

Kosten-Nutzen-Untersuchung
einer energetischen Sanierung
am Beispiel der Grundschule
„Josef Gasser“
in Neustift, Vahrn

WIFO

Institut für
Wirtschaftsforschung



HANDELS-, INDUSTRIE-,
HANDWERKS- UND LAND-
WIRTSCHAFTSKAMMER BOZEN



Herausgeber

© 2016 Handels-, Industrie-, Handwerks- und Landwirtschaftskammer Bozen
Südtiroler Straße 60, 39100 Bozen

Verantwortlicher Direktor

Alfred Aberer

Veröffentlicht im Dezember 2016

Autoren

Ulrich Klammsteiner (Agentur für Energie Südtirol – KlimaHaus)
Egon Untertrifaller (Agentur für Energie Südtirol - KlimaHaus)

Redaktion

WIFO – Institut für Wirtschaftsforschung der Handelskammer Bozen
Agentur für Energie Südtirol - KlimaHaus

Für Informationen

WIFO – Institut für Wirtschaftsforschung der Handelskammer Bozen
Südtiroler Straße 60, 39100 Bozen
T +39 0471 945 708
wifo@handelskammer.bz.it

Weitere Publikationen im Internet unter
www.handelskammer.bz.it/wifo

EXECUTIVE SUMMARY

Für den eiligen Leser

Eine Analyse aller von der KlimaHaus Agentur zertifizierten öffentlichen Gebäude weist ein hohes energetisches Sanierungspotential auf: 58% der Gebäude sind in der schlechtesten Energieklasse G eingestuft, 57% werden mit einem Heizkessel beheizt, von denen wiederum 20% mit Heizöl betrieben werden.

Eine energetische Sanierung ist aber stets als Einzelfall zu betrachten und kann im Hinblick auf Sanierungsziel und technische Ausführung auf verschiedenste Weise angegangen werden. Im vorliegenden Bericht wurden verschiedene Sanierungsvarianten für die Grundschule „Josef Gasser“ in Neustift (Gemeinde Vahrn) untersucht und einer Wirtschaftlichkeitsanalyse unterzogen. Die betrachteten Sanierungsvarianten sind dabei nicht als allgemeingültige Sanierungsvorschläge zu verstehen, vielmehr soll anhand des untersuchten Fallbeispiels eine methodische Herangehensweise für die Bewertung einer Sanierung aufgezeigt werden.

Im gegenständlichen Fall hat sich die Untersuchung auf jene drei Szenarien beschränkt, welche als tatsächlich mögliche Sanierungsvarianten auch eine konkrete Umsetzungswahrscheinlichkeit haben. Die erste Variante beinhaltet neben den Ohnehin-Kosten (Austausch der Türen, Ausbesserungen des Innenanstrichs, Erneuerung der mobilen Verschattung usw.) auch den notwendigen Fenstertausch. Die zweite Variante umfasst darüber hinaus die Anbringung einer Wärmedämmung (16 cm Mineralwolle). Da es sich um ein Schulgebäude handelt, wurde in einer dritten Variante die zusätzliche Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung betrachtet.

Neben der energetisch-wirtschaftlichen Zweckmäßigkeit wurden zusätzlich auch die finanziellen Fördermöglichkeiten (insbesondere GSE – Conto Termico) berücksichtigt und in die Gegenüberstellung der Sanierungsvarianten einbezogen.

Aus wirtschaftlicher Sicht gestaltet sich die zweite Sanierungsvariante am attraktivsten, gefolgt von Variante 1 und Variante 3. Letztere stellt aufgrund der hohen Investitions-, Betriebs-, Wartungs- und Wiederbeschaffungskosten für die mechanische Wohnraumlüftung die ökonomisch unvorteilhafteste Variante dar.

Dennoch wird im Bericht abschließend noch auf die Vorteile einer mechanischen Wohnraumlüftung eingegangen, da insbesondere bei Schulgebäuden der Innenraumqualität ein äußerst hoher Stellenwert beigemessen werden muss. Eine Wohnraumlüftung gewährleistet nutzerunabhängig die notwendigen Luftwechsel und sorgt energetisch effizient für eine hohe Luftgüte, wovon Aufmerksamkeit und Produktivität der Schüler und Lehrer profitieren. Die Zuluft wird von Pollen und Feinstaub gefiltert, leistungsmindernde oder gar gesundheitsgefährdende Luftschadstoffe (CO₂, VOC, Formaldehyd, Radon, usw.) werden kontrolliert abgeführt. Dieser Mehrwert ist aus wirtschaftlicher Sicht allerdings schwer zu quantifizieren und wurde daher in dieser Studie nicht weiter vertieft.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZIEL DER STUDIE	5
2	ÖFFENTLICHER GEBÄUDEBESTAND.....	7
2.1	Analyse der Bausubstanz in öffentlichem Besitz	7
2.2	Gebäudenutzung	7
2.3	Verwendete Energieträger - Primärenergie	9
2.4	CO ₂ -Ausstoß und KlimaLand-Strategie	9
2.5	Verwendete Energieträger	10
2.6	Energieerzeugung mit Heizkesseln	11
2.7	Energieerzeugung mit Fernwärme	11
2.8	Energieklasse der Gebäude	12
2.9	Fazit	13
3	BESCHREIBUNG GRUNDSCHULE "JOSEF GASSER"	14
3.1	Aufgabenstellung	14
3.2	Lage und Objektbeschreibung	14
3.3	Bestandsaufnahme	14
3.4	Grundriss	17
3.5	Heizungsanlage	19
4	KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE.....	20
4.1	Methodik	20
4.2	Wirtschaftlichkeitsberechnung	20
4.3	Berechnungsprogramm	20
4.4	Szenarien für die Kosten-Nutzen-Analyse	23
4.5	Nullvariante: Ohnehin-Kosten	25
4.6	Variante 1: Fenstertausch und Ohnehin-Kosten	26
4.7	Variante 2: Mineralwolle, Fenstertausch und Ohnehin-Kosten	29
4.8	Variante 3: Wohnraumlüftung, Mineralwolle, Fenstertausch und Ohnehin-Kosten	32
4.9	Betrachtung bei unterschiedlichen ökonomischen Rahmenbedingungen	35
5	ERGEBNISSE	36
5.1	Gesamtkostenberechnung für die energetische Sanierung	36
5.2	Förderungen	41
5.3	Bewertung	44
6	INDOOR-QUALITÄT	45
6.1	Formaldehyd	45
6.2	Kohlenstoffdioxid	46
6.3	Radon	48
7	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	49

1 ZIEL DER STUDIE

Die Europäischen Richtlinien zur Energieeffizienz 2010/31/EU und 2012/27/EU weisen der öffentlichen Verwaltung eine Vorbildfunktion in der Erreichung der Klimaschutz- und energiepolitischen Ziele der Union für 2020, 2030 und 2050 zu. So sollen die Mitgliedstaaten beispielsweise dafür Sorge tragen, dass jährlich 3% der beheizten und/oder gekühlten öffentlichen Gebäude gemäß den Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz saniert werden.

Der Klimaplan des Landes Südtirol steht für die regionale Umsetzung der europäischen Vorgaben und sieht eine Reduzierung der Treibhausgase bis zum Jahr 2050 auf 1,5 Tonnen CO₂ pro Jahr und Einwohner vor. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine gemeinsame Anstrengung und die Einbindung der Bevölkerung unumgänglich. Die energetische Sanierung von öffentlichen Gebäuden trägt neben der unmittelbaren Energieeinsparung und Klimawirksamkeit auch zur notwendigen Sensibilisierung der Bürger zu diesen Themen und gleichzeitig zur Akzeptanz der ordnungspolitischen Vorgaben bei.

Nach dem Motto Fordern und Fördern sollen neben den gesetzlichen Mindestanforderungen die ökonomischen Amortisationszeiten der Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung bei Neubau und Sanierung mit geeigneten Fördermaßnahmen im privaten wie öffentlichen Bereich (Conto Termico, EFRE-Programme, steuerliche Absetzung, Landesförderungen, Baumassenbonus, usw.) aber auch wirtschaftlich interessant gehalten werden.

Ein weiterer Aspekt ist jener des nachhaltigen Bauens, der weit über die Energieeffizienz hinausreicht und nicht zuletzt auch in den „Criteri Ambientali Minimi“ des Ministerialdekretes vom 24. Mai 2016 im Bereich der öffentlichen Bauvorhaben Einzug gehalten hat. Hier spielen vielschichtige Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes hinweg, die Ressourcenintensität und Dauerhaftigkeit von baulichen Maßnahmen ebenso wie Aspekte der Lebensqualität und des Wohlbefindens eine wichtige Rolle: gesunde und behagliche Wohnräume mit hohem Wohn- und Nutzkomfort und geringer Umweltbelastung.

So tragen beispielsweise Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in Schulräumen nicht nur zu einer Reduzierung des Energiebedarfs bei, sie stellen vor allem gesunde und hygienische Raumluftverhältnisse sicher. Zahlreiche Untersuchungen im In- und Ausland zeigen, dass gerade in den Wintermonaten die Luftqualität in Unterrichtsräumen, gemessen an der Kohlendioxid-Konzentration (CO₂) und anderer Raumluftschadstoffe wie Formaldehyd, flüchtiger organischer Verbindungen (VOC), Radon usw., durch reines Fensterlüften meist nicht ausreichend ist. Die Folgen reichen von schlechtem Komfort, über eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit, Müdigkeit, Konzentrationsschwächen bis hin zu gesundheitsgefährdenden Belastungen der Raumluft für Lehrer und Schüler.

Vor diesem Hintergrund sollen in dieser Studie anhand des konkreten Fallbeispiels der Grundschule „Josef Gasser“ in Neustift (Gemeinde Vahrn) verschiedene Sanierungsszenarien in wirtschaftlicher Hinsicht untersucht werden. Dazu wurden neben der Erfassung des ohnehin bestehenden Instandsetzungsbedarfes auch verschiedene Varianten zur Energieeffizienzsteigerung erarbeitet und entsprechende Kosten-Nutzen-Analysen

erstellt. Zur Begutachtung der Bausubstanz wurde eine Bestandsaufnahme durchgeführt und anhand der bekannten Verbrauchsdaten der letzten Jahre mit der Berechnungssoftware „ProCasaClima 2015“ ein Modell erstellt, um die verschiedenen Sanierungsoptionen zu analysieren. Im Rahmen der Kosten/Nutzen-Analyse werden ausschließlich die ökonomischen Aspekte der Sanierung beschrieben. Die Ohnehin-Maßnahmen und Eigenschaften der technischen Lösungen der einzelnen Sanierungsschritte (Auswahl der Systeme und Materialien bei Dämmung, Fenster, usw.) waren fest vorgegeben, sodass diesbezügliche keine Variantenanalyse oder ökologische Bewertung der Optionen durchgeführt wurde.

Auftraggeber dieser Studie ist das Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) der Handelskammer Bozen.

2 ÖFFENTLICHER GEBÄUDEBESTAND

2.1 Analyse der Bausubstanz in öffentlichem Besitz

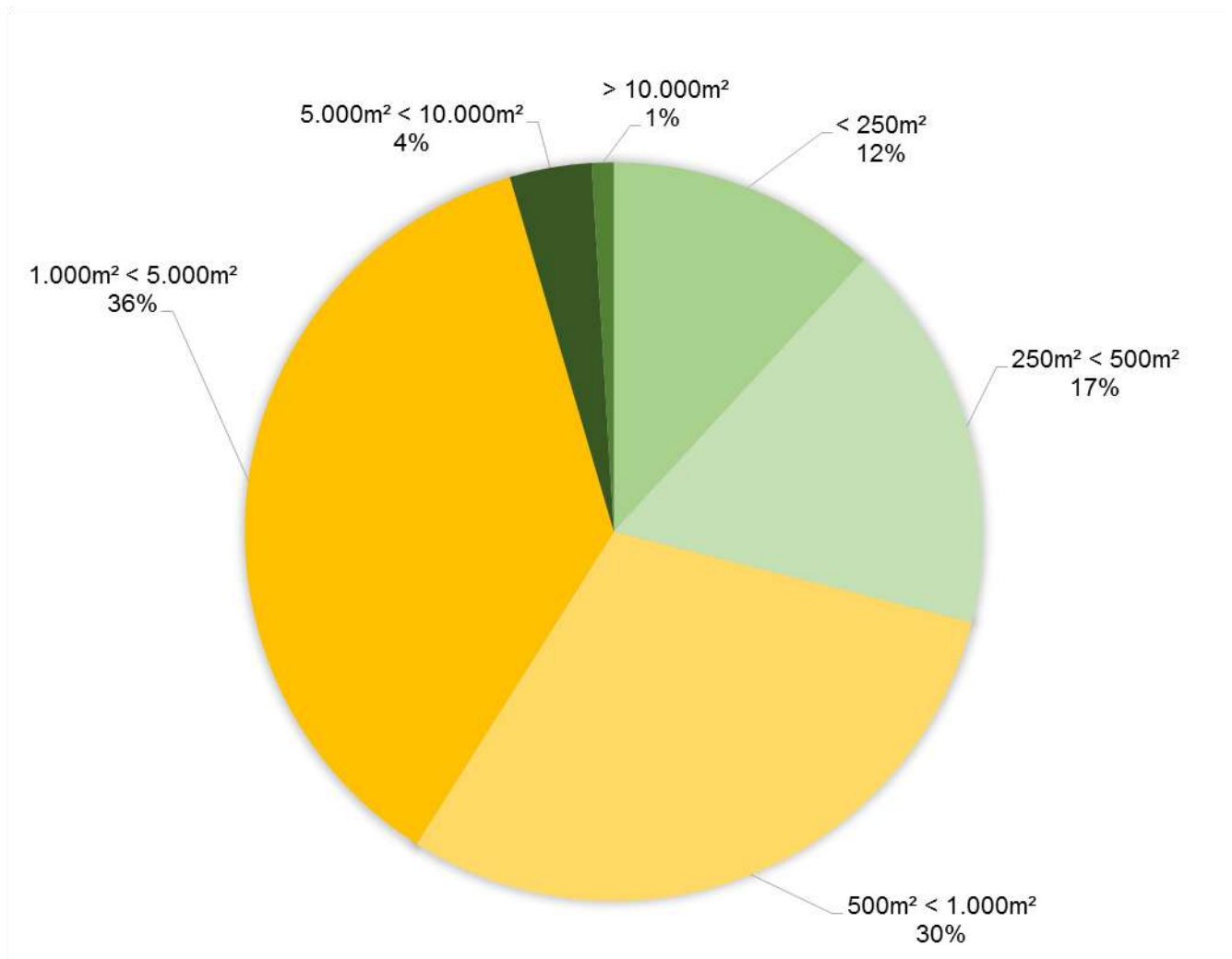
Die Untersuchung der Einflussgrößen, der allgemeinen Rahmenbedingungen und des konkreten Fallbeispiels zeigen, dass eine Vielzahl von Faktoren die Umsetzbarkeit einer effizienten und kostenoptimalen Sanierung beeinflussen. In der Ausarbeitung fallspezifischer Sanierungsszenarien ist es daher hilfreich, sich einen Gesamtüberblick über den öffentlichen Gebäudebestand zu verschaffen und das betreffende Objekt in seinen Eigenschaften mit diesem zu vergleichen.

