzte Investitionskosten: 4700, -€

Energieeinsparung

Durch die Maßnahme erreichen Sie eine jährliche Energieeinsparung von: 8464 kWh/a
Das entspricht einer prozentualen Einsparung von: 22 %
Die Brennstoffeinsparung beträgt (bei heutigen Preisen): 339, - €/a

Wirtschaftlichkeit

Betrachtungszeitraum: 15 Jahre
Kapitalzinssatz: 5 %
Annuität: 0,096
Statische Amortisationszeit: 13,9 Jahre
Wartungskosten: 100 €/a
Preissteigerung für Wartung: 2 %/a

	Energiepreissteigerung 3 %/a	Energiepreissteigerung 6 %/a	Energiepreissteigerung 9 %/a
Istzustand	1921	2411	3050
Kesselaustausch	2001	2383	2883

Tabelle 7: Kostenvergleich Kesselaustausch

Die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme kann ab einer Energiepreissteigerung von 6 %/a nachgewiesen werden.

3.4. Erneuerung der Fenster

Beschreibung

Die vorhandenen Kunststoff-Fenster mit U-Wert 2,5 W/(m²K) werden gegen neue Fenster mit Wärmeschutzverglasung U-Wert 1,1 W/(m²K) ausgetauscht.

Investition

Geschätzte Investitionskosten: 7175, -€

Energieeinsparung

Durch die Maßnahme erreichen Sie eine jährliche Energieeinsparung von: 1722 kWh/a
 Das entspricht einer prozentualen Einsparung von: 4,5 %
 Die Brennstoffeinsparung beträgt (bei heutigen Preisen): 69, - €/a
 Energiepreis: 0,04 €/kWh

Wirtschaftlichkeit

Betrachtungszeitraum: 25 Jahre
 Kapitalzinssatz: 5 %
 Annuität: 0,071
 Statische Amortisationszeit: 104 Jahre

	Energiepreissteigerung 3 %/a	Energiepreissteigerung 6 %/a	Energiepreissteigerung 9 %/a
Istzustand	2155	3107	4619
Fensteraustausch	2343	3252	4697

Tabelle 8: Kostenvergleich Fensteraustausch

Die Maßnahme erreicht auch bei einer Energiepreissteigerung von 9 %/a noch keine Wirtschaftlichkeit.

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der einzelnen Sanierungsmaßnahmen noch mal in zusammengefasster Form dargestellt.

Maßnahme	Endenergie-Bedarf	Einsparungen			Wirtschaftlichkeit bei Energiepreissteigerung		
		KWh/a	€/a	%	3 %/a	6 %/a	9 %/a
Istzustand	38623	-	-	-	-	-	-
AW-Dämmung	34583	4040	162	10,5	nein	nein	ja
Dämmung der Kellerdecke	36444	2179	87	5,6	ja	ja	ja
Erneuerung der Kesselanlage	30159	8464	339	22	nein	ja	ja
Austausch der Fenster	36901	1722	69	4,5	Nein	Nein	nein

Tabelle 9: Zusammenfassung der Sanierungsmaßnahmen

Wie aus der Tabelle 9 hervorgeht, ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung immer mit dem Unsicherheitsfaktor Energiepreisentwicklung behaftet. Hier muss der Gebäudeeigentümer selbst entscheiden, von welcher Energiepreisentwicklung auszugehen ist.

Eine sinnvolle Umsetzung der Sanierungsvorschläge kann in folgender Reihenfolge durchgeführt werden:

1. Die Dämmung der Kellerdecke sollte als erste Sanierungsmaßnahme durchgeführt werden, da Sie bedingt durch die relativ geringen Investitionskosten, die wirtschaftlichste Maßnahme ist.
2. Die Erneuerung der Kesselanlage ist zwar erst ab einer Energiepreissteigerung von 6 % wirtschaftlich, die Kesselanlage überschreitet mit einem Abgasverlust von 12 % aber den Grenzwert des BImSchV. Damit unterliegt sie ohnehin einer gesetzlichen Austauschpflicht.
3. Die Außenwanddämmung sollte erst dann durchgeführt werden, wenn ohnehin ein Anstrich der Fassade fällig ist. Die Kosten für den Gerüstbau und den Anstrich können dann bei den Investitionskosten für die Dämmung berücksichtigt werden.
4. Vom Austausch der Fenster ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt abzusehen. Es wird keine Wirtschaftlichkeit erreicht.

5 Gesamtenergieeinsparung nach Umsetzung mehrerer Maßnahmen

Entsprechend der oben aufgeführten Reihenfolge wird die Gesamtenergieeinsparung bei Durchführung folgender Maßnahmen berechnet:

1. Dämmung der Kellerdecke
2. Erneuerung der Kesselanlage
3. Dämmung der Außenwände

Der sich ergebende Endenergiebedarf, die prozentuale Einsparung sowie Energiekosteneinsparung auf der Grundlage heutiger Energiepreise (0,04 €/kWh) ergibt sich aus dem folgenden Diagramm und der Tabelle. Bei Umsetzung der drei Sanierungsmaßnahmen kann der Endenergiebedarf um 32 % reduziert werden.