Zur Analyse des vorhandenen Einsparungspotentials von öffentlichen Gebäuden wurden all jene Gebäude in Betracht gezogen, welche von der KlimaHaus Agentur seit 2003 zertifiziert wurden (Bestandsausweise, Neubauten, Sanierungen). Hierbei wurden für die Studie 836 Datensätze bzw. Gebäude ausgewertet. Dieser beträchtliche Datenumfang erlaubt somit eine repräsentative Untersuchung. Anzahlmäßig befinden sich diese öffentlichen Gebäude in Südtirol am häufigsten in Besitz der Gemeinden, gefolgt von der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol und dem Wohnbauinstitut WOBI. Einige wenige Gebäude sind Eigentum des Staates oder der Bezirksgemeinschaften. Bei den untersuchten Immobilien sind sämtliche Gebäudewidmungen vertreten, wie Bürogebäude, Wohngebäude, Sportstätten, Alters- und Pflegeheime, Seniorenwohnungen, Schutzhütten, Schulen, Kindergärten sowie weitere Gebäude mit öffentlichem Interesse. Angaben zur Baualterklasse der Bestandsgebäude sind in der Zertifizierungsdatenbank nicht hinterlegt.

2.2 Gebäudenutzung

Aus den Daten der 836 Gebäude wurde ermittelt, dass Wohngebäude am häufigsten vertreten sind, was auf die große Anzahl an Gebäuden des Wohnbauinstituts zurückzuführen ist. Den Datensätzen wurde in 48% der Fälle der Verwendungszweck „Mehrfamiliengebäude“ zugewiesen, am zweithäufigsten ist die (allgemeine) Gebäudenutzung „öffentliches Gebäude“ mit 19% vertreten, gefolgt von „Schule“ mit 11%. Die restlichen Gebäude sind nur marginal bzw. mit weniger als 10% vertreten.

Das durchschnittliche beheizte Bruttovolumen beträgt 7.659m^3 . Die mittlere beheizte Netto-Geschossfläche beträgt 1.232m^2 , der Median 740m^2 . Allerdings weist die Verteilung eine relativ hohe Streuung auf, das kleinste Gebäude hat eine Nettogeschossfläche von unter 50m^2 , das größte Gebäude von 29.710m^2 . Der durchschnittliche standortbezogene Heizwärmebedarf des Gebäudes beträgt $197\text{ kWh/m}^2\text{a}$, was bereits einen ersten Hinweis auf das hohe vorhandene Energieeinsparungspotential darstellt.



Grafik A: Prozentuale Verteilung der Gebäude nach beheizter Nettogeschossfläche

An dieser Stelle sei angemerkt, dass alle öffentlichen Gebäude mit einer Gesamtnutzfläche von mehr als 250 m² und starkem Publikumsverkehr entsprechend der EU-Richtlinien und der lokalen Umsetzung mit Beschluss der Landesregierung Nr. 362/2013 an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle den Energieausweis anbringen müssen. Somit kann jeder Bürger die Gesamtenergieeffizienz der jeweiligen Gebäude in Erfahrung bringen und eventuell auch mit jeder anderen Immobilie vergleichen. Diese Vorgabe dient der Sensibilisierung der Bevölkerung in Bezug auf die Umsetzung energiesparender und klimaschonender Maßnahmen.

2.3 Verwendete Energieträger - Primärenergie

Der errechnete durchschnittliche Energiebedarf alleine lässt aber noch keine Schlüsse auf die effektive Durchführbarkeit der Maßnahmen an der Bausubstanz bzw. Gebäudehülle im öffentlichen Besitz zu. Daher wurde ein besonderes Augenmerk auf die gebäudetechnischen Anlagen, die Energiebereitstellung für Heizung und Warmwasser und die jeweiligen Energieträger gelegt. Bei allen Datensätzen, welche vor 2015 in die Datenbank eingelesen wurden, ist diese Information nicht erfasst, wodurch sich die Anzahl der Datensätze mit bekanntem Energieträger für Heizzwecke von 836 um 499 auf 337 vermindert. Dies entspricht aber immer noch einer repräsentativen Datenmenge.

2.4 CO₂-Ausstoß und KlimaLand-Strategie

Ein vermeidbar hoher Energieverbrauch schlägt sich zunächst in hohen Kosten für den Unterhalt des Gebäudes nieder. Es werden Ressourcen verbraucht, die anderweitig sinnvoller eingesetzt werden könnten. Die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude hat aber nicht nur einen ökonomischen Hintergrund, sondern ist neben dem Zugewinn an Nutzungskomfort auch aus umwelttechnischer Sicht sinnvoll.

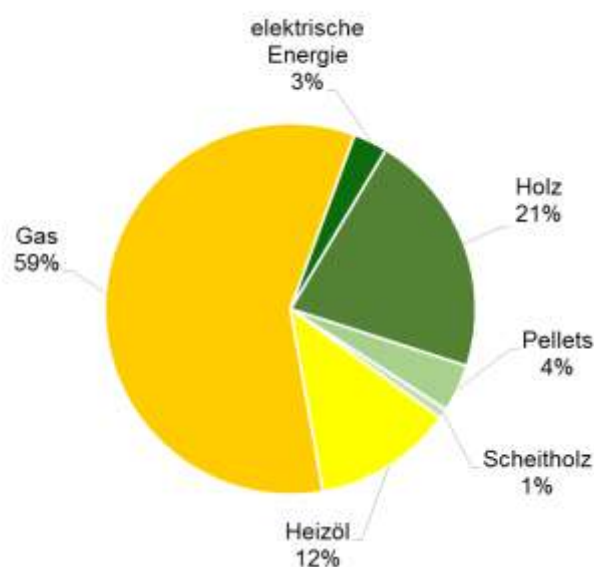
Die Ziele der europäischen Union und des Landes Südtirol sind ambitioniert: eine Verminderung des CO₂-Ausstoßes auf 1,5 Tonnen je Einwohner und Jahr und die Senkung der energetischen Dauerleistung auf 2.200 Watt pro Kopf bis 2050. Um diese Ziele erreichen zu können, ist es insbesondere auch notwendig, den Gebäudebestand zu verbessern, immerhin entfallen etwa 40% aller CO₂-Emissionen auf den Gebäudebereich. Ein niedriger Verbrauch an fossilen Brennstoffen bedeutet auch einen niedrigen Ausstoß des klimawirksamen Treibhausgases CO₂ in die Atmosphäre. Die Studie zeigt, dass durch energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und unter Beibehaltung des Brennstoffs eine erhebliche Reduzierung der CO₂-Emissionen möglich ist.

Diese Sanierungsmaßnahmen werden auch von Staat und Land gefördert, wobei hier Programme und Instrumente verschiedener Natur zur Verfügung stehen, angefangen von der steuerlichen Abschreibung bis zur direkten Fördergeldern (Conto Termico 2.0). Es ist zudem auch möglich, eine Prämie für jede nicht verbrauchte Äquivalent-Tonne Erdöl zu erhalten (TEE-, „Titoli di Efficienza Energetica, auch als „Certificati Bianchi/Weiße Zertifikate“ bekannt).

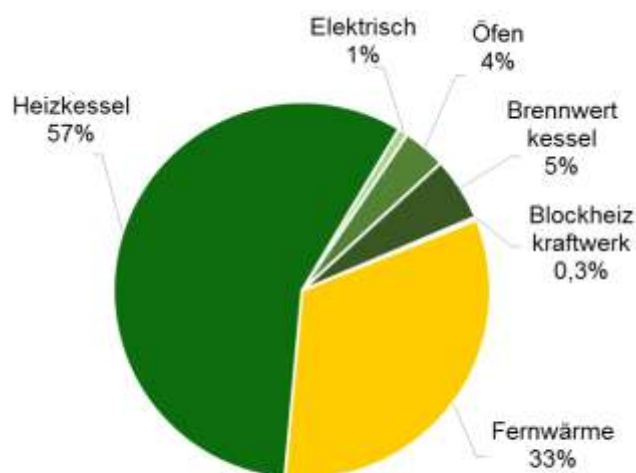
Die Provinz Bozen hat zudem EFRE Gelder zur Verfügung gestellt, um die energetische Sanierung von öffentlichen Gebäuden voranzutreiben. Auch über das EU-Projekt SINFONIA, bei dem EURAC, KlimaHaus Agentur, WOBI und die Gemeinde Bozen Projektpartner sind, werden erstmals direkte Fördergelder für energetische Gesamtanierungen bezogen. Eine detaillierte Aufzählung und Beschreibung der möglichen und verfügbaren Fördermaßnahmen würde den Rahmen des vorliegenden Dokumentes sprengen. Die öffentliche Verwaltung als Bauherr hat aber jedes Interesse, sich vor dem Umbau genauestens über die Möglichkeiten der Förderung zu informieren und somit die Amortisierungszeiten zu reduzieren.

2.5 Verwendete Energieträger

Öffentliche Gebäude verwenden laut den untersuchten Daten bei der Energieerzeugung mehrheitlich Gas als Brennstoff. Erdgas kommt in 59% der Gebäude zum Einsatz. Meist kommen dabei Heizkessel zum Einsatz, wobei moderne Brennwertkessel selten anzutreffen sind. Biomasse kommt zu 26% zum Einsatz, wobei 21% der Gebäude mit Holz (Hackgut), 4% mit Pellets und 1% mit Scheitholz befeuert werden. Der Energieträger Heizöl wird bei 12% der Anlagen verwendet, damit werden in Summe 71% der Anlagen mit fossilen Energieträgern betrieben.



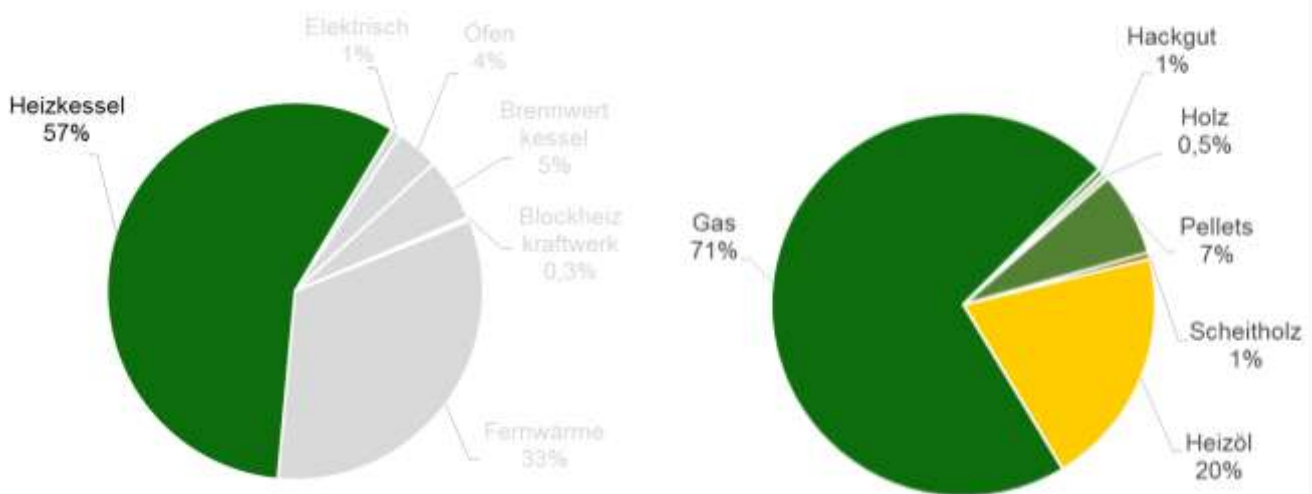
Grafik B: Veranschaulichung der prozentualen Aufteilung der verwendeten Energieträger bei öffentlichen Gebäuden



Grafik C: Darstellung der zur Anwendung kommenden Energieerzeuger bei öffentlichen Gebäuden

2.6 Energieerzeugung mit Heizkesseln

Von den insgesamt 338 analysierten Gebäuden werden 57% mit einem Heizkessel betrieben, wobei Brennwertkessel nur in 5% der Fälle zum Einsatz kommen. Daraus ergibt sich, dass aufgrund dieses hohen Prozentsatzes öffentliche Gebäude ein hohes Verbesserungspotential bergen, angefangen vom hydraulischen Abgleich bis hin zum Austausch der gesamten Heizanlage. Genauere Angaben zur installierten Leistung der einzelnen Heizkessel wurden nicht erhoben.



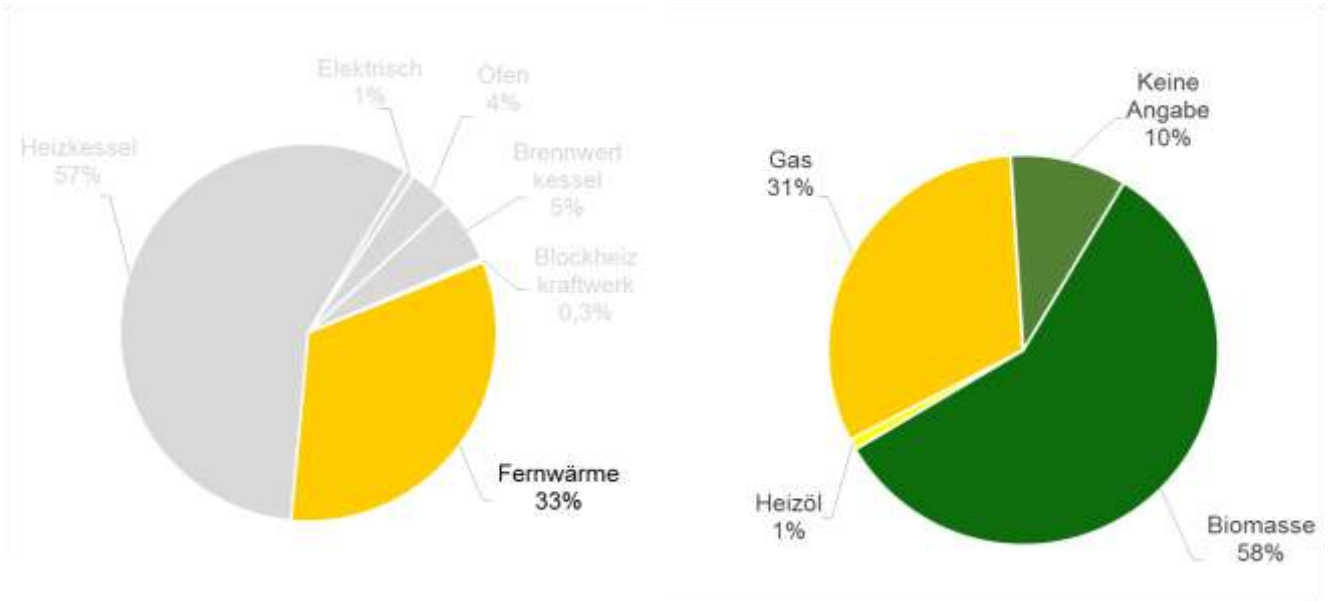
Grafik D: Der Heizkessel ist mit 57% der am häufigsten zur Anwendung kommende Energieerzeuger

Grafik E: Veranschaulichung der Energieträgeraufteilung bei der Produktion von Wärme mit Heizkesseln

Die Mehrzahl dieser Heizkessel wird mit Gas betrieben (71%). Allerdings gilt es zu beachten, dass die Befuerung mit Heizöl immer noch einen relevanten Anteil von 20% aller Heizkessel ausmacht. Biomasse wird als Energieträger für Heizkessel am wenigsten verwendet (9%), wobei Pellets (7%) wiederum den größten Anteil daran haben.

2.7 Energieerzeugung mit Fernwärme

Am zweithäufigsten kommt als Energieerzeuger Fernwärme vor, welche bei einem Drittel der betrachteten Gebäude genutzt wird. Verbrauchsbezogen werden die Fernwärmenetze in Südtirol insgesamt zu ca. 90% mit dem Energieträger Biomasse betrieben. Bei den untersuchten Gebäuden beträgt der Anteil an Biomasse 59%. Ein Drittel der Fernwärmeanlagen, die öffentliche Gebäude versorgen, verwenden fossile Brennstoffe zur Wärmeerzeugung, wobei 31% der Anlagen mit Gas betrieben wird. Lediglich bei 1% der Fernwärmeanlagen wird Heizöl als Energieträger verwendet.

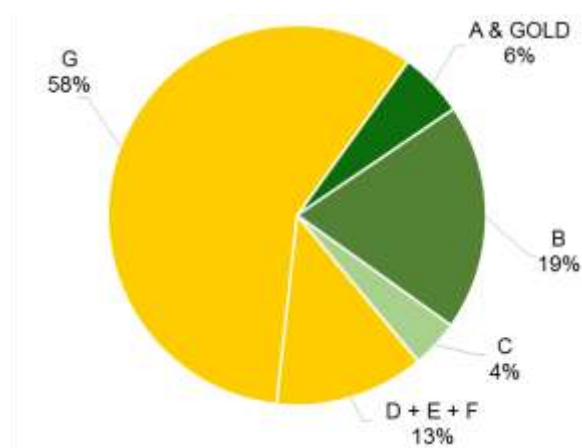


Grafik F: Fernwärme ist mit 33% der am zweithäufigsten zur Anwendung kommende Energieerzeuger

Grafik G: Veranschaulichung der Energieträgeraufteilung bei der Produktion von Wärme in Fernkraftwerken

2.8 Energieklasse der Gebäude

Betrachtet man die Energieklasse der 836 Gebäude, so ist zu erkennen, dass sich mehr als die Hälfte (58%) davon in der (schlechtesten) Energieklasse G befinden. Die restlichen Datensätze entfallen auf die Klassen A-F, wobei die Klassen A und B die Neubauzertifizierungen darstellen. Man kann davon ausgehen, dass der größte Teil bestehender öffentlicher Gebäude, welche vor Inkrafttreten der KlimaHaus – Richtlinien (2005) gebaut wurden, sich in der schlechtesten Energieklasse G befinden. Grundsätzlich ist das ökonomische Einsparungspotenzial umso größer, je schlechter die Klasse des Gebäudes in seiner Ausgangssituation ist.



Grafik H: Aufteilung der öffentlichen Gebäude nach Energieklassen

2.9 Fazit

Durch die Auswertung der KlimaHaus-Zertifizierungsdatenbank wurde eine repräsentative Statistik bezüglich des Energiebedarfs und der Energieträger von öffentlichen Gebäuden erstellt. Hervorzuheben ist, dass sich 58% der Gebäude in der Klasse G befinden und folglich bei vielen öffentlichen Gebäuden durch eine energetische Sanierung die Energiekosten für das Heizen merklich gesenkt werden können. Mit den verschiedenen Förderungsmaßnahmen lassen sich neben den geringeren Energiekosten die Amortisationszeiträume zusätzlich verkürzen.

An dieser Stelle sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass jedes einzelne Projekt unabhängig von dem im Folgenden untersuchten Fallbeispiel genauestens auf die anschließend angeführten Aspekte hin zu bewerten ist:

- Baualtersklasse
- Instandsetzungsbedarf - Zustand der Bausubstanz und der Anlagen
- Erfassung der Ohnehin-Kosten (Einrüstung, Putz, Anstrich, usw.)
- Analyse der derzeitigen und zukünftigen Nutzung
- Definition der (nicht nur energetischen) Sanierungsziele
- zu berücksichtigende Rahmenbedingungen (z.B. Denkmalschutz)
- Strategieplan der zuständigen Verwaltung (Prioritätenliste)
- zur Verfügung stehende finanzielle Mittel
- Ausschöpfung von Förderungen

Erst nach einer gründlichen Bestandsaufnahme und Klärung/Untersuchung der oben genannten Punkte kann mit der Planung und späteren Umsetzung der Arbeiten begonnen werden.

3 BESCHREIBUNG GRUNDSCHULE "JOSEF GASSER"

3.1 Aufgabenstellung

Die Agentur für Energie Südtirol – KlimaHaus wurde vom WIFO – Institut für Wirtschaftsforschung mit der Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse für die energetische Sanierung der Grundschule "Josef Gasser" in Neustift (Gemeinde Vahrn) beauftragt. Die Aufgabe umfasst die Bestandsaufnahme und energetische Diagnose im Ausgangszustand, die Ausarbeitung verschiedener Szenarien zur energetischen Verbesserung und den Vergleich der Optionen in energetischer wie wirtschaftlicher Hinsicht.

3.2 Lage und Objektbeschreibung

Die Grundschule "Josef Gasser" befindet sich der Fraktion Neustift der Gemeinde Vahrn und liegt auf etwa 600 m Höhe ü. d. M. Das Schulgebäude ist für ca. 100 Schüler ausgelegt und besteht aus einem Unterrichts- und Verwaltungstrakt, welcher sich über drei Stockwerke mit insgesamt 6 Klassenräumen erstreckt, einer umgebauten Schulwartwohnung sowie einer einstöckigen Mehrzweck-Turnhalle mit einer Dachkonstruktion in Leimbinder-Bauweise.

Das Schulgebäude steht nach Süden und Westen hin frei, wobei sich in südwestlicher Richtung, in sonniger Lage, der Schulhof befindet. Nach Norden und Osten wurde das Gebäude teilweise in den Hang gebaut. Die Bausubstanz stammt aus den Achtzigerjahren und ist gekennzeichnet durch zahlreiche konstruktive Vor- und Rücksprünge an der Fassade, sowie durch einen äußerst komplexen Dachaufbau. Das Mauerwerk der tragenden Bauteile sowie ein Großteil der äußeren Fassade besteht aus Ziegelmauerwerk und teilweise Stahlbeton. Das Dach ist eine Holzkonstruktion.

3.3 Bestandsaufnahme

Nach einem 30-jährigen Betrieb bedarf das Objekt einer außerordentlichen Instandhaltung: Die Fenster in Holzbauweise weisen Mängel auf, welche die Gebrauchstauglichkeit einschränken. Auch einige Verschattungssysteme sind nicht mehr funktionsfähig. Gravierende Bauschäden (z.B. Wassereintritte) konnten nicht ausfindig gemacht werden. In energetischer Hinsicht weist das Gebäude ein hohes Oberflächen/Volumen-Verhältnis und mehrere Wärmebrücken auf.

Folgend die Tabelle mit Angabe der bestehenden Gebäudeteile samt Mängelbeschreibung:

Gebäudeteil	Beschreibung	U-Wert/PSI-Wert	Mängel
Wandaufbau	Ziegelmauerwerk 38cm	0,86 W/(m ² K)	Außenputz
Dach	Holzkonstruktion mit 8cm Dämmung	0,39 W/(m ² K)	Keine Mängel optisch ersichtlich bzw. von der zuständigen Verwaltung mitgeteilt worden
Fenster	Holzrahmen mit Zweifachverglasung	2,7 W/(m ² K)	Abnutzungserscheinungen
Boden	Stahlbeton ungedämmt	2,6 W/(m ² K)	Eine Sanierung erscheint aus technischer und finanzieller Sicht nicht empfehlenswert
Andere Bauteile	Wärmebrücken Balkon, Auskragung usw.	0,8 – 1,0 W/(mK)	Im Zuge der Sanierung könnten Wärmebrücken wie z.B. jene der Zugangstreppe zur alten Schulwartwohnung beseitigt werden.

Die energetische KlimaHaus Berechnung des Bestandsgebäudes ergab unter Einbeziehung des Warmwasserbedarfs und der Anlagenverluste einen theoretischen Wärmeverbrauch (Endenergie) von 216 kWh/m²a. Gemäß den Verbrauchsdaten der Heizperioden 2013/2014 bzw. 2014/2015 liegt ein mittlerer tatsächlicher Verbrauch von 92,5 kWh/m²a vor. Die hohe Differenz zwischen standardisierter Bedarfsermittlung und effektivem Verbrauch erklärt sich aufgrund des spezifischen Nutzungsprofils des Nichtwohngebäudes (Schule). Dies wird im Kapitel 4.3 detailliert beschrieben.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die KlimaHaus-Berechnungssoftware Norm-konform bei Wohngebäuden (Ein-, Zwei- und Mehrfamiliengebäude) den effektiven Wärmeverbrauch aufgrund der vorgegebenen Randbedingungen sehr genau ermittelt und nicht solche Diskrepanzen wie bei Nicht-Wohngebäuden vorzufinden sind.