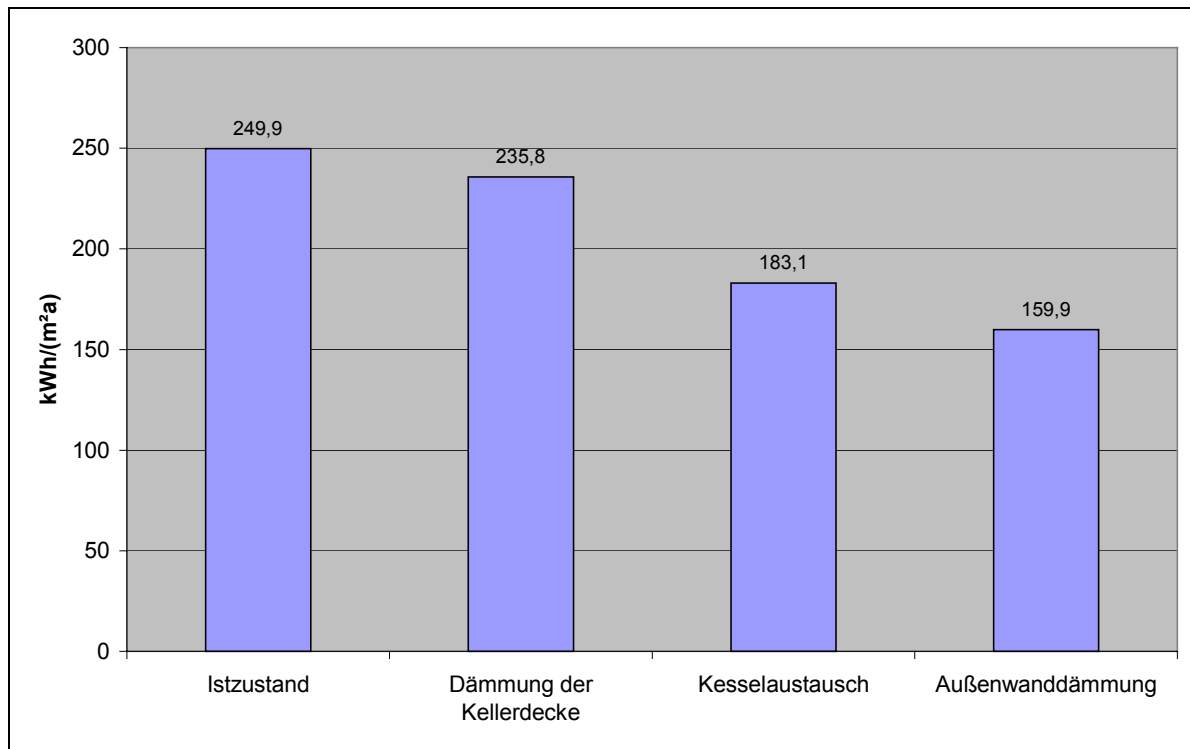


Abbildung 3: Endenergiebedarf bei Kombination verschiedener Sanierungsmaßnahmen

Endenergiebedarf	Istzustand	Dämmung Kellerdecke	Dämmung Kellerdecke u. Kesselaustausch	Dämmung Kellerdecke, Kesselaustausch u. AW-Dämmung
kWh/a	38623	36444	28293	24716
KWh/(m²a)	249,9	235,8	183,1	159,9
%	100	94	73	68
Verbrauchsgebundene Gaskosten €/a	1545	1458	1132	989

Tabelle 10: Endenergiebedarf und Energiekosteneinsparung

5.1. Überprüfung der Wirtschaftlichkeit

Da die Energieeinsparung einzelner Maßnahmen in Kombination mit anderen Maßnahmen nicht konstant bleibt, und auch die Reihenfolge der Maßnahmen eine Rolle spielt, wird überprüft bei welcher Energiepreissteigerung eine Sanierung wirtschaftlich ist. Da die Außenwanddämmung erst erfolgen soll, wenn ohnehin ein Gebäudeanstrich fällig ist, wird Sie in die Betrachtung nicht mit einbezogen.

Wirtschaftlichkeit

Betrachtungszeitraum: $n = 30$ Jahre
 Kapitalzinssatz: $p = 5\%$
 Annuität: $a_{pn} = 0,065$

Dämmung der Kellerdecke

Investitionskosten: $I_0 = 1260, -\text{€}$
 Nutzungsdauer: $m = 30$ Jahre

Kesselanlage

Investitionskosten: $I_0 = 4700, -\text{€}$
 Nutzungsdauer: $m = 15$ Jahre
 Anlagenteuerung: $s_a = 2\%/a$
 Faktor für Ersatzbeschaffung: $f_{p,s,m,n} = 1,65$
 Wartungskosten: $K_{u,0} = 100 \text{ €/a}$
 Preissteigerung für Wartung: $s_u = 2\%/a$

	Energiepreissteigerung 3 %/a	Energiepreissteigerung 6 %/a	Energiepreissteigerung 9 %/a
Istzustand	2271 €/a	3507 €/a	5670 €/a
Nach Sanierung	2378 €/a	3284 €/a	4868 €/a

Tabelle 11: Vergleich der Jahresgesamtkosten

Ab einer Energiepreissteigerung von 5 %/a sind die Sanierungsmaßnahmen wirtschaftlich. Eine Energiepreissteigerung von nominal 6 %/a entspricht einer realen Verteuerung von etwa 3 %/a, da real auch die Inflation wirksam ist. Die Energiepreissteigerung von 6 %/a ist daher als durchaus realistisch anzunehmen. Es wird daher empfohlen, die Kellerdeckendämmung und den Kesselaustausch vorzunehmen.

Neben der reinen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, sollte jedoch auch die Umweltwirkung der Sanierungsmaßnahmen mit in die Gesamtbetrachtung einbezogen werden. Die Dämmung der Kellerdecke, in Kombination mit dem Kesselaustausch, führen zu einer **Primärenergieeinsparung von ca. 11053 kWh/a. Diese Primärenergieeinsparung entspricht einer Minderung der CO₂ Emissionen von 2564 (kg CO₂)/a.**

6 Anhang