Nordansicht



Ostansicht



Südansicht



Westansicht

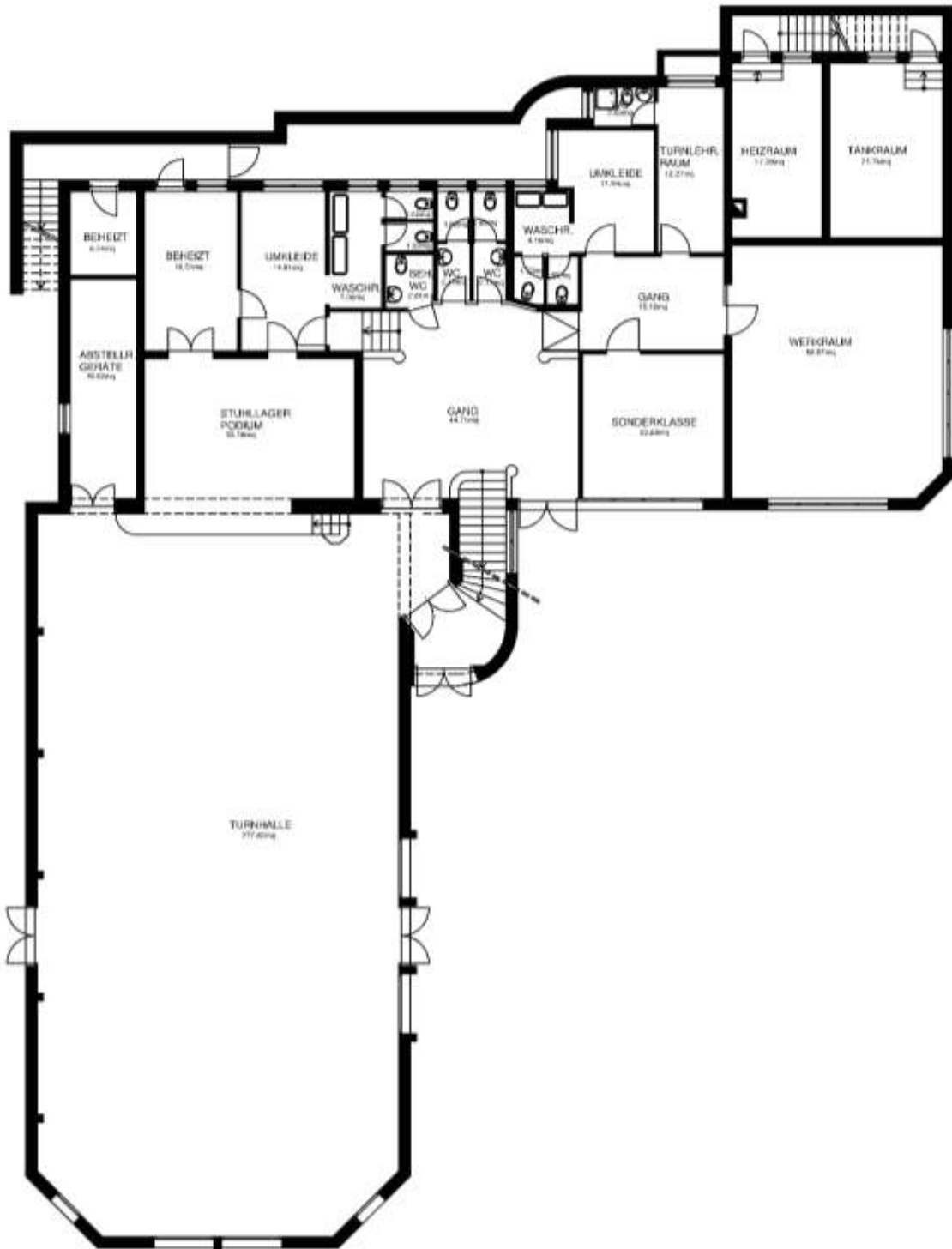


Südansicht

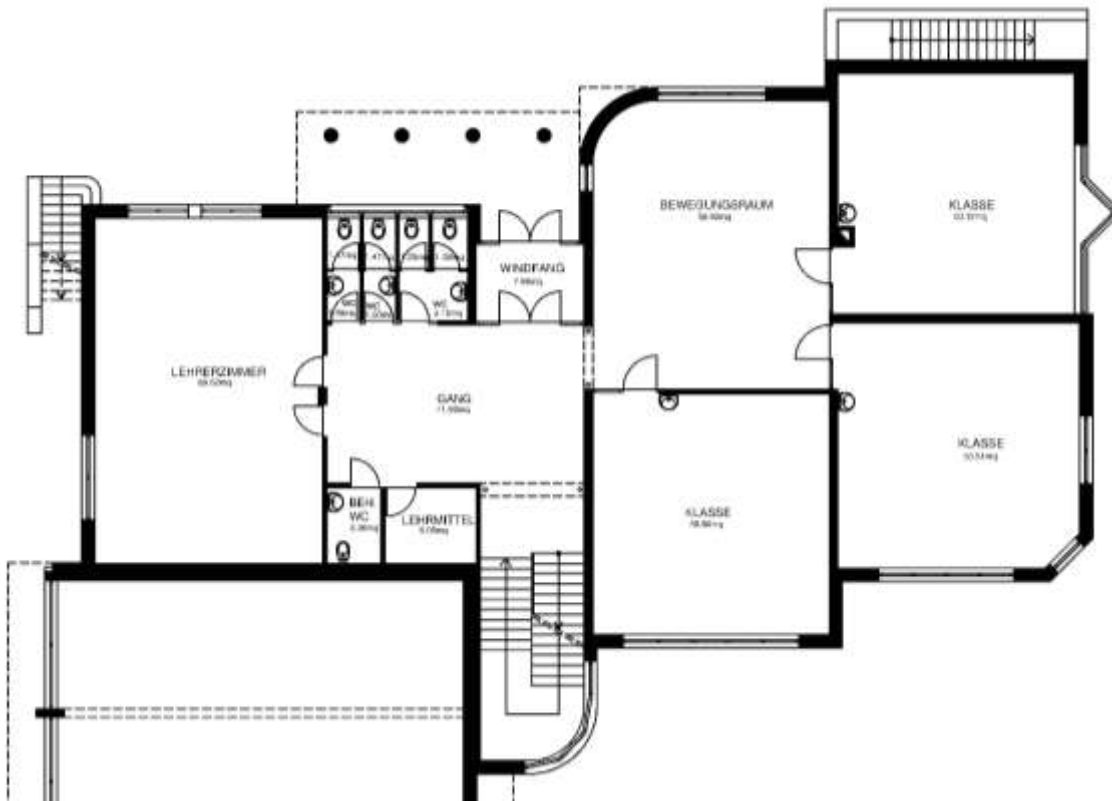


Westansicht

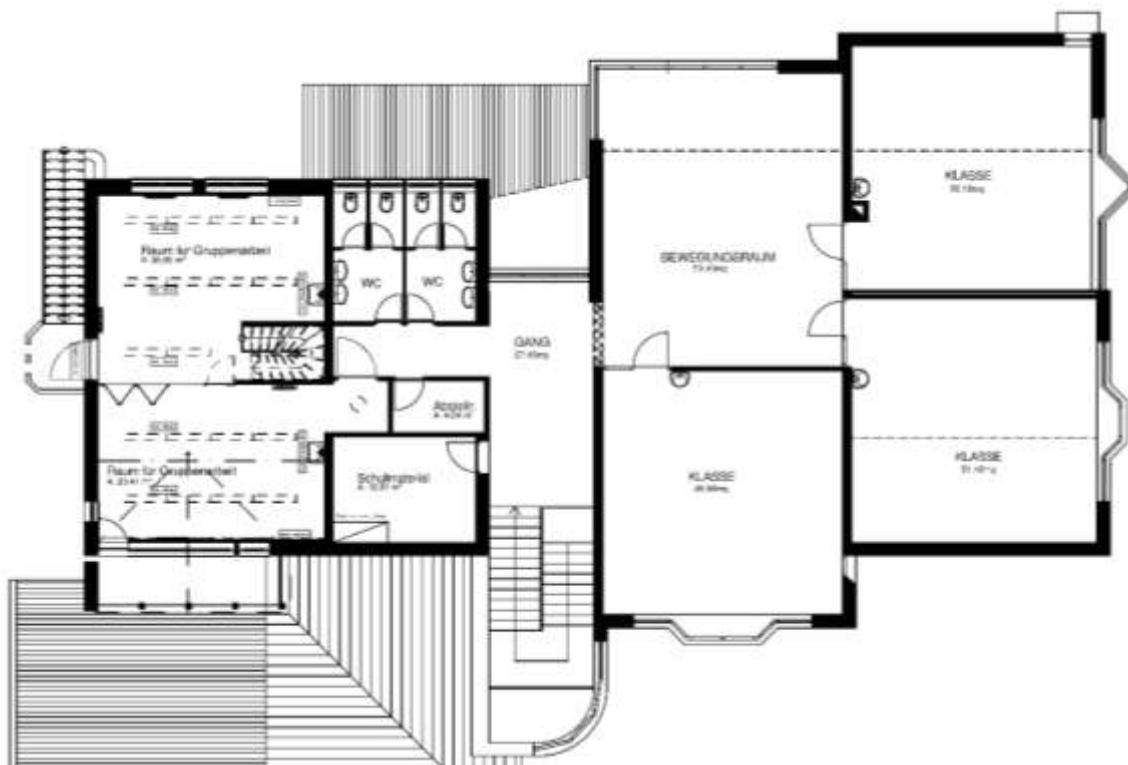
3.4 Grundriss



Grundriss A: Grundriss des Untergeschosses mit Turnhalle



Grundriss B: Grundriss des Erdgeschosses



Grundriss C: Grundriss des Obergeschosses

3.5 Heizungsanlage

Das Gebäude nutzte bis einschließlich der Heizsaison 2008 einen Heizkessel und den Energieträger Heizöl als Wärmequelle. Dieser wurde im Jahr 2008 entsorgt, als das Gebäude an das Fernwärmenetz angeschlossen wurde. Das Fernheizwerk Vahrn liegt im nahen Umfeld des Gebäudes, ist im Besitz der Gemeinde und wird mit Biomasse betrieben. Seit dem Anschluss ans Fernwärmenetz betragen die jährlichen Wärmeverbräuche des Schulgebäudes zwischen 120.000 und 130.000 kWh/a. Dieser Wert ist deutlich niedriger im Vergleich zu einem Wohngebäude mit gleich großer beheizter Nettogeschoßfläche, da eine Schule eine andere Nutzung aufweist und z.B. an Nachmittagen, am Wochenende und in den Ferien nicht oder anders genutzt wird.

Das Schulgebäude ist im Winter für drei Wochen geschlossen, wodurch der Heizbedarf im Vergleich zu einem ständig genutzten Wohngebäude geringer ausfällt. Eine Berücksichtigung der effektiven Heizstunden erfolgte durch einen entsprechenden Abgleich in der KlimaHaus-Berechnung. Die derzeitigen Wartungskosten fallen im Vergleich zu früher geringer aus, da durch den Anschluss ans Fernwärmenetz die jährliche Wartung für Kamin und Heizkessel entfällt.

4 KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE

4.1 Methodik

Die Analyse wurde in folgenden Schritten erstellt:

- Bestandsaufnahme, Datensammlung und Erhebung des Ist-Zustands
- Erfassung des derzeitigen Energieverbrauchs
- energetische Beurteilung des Bestandgebäudes
- Anpassung der Berechnungsergebnisse an das Nutzungsprofil Nichtwohngebäude
- Ausarbeitung der Sanierungsszenarien
- Erstellung der energetischen Berechnung für alle Szenarien
- Kostenberechnung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen
- Erstellung der Kosten-Nutzen-Analyse

Die energetische Bewertung wurde mithilfe der Berechnungssoftware ProCasaClima 2015 der KlimaHaus Agentur durchgeführt. Die Software beinhaltet neben der energetischen Berechnung auch ein Werkzeug zur Kosten-Nutzen-Analyse. Alle Gesamtkostenberechnungen, die mit der Software erstellt wurden, wurden auf Basis und konform der Norm EN 15459 sowie der nationalen Bestimmungen durchgeführt. Amortisierungszeiten, Zinssatzvariationen und Ähnliches sind, wie in der Norm vorgesehen, berechnet worden. Alle eventuellen Änderungen werden in diesem Bericht angemerkt (siehe folgende Punkte 4.2 und 4.3).

4.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Der Berechnung der Wirtschaftlichkeit für die zu tätige Investitionen liegen unter Berücksichtigung der aktuellen Wirtschaftslage (September 2016) folgende Annahmen zugrunde: Nominalzinssatz = 0,0%, Inflationsrate = 0,0% und Preisentwicklungsrate (Strom, Biomasse sowie fossile Energie) = 0,0%. Zudem wurde angenommen, dass die Gemeinde ausreichend Eigenkapital für die geplanten Arbeiten aufbringen kann, sodass kein Kredit aufgenommen werden muss. Eventuelle Abschläge, die bei Ausschreibungen auch im zweistelligem Prozentsatz liegen können, wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

4.3 Berechnungsprogramm

Die Software, die zur Unterstützung der energetischen Berechnung verwendet wird, wurde von der Agentur für Energie Südtirol – KlimaHaus entwickelt und ist mittlerweile sehr ausgereift. Die energetische Berechnungsmethode lehnt sich an die nationalen Normen UNI TS 11300 an, bei denen auch für Nichtwohngebäude standardisierte Verfahren zur Anwendung kommen. Die Berechnung laut Norm sieht für die gesamte Heizperiode eine 24-stündige Nutzung bei 20°C Raumtemperatur ohne Nachtabsenkung und keine anderen Verkürzungen durch die Nicht-Nutzung des Gebäudes vor. Dadurch weichen die effektiven

Nutzungszeiten des Gebäudes (Schule) von der genormten Bedarfsberechnung ab. Die Schule wird meist am Vormittag und nur an manchen Tagen auch nachmittags benutzt. Jeden Samstag und Sonntag ist das Gebäude - mit Ausnahme der Turnhalle, die auch als Mehrzweckraum der Gemeinde und von anderen Vereinen außerhalb der Schulzeiten verwendet wird - sowie für insgesamt 3 Wochen in der Heizperiode geschlossen. Darüber hinaus mindert die zusätzliche Nachtabsenkung in diesem Zeitraum den Energiebedarf beträchtlich. Die tendenziell höheren internen Wärmegewinne, in Schulen bedingt durch die vergleichsweise große Anzahl von Personen in einem Klassenraum, wurden nicht berücksichtigt, da diese sich erfahrungsgemäß mit dem erhöhten Luftwechselbedarf und den damit bedingten Wärmeverlusten ausgleichen. Am besten erklärbar ist das durch die folgende Darstellung, welche Prebound- und Rebound-Effekte aufzeigt:

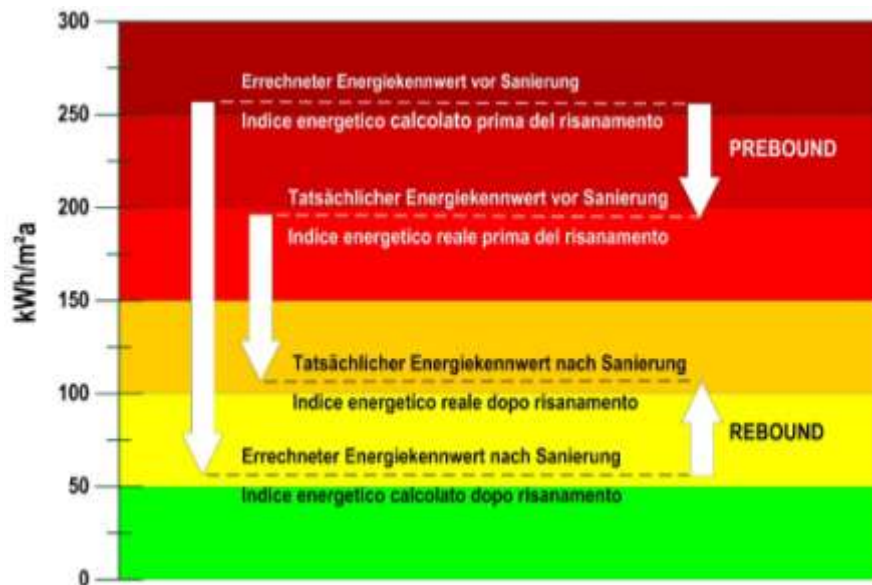


Abbildung 1: Prebound- und Rebound-Effekte

Aufgrund der Prebound- und Reboundeffekte sind häufig in der Praxis die Einsparungen geringer und die Amortisierungszeiten einer energetischen Sanierung fallen deutlich länger aus als bei der Planung angenommen. Ersterer beschreibt den Umstand, dass die tatsächlichen Verbräuche oft deutlich niedriger sind, als der in der Berechnungsnorm ermittelte theoretische Bedarf. Die Ursachen dafür sind mannigfaltig. Standardisierte Berechnungsverfahren berücksichtigen keine sozioökonomischen Effekte und unterscheiden nicht zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden und den daraus resultierenden unterschiedlichen Nutzungsprofilen. Am Beispiel einer Schule haben nicht alle Räume die Standard-Raumtemperatur von 20°C (Turnhallen, Archive, gänzlich unbeheizte Räume, usw.), Nachtabsenkungen werden ebenso wenig berücksichtigt wie die reduzierte bzw. Nichtnutzung an Nachmittagen, Wochenenden und an schulfreien Tagen. Auch der Warmwasserbedarf ist nicht mit dem eines Wohngebäudes zu vergleichen. Rebound-Effekte

hingegen sind verantwortlich dafür, dass Effizienzsteigerungen teilweise wieder zunichtegemacht werden. Man spricht vom ökonomischen Rebound-Effekt, wenn die Verbilligung von Energie zu einem Mehrkonsum führt. Im Haushalt wirkt sich das beispielsweise auf die Anzahl der betriebenen Geräte und deren Nutzungsintensität aus. Auch die Anhebung der Komfortverhältnisse zählt dazu, wenn aufgrund niedriger spezifischer Energiekosten die Raumtemperatur im Winter um einige Grade erhöht und im Sommer mit einer Klimaanlage gesenkt wird. Jede Anhebung der Raumtemperatur um ein Grad führt zu etwa 6 Prozent mehr Energiekosten. Voraussetzung für diesen Effekt, der aus einer Änderung des Konsumverhaltens resultiert, ist die bewusste Wahrnehmung der Verbilligung.

Von strukturellem Rebound spricht man beispielsweise, wenn im Zuge einer energetischen Sanierung mehr Wohnraum geschaffen wird, indem man z.B. das Dachgeschoss ausbaut. Da der zusätzliche Wohnraum geheizt oder auch gekühlt werden muss, werden die spezifischen Effizienzsteigerungen in der Summe wieder teilweise oder ganz kompensiert.

Technische Rebound-Effekte können sich bei einer energetischen Sanierung beispielsweise dann einstellen, wenn zwar der Heizwärmebedarf stark gesenkt, aber die alte Heizanlage beibehalten wird. Aufgrund der schlechten Abstimmung auf den reduzierten Bedarf (Überdimensionierung) taktet die Heizanlage zu oft und läuft im Teillastbetrieb, was zu einem schlechteren Heizungswirkungsgrad führt.

Diese Nutzungsbesonderheiten wurden nachträglich in der Analyse berücksichtigt. Die berechneten Heizstunden wurden den effektiven Verbrauchsdaten gegenübergestellt und führten zu einer Reduktion des rechnerisch angenommenen Verbrauchs auf 43%. Die Abweichung wurde über einen empirischen Anpassungsfaktor in der Berechnung berücksichtigt.

Zur Berücksichtigung der oben genannten Umstände kam folgende Formel zur Anwendung:

$$\frac{EV}{RV} = \frac{125.000 \text{ kWh/a}}{292.372 \text{ kWh/a}} = 0,4275 \Rightarrow \sim 43\%$$

EV	EV=Effektiver Verbrauch	125.000 kWh/a
RV	RV=Rechnerisch angenommener Verbrauch	292.372 kWh/a

Anpassungsfaktor= 0,4275

4.4 Szenarien für die Kosten-Nutzen-Analyse

Für die Kosten-Nutzen-Analyse wurden verschiedene Sanierungsszenarien ausgearbeitet und deren Kostenpunkt und ökonomische Sinnhaftigkeit in Betracht gezogen. Aufgrund der anstehenden außerordentlichen Instandhaltung des Schulgebäudes haben Schulleitung und Gemeindeverwaltung beschlossen, Erneuerungsmaßnahmen am Gebäude durchzuführen. Diese umfassen die Sanierung der Außenbauteile, den Austausch der Fenster und deren Verschattungen sowie weiterer notwendiger Wartungsarbeiten. Für all diese Arbeiten ist ein Gerüst notwendig. Zudem fallen die damit verbundenen Kosten für die Erschließung und die Einrichtung der Baustelle, die Ausstellung der Baukonzession, die Anschaffung von Hebemitteln, die Ernennung des Sicherheitskoordinators und andere damit verbundene Arbeiten an.

Diese Positionen werden in der Analyse als Ohnehin-Kosten betrachtet, Kosten, die im Zuge der Sanierung ohnehin und unabhängig von einer energetischen Verbesserung anstehen. Aus folgendem Ausschnitt der Studie: Energetische Gebäudesanierung in Bayern von der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (vbw) ist klar ersichtlich, dass die Sowieso-Kosten (diese entsprechen in unserer Analyse den Ohnehin-Kosten) im Verhältnis zu den energetischen Sanierungskosten in allen Baualterklassen mehr als 2/3 der Gesamtkosten ausmachen.

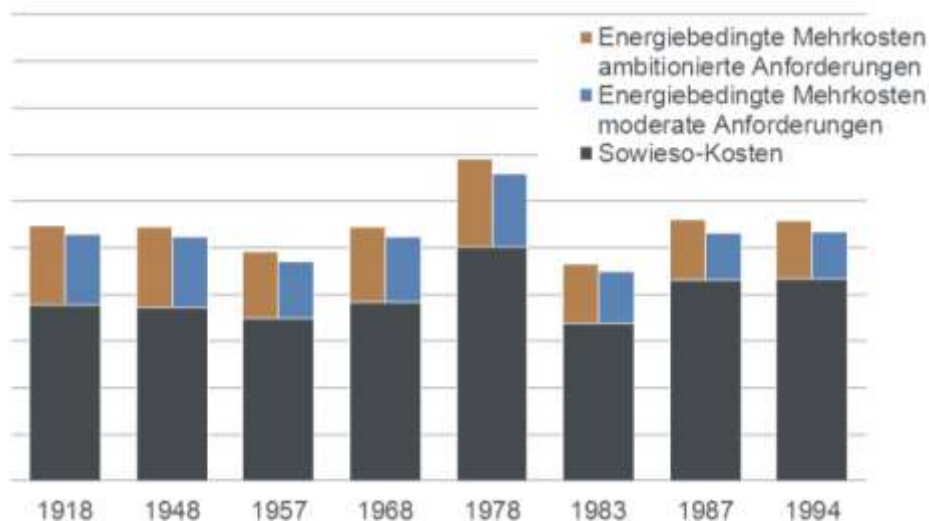


Abbildung 2: Gegenüberstellung der „Ohnehin-Kosten“ mit den Mehrkosten für die energetische Sanierung

Die erste Analyse umfasst verschiedene Szenarien, in denen die Stärke der angebrachten Dämmung, der Austausch der Fenster und der eventuelle Einbau einer mechanischen Lüftung betrachtet wurden. Im Zuge der weiteren Untersuchung und auf Basis von Erfahrungswerten wurden einige Szenarien als nicht technisch sinnvoll oder nicht wirtschaftlich betrachtet, wobei die außerordentliche Instandhaltung (Ohnehin-Kosten) als Richtszenario definiert wurde und anfallenden Kosten zur Erstellung und Erschließung der Baustelle als Ausgangslage für die Kosten-Nutzen-Rechnung dient und die Minimalvariante darstellt. Somit wurden folgende Szenarien in Betracht gezogen:

1. Fenstertausch und Ohnehin-Kosten (Basisvariante)
2. 16cm Mineralwolle; Fenstertausch und Ohnehin-Kosten
3. Wohnraumlüftung; 16cm Mineralwolle; Fenstertausch und Ohnehin-Kosten

Alle folgenden angeführten Investitionskosten wurden aus der Kostenschätzung der Gemeinde Vahrn für die Sanierung der Immobilie sowie aus dem Landesrichtpreisverzeichnis herangezogen. All diese Posten mit Kostenangaben verstehen sich samt Einberechnung technischer Spesen für Bauleitung sowie Sicherheitskoordination, Sozialversicherungsbeiträge und Mehrwertsteuer.

4.5 Nullvariante: Ohnehin-Kosten

Diese Variante sieht nur die ordentliche Instandhaltung, sprich geringfügige Eingriffe an der Gebäudehülle (Ausbesserung Außenanstrich; Türenaustausch, Erneuerung der mobilen Verschattung) vor. Hierbei müssten auch die Fenster wie bei der darauffolgenden Variante (Fenstertausch und Ohnehin-Kosten) berücksichtigt werden, da diese auch laut Auskunft der zuständigen Verwaltung auf alle Fälle ausgetauscht werden sollen. Um jedoch zu verdeutlichen, inwiefern es sich auszahlt, bei entsprechenden notwendigen Instandhaltungsarbeiten auch eine energetische Sanierung in Erwägung zu ziehen, wurde diese Variante trotzdem angeführt. Die Kosten für diese energetische „Null“-Variante belaufen sich auf 149.862,23€.

Durch den Türenaustausch ergibt sich eine kleine Senkung des Endenergiebedarfs von 92,5 kWh/m²a auf 90,7 kWh/m²a. Daraus ergibt sich eine Verbesserung von 2%.

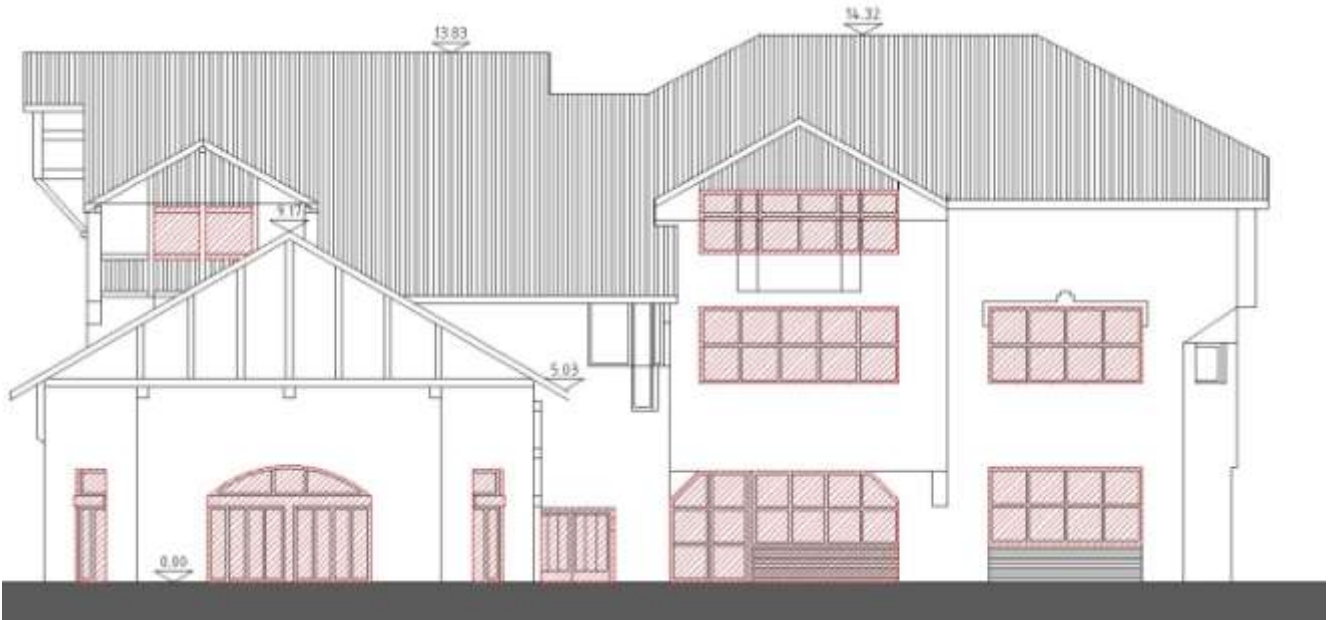
Auflistung Eingriffe Variante 0: Ohnehin-Kosten (sog. „energetische Null-Variante“)	
Ohnehin-Kosten: Austausch der Türen, Ausbesserungen des Innenanstrichs, Erneuerung der mobilen Verschattung	134.352,81 €
Ordentliche Instandhaltungsarbeiten an den Gebäudefassaden:	15.509,42 €
Gesamtsumme Investitionskosten:	149.862,23 €

4.6 Variante 1: Fenstertausch und Ohnehin-Kosten

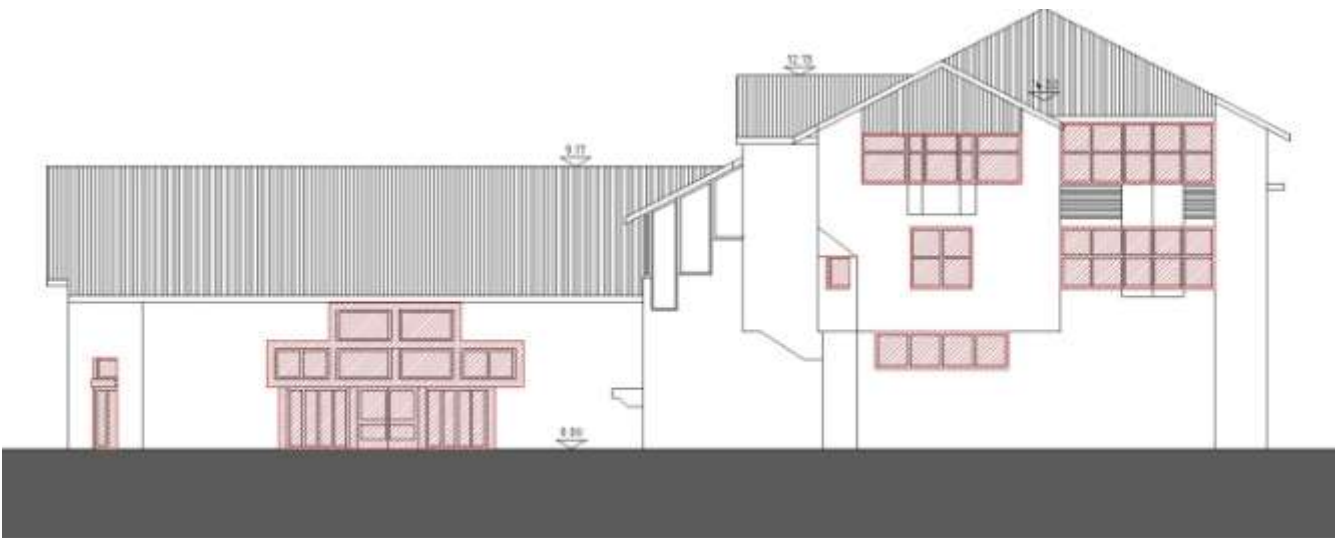
Diese Variante sieht nur den Austausch der Fenster sowie einige Wartungsarbeiten an der Gebäudefassade vor. Die Variante 1 ist die minimale Variante für die weiteren Vergleiche, da die Dichtheit und die Funktionalität der Fenster nicht mehr gewährleistet ist und somit deren Austausch unumgänglich ist. Die Verschattungssysteme sind teilweise beschädigt und nicht funktionsfähig und müssen ersetzt werden. Diese Instandhaltungsarbeiten erfordern den Aufbau eines Gerüsts sowie die Einrichtung einer Baustelle. Bei den für die Sanierung vorgesehenen Fenstern handelt es sich um Fenster in Holz-Aluminium. Die Kosten für diese Variante belaufen sich auf 311.381,54 €.

Der Fensteraustausch ermöglicht eine Reduzierung des Endenergiebedarfs von 90,7 kWh/m²a auf 75,5 kWh/m²a. Daraus ergibt sich eine Verbesserung von 17%.

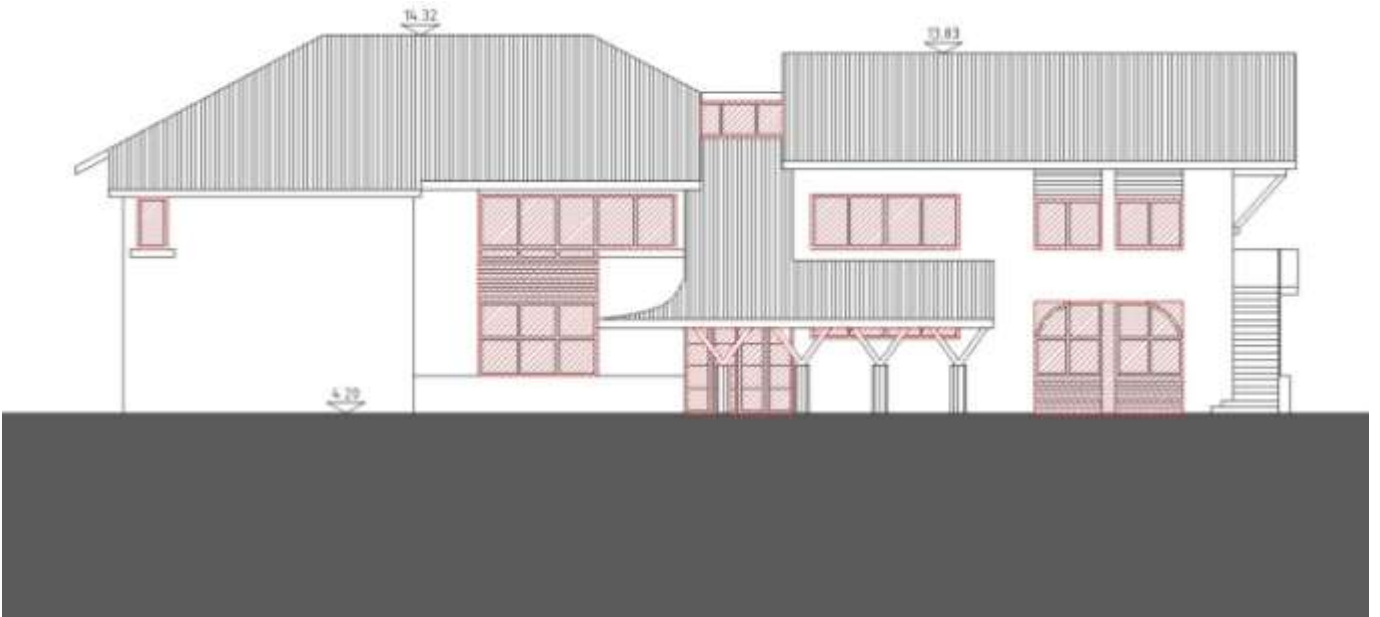
Auflistung Eingriffe Variante 1: Fenstertausch und Ohnehin-Kosten	
Fenstertausch: Rahmen aus Holz-Aluminium. Fenster Element aus Fichte außenseitig mit Aluminium verkleidet, bestehend aus einer Festverglasung bzw. Dreh/Kippflügel mit innerer Verkleidung der Fensterlaibung. 3-Scheiben Wärmeisolierverglasung, Fensterbrett außen Aluminium pulverbeschichtet, Rahmen innen Fichte, Fensterbrett innen Eiche, Uf-Wert Rahmen max 0,8 W/m ² K, Ug-Wert Glas max. 0,5 W/m ² K, G-Wert Glas min. 0,48; Lichttransm.min.65%	161.519,31 €
Ohnehin-Kosten: Austausch der Türen, Ausbesserungen des Innenanstrichs, Erneuerung der mobilen Verschattung	134.352,81 €
Ordentliche Instandhaltungsarbeiten an den Gebäudefassaden:	15.509,42 €
Gesamtsumme Investitionskosten:	311.381,54 €
Förderung GSE (Conto Termico) für Fenstertausch:	70.200,00 €



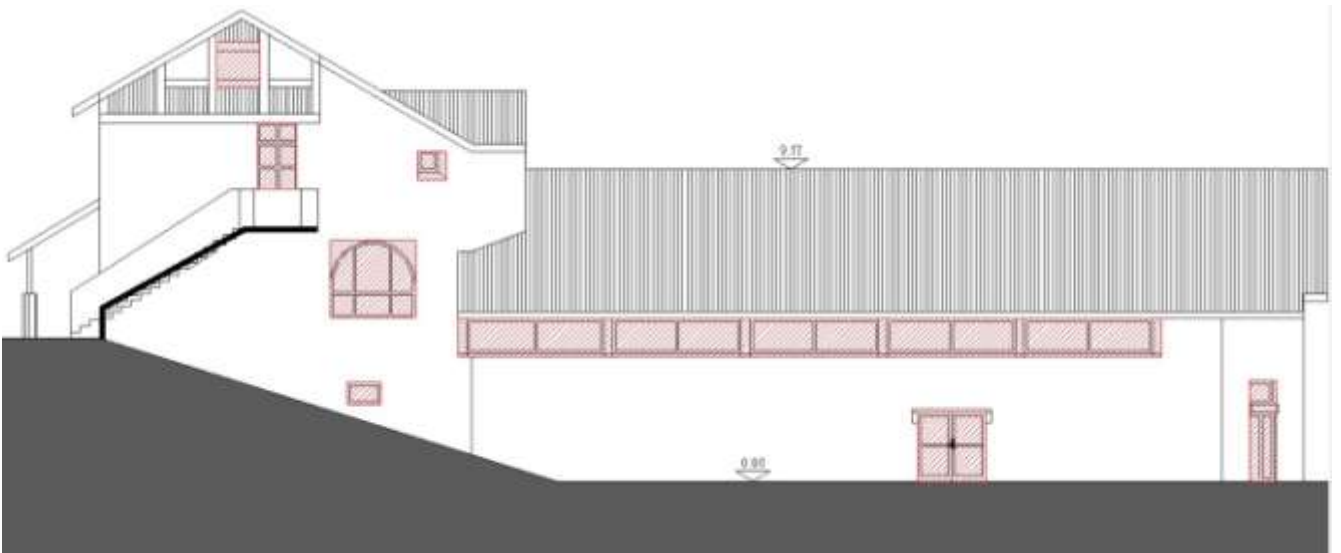
Skizze A: Westansicht des Gebäudes; rote Schraffur – auszutauschende Fenster



Skizze B: Südansicht des Gebäudes; rote Schraffur – auszutauschende Fenster



Skizze C: Ostansicht des Gebäudes; rote Schraffur – auszutauschende Fenster

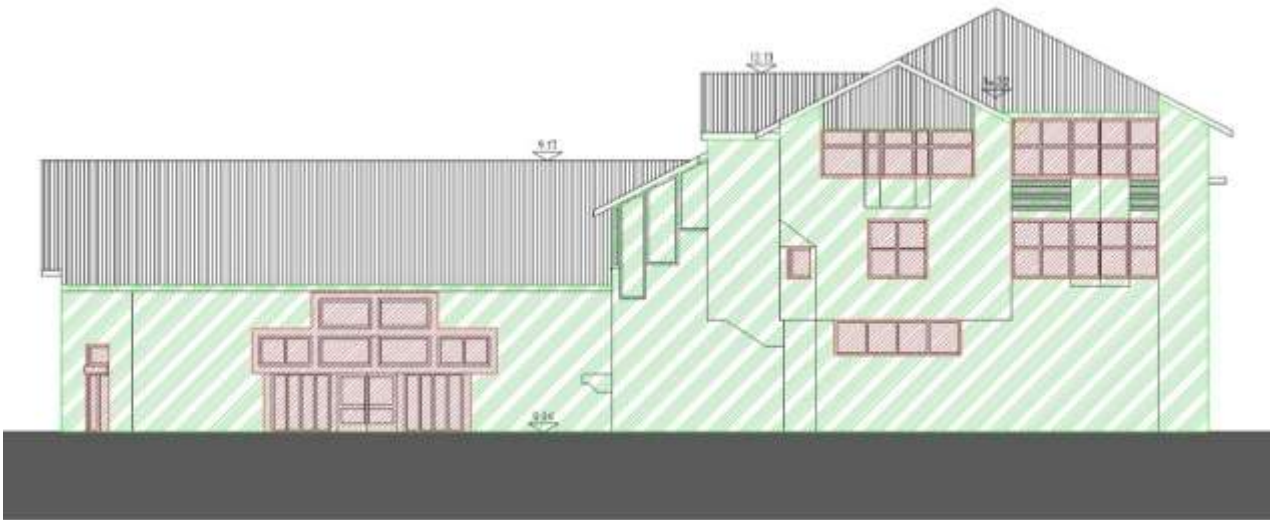


Skizze D: Nordansicht des Gebäudes; rote Schraffur – auszutauschende Fenster

4.7 Variante 2: Mineralwolle, Fenstertausch und Ohnehin-Kosten

Diese Variante beinhaltet alle Positionen der letzten Variante und sieht zusätzlich die energetische Optimierung der Gebäudehülle durch die Anbringung von Mineralwolle-Dämmmaterial mit einer Stärke von 16 cm an der Außenseite der Wände vor, das als Wärmedämmverbundsystem fachgerecht auszuführen ist. Dieser Eingriff ergibt eine Senkung des Endenergiebedarfs von 75,5 kWh/m²a auf 47,8 kWh/m²a und somit eine Verbesserung der energetischen Performance um 37 %. Bei dem eingesetzten Dämmmaterial handelt es sich um Mineralwolle-Dämmplatten mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda=0,036$ W/mK.

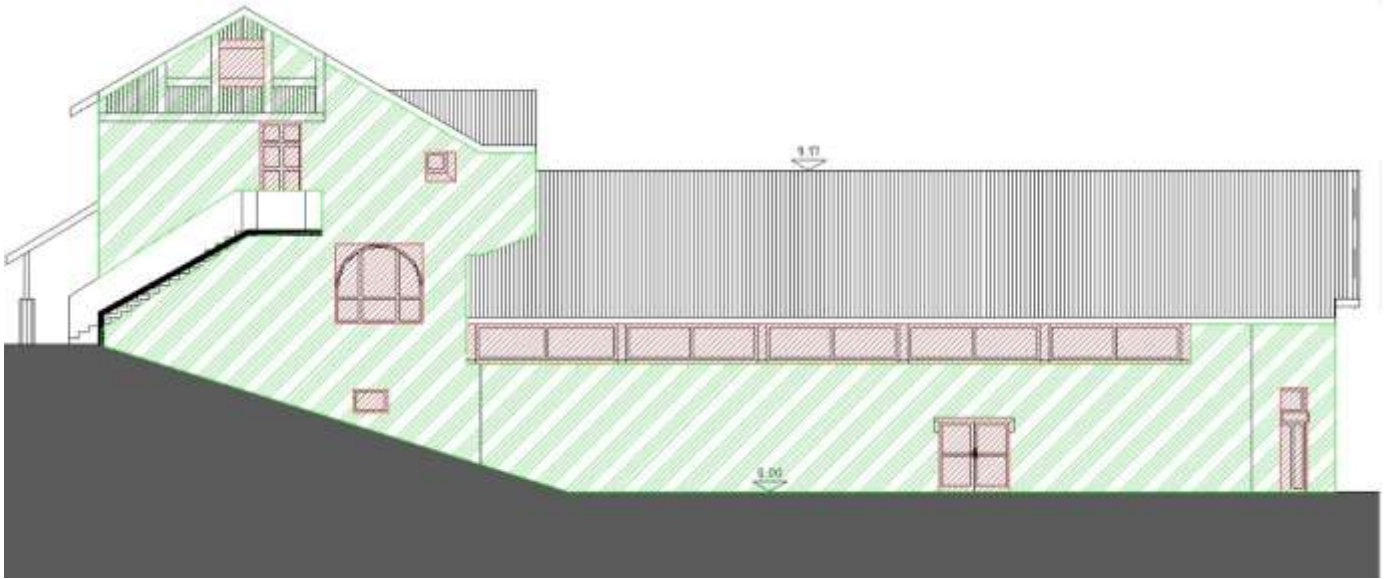
Auflistung Eingriffe 2. Variante: 16 cm Mineralwolle, Fenstertausch und Ohnehin-Kosten	
16 cm Mineralwolle: Vollwärmeschutz, gemäß den europäischen technischen Richtlinien ETAG 004 für Wärmedämmverbundsysteme mit Verputz bestehend aus: Mineralwoll-Dämmplatten MW-PT, konform mit der Norm UNI EN 13162 mit CE 1163-CPD-0147-Kennzeichnung mit folgenden Eigenschaften: Maße der Platten 60x100 cm, variable Dichte 90-150 kg/m ³ , Wärmeleitfähigkeit $\lambda=0,036$ W/mK, laut UNI EN 12667 und UNI EN 10351. Brandklasse A1, laut UNI EN 13501-1, Dampfdiffusion ca 1, laut UNI EN 12086, Druckfestigkeit > 23 kPa, verlegt nach Vorgaben der Lieferfirma. Erste Verspachtelung mittels lt. Plattenlieferant geeignetem Material, Gittergewebe, zweite Verspachtelung, Voranstrich, Schlussbeschichtung aus Silikat. Vollwärmeschutz der Sockelbereiche mit 16 cm XPS mit wasserabdichtendem Kleber liefern und verkleben, FCKW-frei, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK, schwer entflammbar. Die Sockeldämmung ist im Spritzwasserbereich und auf die zu dämmende Fläche im Erdreich, mindestens ca. 20 cm unter der späteren Geländeoberkante auszuführen. Endbeschichtung Silikatputz als Systemkomponente des gesamten Wärmedämmverbundsystems. Oberflächenbehandlung: WDVS-Oberputz auf Silikonharz/Silikat-Basis, Kornstärke 4mm, mit hochwertigen Marmorsanden, Weiß oder hell, mit rostfreier Stahltraufel aufgezogen, Mindestdicke entsprechend der angegebenen Korngröße und strukturiert, inkl. volldeckender Voranstrich mit Putzgrund.	104.734,44 €
Fenstertausch: Rahmen aus Holz-Aluminium. Fensterelement aus Fichte außenseitig mit Aluminium verkleidet, bestehend aus einer Festverglasung bzw. Dreh/Kippflügel mit innerer Verkleidung der Fensterlaibung. 3-Scheiben-Wärmeisolierverglasung, Fensterbrett außen Aluminium pulverbeschichtet, Rahmen innen Fichte, Fensterbrett innen Eiche, Uf-Wert Rahmen max 0,8 W/m ² K, Ug-Wert Glas max. 0,5 W/m ² K, G-Wert Glas min. 0,48; Lichttransm.min.65%	161.519,31 €
Ohnehin-Kosten: Austausch der Türen, Ausbesserungen des Innenanstrichs, Erneuerung der mobilen Verschattung	134.352,81 €
Gesamtsumme Investitionskosten:	400.606,56 €
Förderung GSE (Conto Termico) für Fenstertausch und Wärmedämmung:	122.200,00 €



Skizze E: Südansicht des Gebäudes, rote Schraffur: Austausch Fenster; grüne Schraffur: Dämmung - WDVS



Skizze F: Ostansicht des Gebäudes, rote Schraffur: Austausch Fenster; grüne Schraffur: Dämmung - WDVS



Skizze G: Nordansicht des Gebäudes, rote Schraffur: Austausch Fenster; grüne Schraffur: Dämmung - WDVS



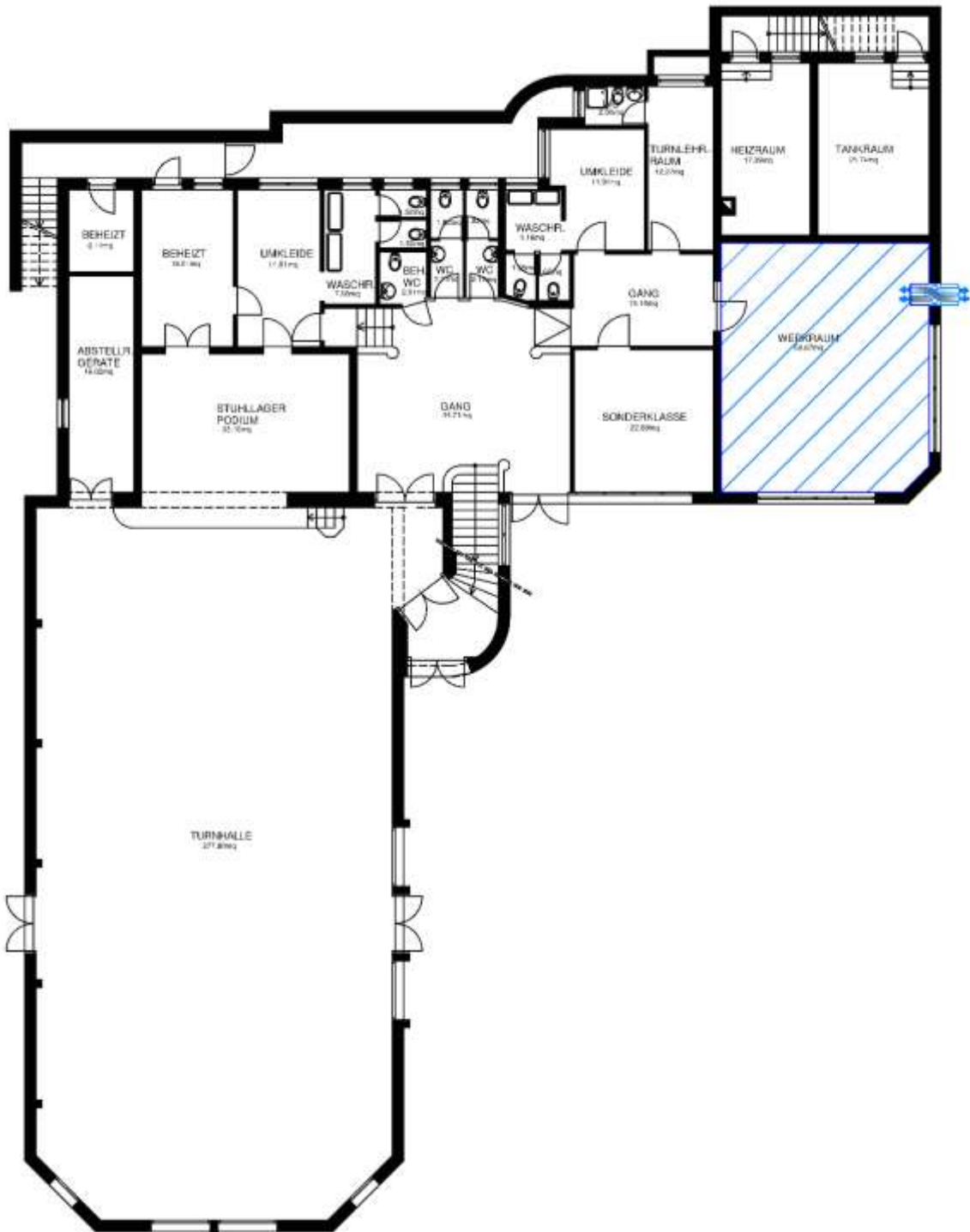
Skizze H: Westansicht des Gebäudes, rote Schraffur: Austausch Fenster; grüne Schraffur: Dämmung - WDVS

4.8 Variante 3: Wohnraumlüftung, Mineralwolle, Fenstertausch und Ohnehin-Kosten

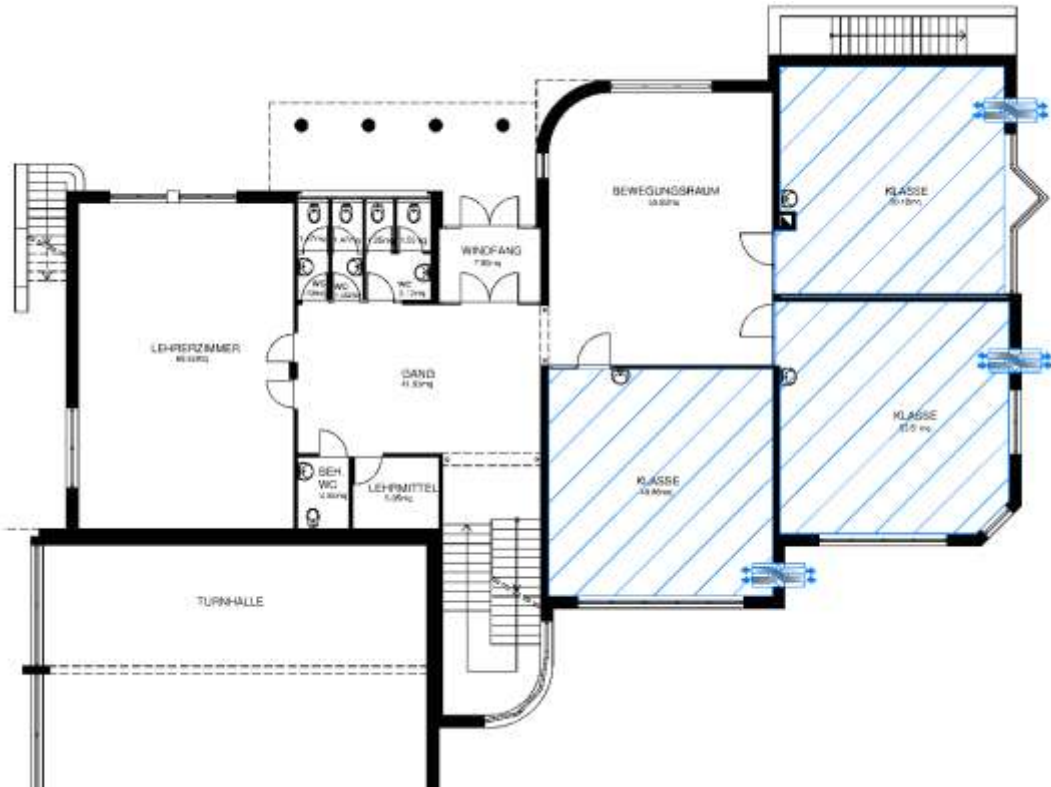
Diese Variante beinhaltet neben den durchgeführten Arbeiten der vorherigen Variante auch zusätzlich die Installation von insgesamt 7 mechanischen Belüftungsgeräten, davon befinden sich 6 in den Klassenräumen und eines im Werkraum. Durch den Eingriff ergibt sich eine Verringerung des standortbezogenen Endenergiebedarfs von 47,8 kWh/m²a auf 43,0 kWh/m²a. Dies entspricht einer nochmaligen Energieeinsparung von 10%.

Auflistung Eingriffe Variante 3: Wohnraumlüftung; 16 cm Mineralwolle, Fenstertausch und Ohnehin-Kosten	
Wohnraumlüftung: Dezentrales Lüftungsgerät zur Wand- oder Deckenmontage mit Wärmerückgewinnung inkl. vorprogrammierter Regelung, Wirkungsgrad des Gegenstromwärmetauschers bis zu 90%, Temperaturfühler im Zuluft- bzw. Abluftstutzen, inklusive Gerätezubehör (Wasserheizregister, Absperrklappe, Kondensatpumpe, Wetterschutzgitter, Bedieneinheit, CO ₂ -Sensor und Präsenzmelder)	81.564,15 €
16 cm Mineralwolle: Vollwärmeschutz, gemäß den europäischen technischen Richtlinien ETAG 004 für Wärmedämmverbundsysteme mit Verputz bestehend aus: Mineralwoll-Dämmplatten MW-PT, konform mit der Norm UNI EN 13162 mit CE 1163-CPD-0147-Kennzeichnung mit folgenden Eigenschaften: Maße der Platten 60x100 cm, variable Dichte 90-150 kg/m ³ , Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{mbda}}=0,036$ W/mK, laut UNI EN 12667 und UNI EN 10351. Brandklasse A1, laut UNI EN 13501-1, Dampfdiffusion ca 1, laut UNI EN 12086, Druckfestigkeit > 23 kPA, verlegt nach Vorgaben der Lieferfirma. Erste Verspachtelung mittels lt. Plattenlieferant geeignetem Material, Gittergewebe, zweite Verspachtelung, Voranstrich, Schlussbeschichtung aus Silikat. Vollwärmeschutz der Sockelbereiche mit 16 cm XPS mit wasserabdichtendem Kleber liefern und verkleben, FCKW-frei, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/mK, schwer entflammbar. Die Sockeldämmung ist im Spritzwasserbereich und auf die zu dämmende Fläche im Erdreich, mindestens ca. 20 cm unter der späteren Geländeoberkante auszuführen. Endbeschichtung Silikatputz als Systemkomponente des gesamten Wärmedämmverbundsystems. Oberflächenbehandlung: WDVS-Oberputz auf Silikonharz/Silikat-Basis, Kornstärke 4mm, mit hochwertigen Marmorsanden, Weiß oder hell, mit rostfreier Stahltraufel aufgezogen, Mindestdicke entsprechend der angegebenen Korngröße und strukturiert, inkl. volldeckender Voranstrich mit Putzgrund.	104.734,44 €
Fenstertausch: Rahmen aus Holz-Aluminium. Fensterelement aus Fichte außenseitig mit Aluminium verkleidet, bestehend aus einer Festverglasung bzw. Dreh/Kippflügel mit innerer Verkleidung der Fensterlaibung. 3-Scheiben-Wärmeisolierverglasung, Fensterbrett außen Aluminium pulverbeschichtet, Rahmen innen Fichte, Fensterbrett innen Eiche, Uf-Wert Rahmen max 0,8 W/m ² K, Ug-Wert Glas max. 0,5 W/m ² K, G-Wert Glas min. 0,48; Lichttransm.min.65%	161.519,31 €
Ohnehin-Kosten: Austausch der Türen, Ausbesserungen des Innenanstrichs, Erneuerung der mobilen Verschattung	134.352,81 €
Gesamtsumme Investitionskosten: (entspricht Kostenschätzung der Gemeinde Vahrn)	482.170,71 €

Förderung GSE (Conto Termico) für Fenstertausch und Wärmedämmung:	122.200,00 €
---	--------------



Skizze I: Untergeschoss des Gebäudes, Farbe Blau: Lüftungsgerät und belüfteter Werkraum in diesem Stockwerk



Skizze J: Erdgeschoss des Gebäudes, Farbe Blau: Lüftungsgeräte und belüftete Klassenräume in diesem Stockwerk



Skizze K: Obergeschoss des Gebäudes, Farbe Blau: Lüftungsgeräte und belüftete Klassenräume in diesem Stockwerk

4.9 Betrachtung bei unterschiedlichen ökonomischen Rahmenbedingungen

In den folgenden Tabellen wurde die Kosten-Nutzen-Analyse mit unterschiedlichen Parameterwerten für Marktzins und Inflation durchgerechnet:

			Σ Kosten nach 30 Jahren	Differenz
M1	Marktzins=0,0%	Variante 1	663.632 €	-
		Variante 2	623.673 €	-
	Inflation=0,0%	Variante 3	761.215 €	-
M2	Marktzins=1,0%	Variante 1	592.692 €	70.940 €
		Variante 2	578.750 €	44.924 €
	Inflation=0,5%	Variante 3	709.238 €	51.976 €
M3	Marktzins=2,0%	Variante 1	537.192 €	126.440 €
		Variante 2	543.604 €	80.070 €
	Inflation=1,0%	Variante 3	668.252 €	92.962 €
M4	Marktzins=3,0%	Variante 1	538.166 €	125.466 €
		Variante 2	544.220 €	79.453 €
	Inflation=2,0%	Variante 3	668.975 €	92.240 €

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
M1	663.632 €	623.673 €	761.215 €
M2	592.692 €	578.750 €	709.238 €
M3	537.192 €	543.604 €	668.252 €
M4	538.166 €	544.220 €	668.975 €

Mit Berücksichtigung der Förderungen GSE (Conto Termico) kommen folgende Gesamtkosten nach 30 Jahren zustande:

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
M1	593.432 €	501.473 €	639.015 €

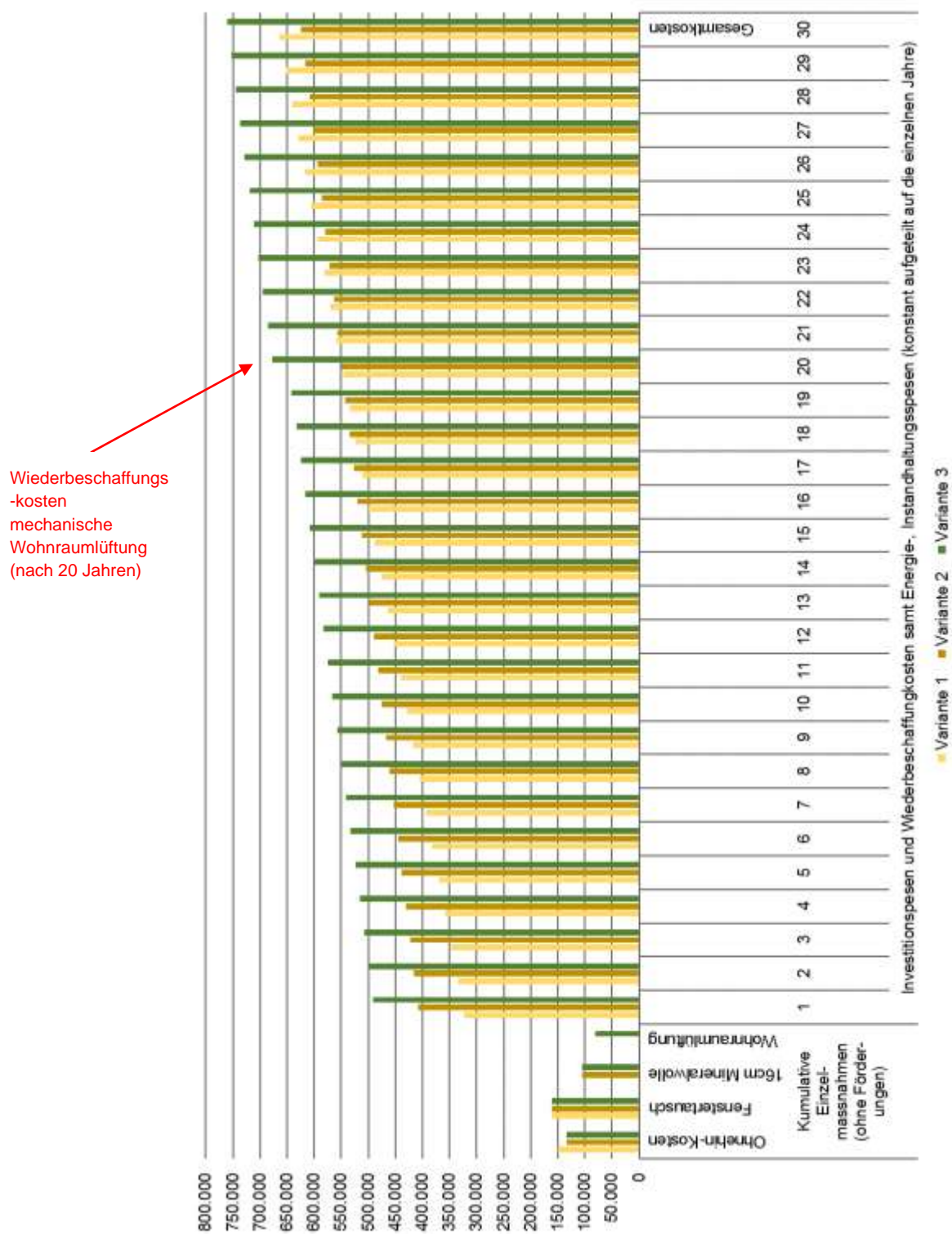
5 ERGEBNISSE

5.1 Gesamtkostenberechnung für die energetische Sanierung

Die Kosten-Nutzen-Berechnung sieht eine ökonomisch Bilanzgrenze von 30 Jahren vor. In diesem Zeitraum kann davon ausgegangen werden, dass keine außerordentlichen Instandhaltungsmaßnahmen (mit Ausnahme des Tausches der mechanischen Lüftungsanlage nach 20 Jahren) an den sanierten Gebäudeteilen und Komponenten anfallen und somit ausschließlich die Kosten für Energie und ordentliche Wartung anfallen. Die Ergebnisse der Gesamtkosten (Anschaffung, Wiederbeschaffung der Wohnraumlüftung nach 20 Jahren, Gesamtkosten für Energie und Wartung nach 30 Jahre) sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Varianten	Σ Kosten nach 30 Jahren
1) Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	663.632 €
2) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	623.673 €
3) Wohnraumlüftung; 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	761.215 €

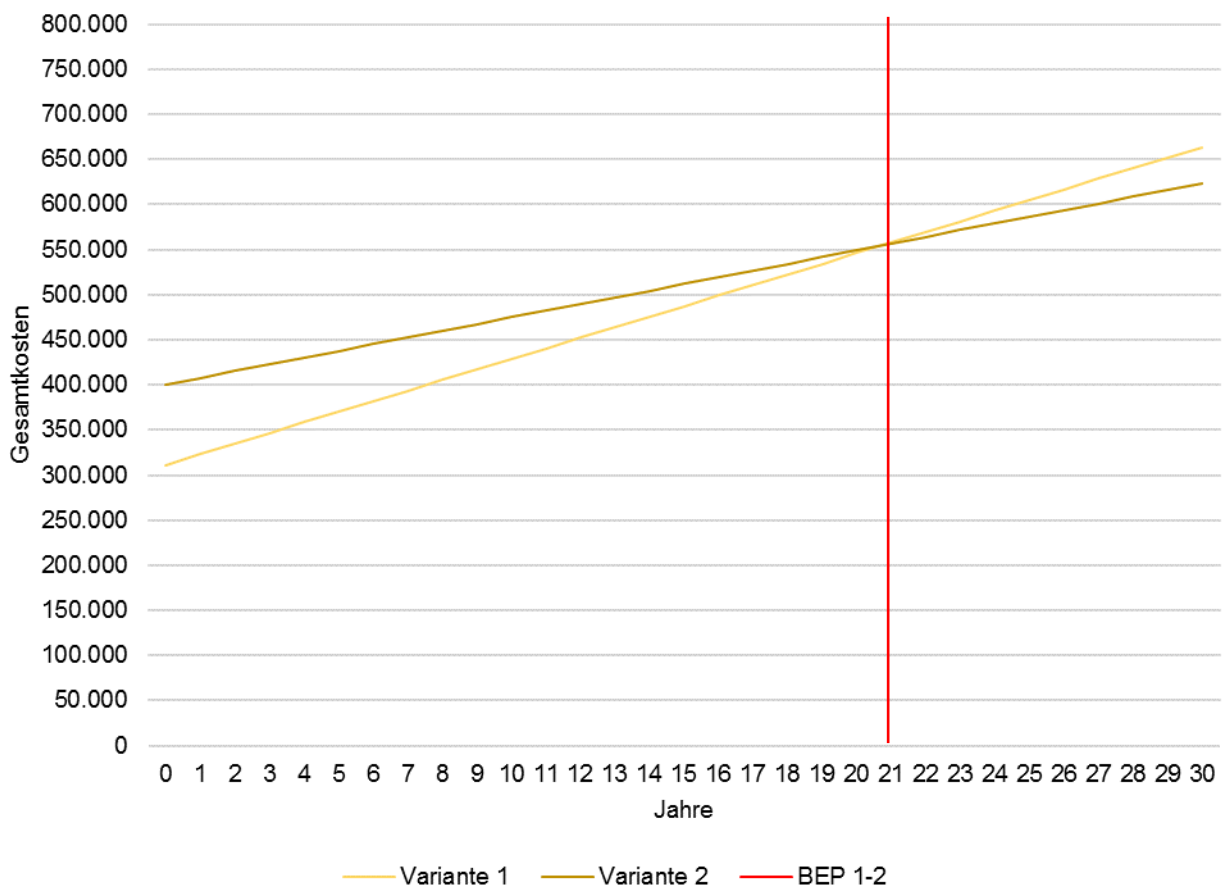
Bei Betrachtung der Sanierungsvarianten 1, 2 und 3 ist ersichtlich, dass die Variante 2, vom ökonomischen Gesichtspunkt aus betrachtet, die ideale Lösung darstellt. Die Nullvariante ist aufgrund des zwingend notwendigen Austausches der Fenster keine Option und wurde deshalb nicht angeführt. Folgend werden die einzelnen Sanierungsvarianten (Variante 1, 2 und 3) verglichen:



Grafik I: Gegenüberstellung Investitionsspesen und Veranschaulichung der Kostenverteilung auf 30 Jahren

Vergleich Variante 1 mit 2:

Varianten	Σ Kosten nach 30 Jahren
1) Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	663.632 €
2) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	- 623.673 €
Differenz Variante 2 und 3: Einsparung	----- 39.959 €



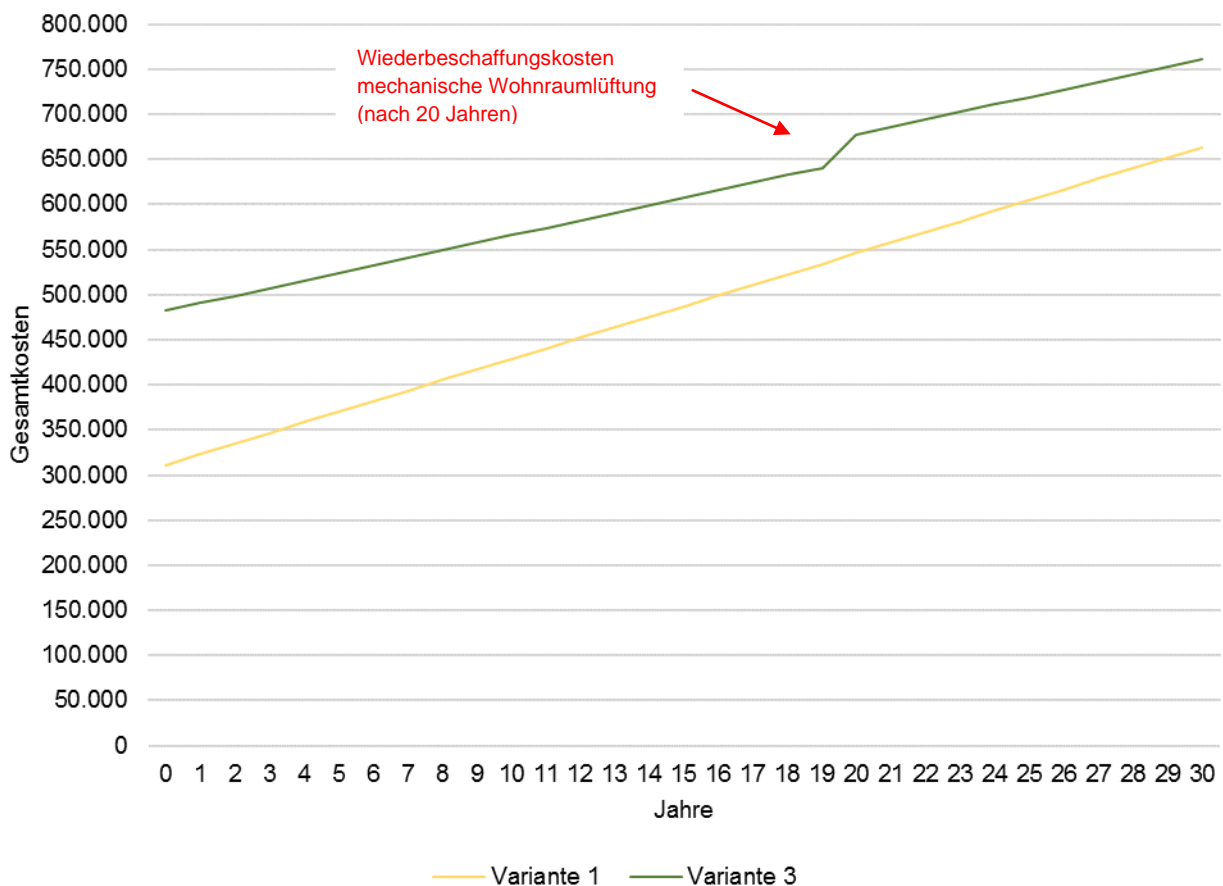
Grafik J: Break even point Variante 1 und Variante 2 (BEP 1-2) ohne Förderungen

In einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren beläuft sich die Einsparung der Variante 2 gegenüber der Variante 1 auf 39.959 €. Nach 21 Jahren werden die höheren Investitionsspesen der Variante 2, welche im Unterschied zur Variante 1 die Anbringung der 16 cm Mineralwolldämmung vorsieht, wieder ausgeglichen. Bei einer angenommenen Lebensdauer der Mineralwolldämmung von 30 Jahren bedeutet dies eine entsprechend frühzeitige Rückzahlung der anfänglichen Mehrkosten.

Vergleich Variante 1 mit 3:

Varianten	Σ Kosten nach 30 Jahren
1) Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	663.632 €
3) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Wohnraumlüftung; Ohnehin-Kosten	- 761.215 €

Differenz Variante 1 und 3: Mehrkosten	-97.583 €

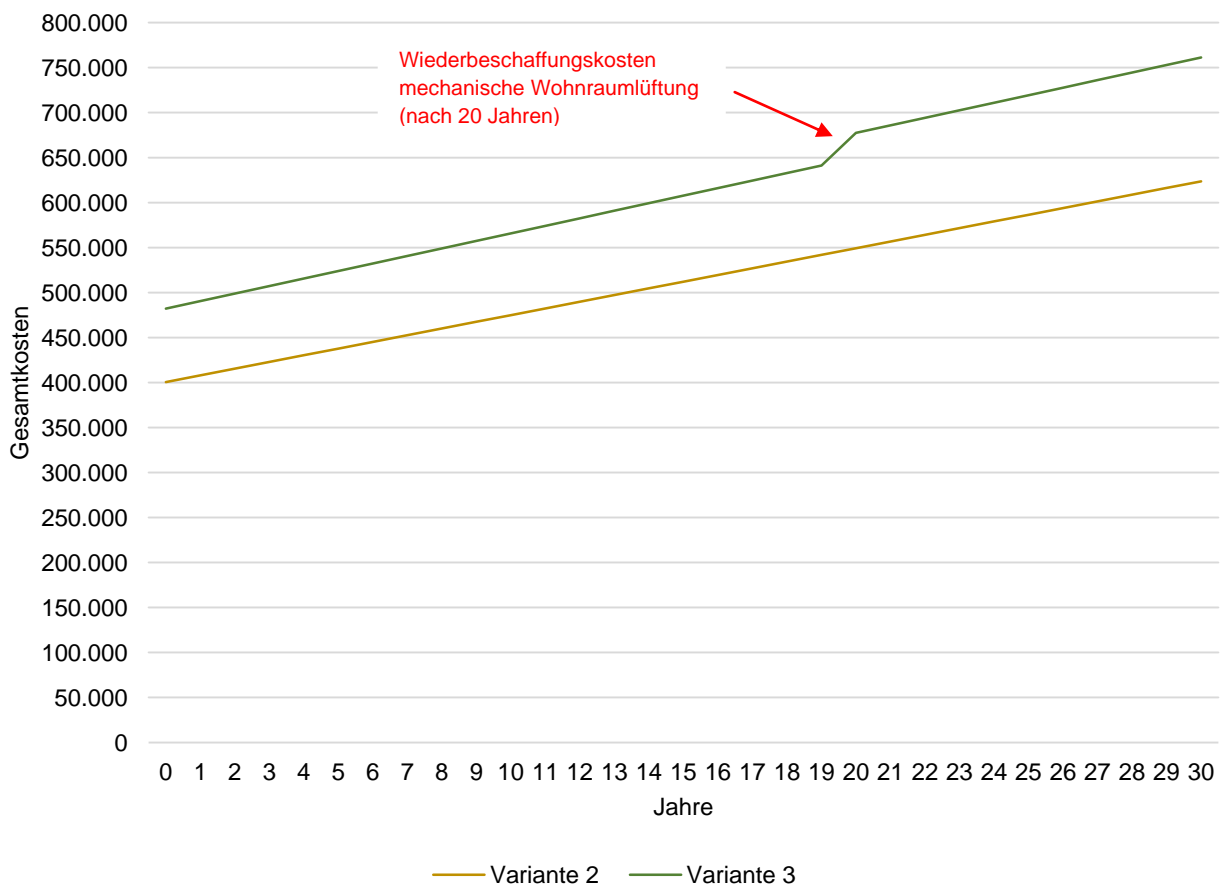


Grafik K: Veranschaulichung der Mehrkosten ohne Förderungen von Variante 3 gegenüber Variante 1

Aus der Tabelle und dem Liniendiagramm sind die Mehrkosten der Variante 3 gegenüber der Variante 1 ersichtlich. Gebe es keine Wiederbeschaffungsspesen für die Wohnraumlüftungsgeräte (nach 20 Jahren), so würden sich die Variantenlinien irgendwann schneiden und die Variante 3 den Break-Even Point (BEP) erreichen. Die Mehrkosten der Variante 3 gegenüber der Variante 1 betragen hierbei 97.583 €.

Vergleich Variante 2 mit 3:

Varianten	Σ Kosten nach 30 Jahren
2) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	623.673 €
3) Wohnraumlüftung; 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	- 761.215 €
Differenz Variante 2 und 3: Mehrkosten	-137.542 €



Grafik L: Veranschaulichung der Mehrkosten ohne Förderungen von Variante 4 gegenüber Variante 3

Die Mehrkosten der mechanischen Lüftungsanlage (7 an der Zahl) bei Variante 3 können weder in einem Zeitraum von 30 Jahren noch zu einem späteren Zeitpunkt rückgewonnen werden. Bei geschätzten Anschaffungs- und Montagespesen von 81.564,15 € liegen die Mehrkosten nach einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren sogar bei 137.542 €. Dieser Unterschied kommt neben den Anschaffungspesen auch aufgrund der Wiederbeschaffungs- (nach 20 Jahren müssen die Geräte spätestens erneuert werden) sowie Instandhaltungs- und Betriebskosten (geschätzte 1.680 €/Jahr für Filter, Strom, usw.) zustande.

5.2 Förderungen

Bei den bisherigen Berechnungen/Analysen wurden keine finanziellen Förderungen berücksichtigt. Diese sind jedoch nicht zu unterschätzen und haben einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Eine attraktive Fördermöglichkeit für dieses Fallbeispiel stellt das Conto Termico 2.0 des GSE (Gestore Servizio Energetico) dar.

Die Fördersummen der jeweiligen Eingriffe werden in folgendem Kapitel quantifiziert:

Austausch der Fenster und Türen

Die Fläche der Fenster und Eingangstüren, die getauscht werden, beträgt 390m².

Die vorgesehenen Ausgaben dafür betragen 220.406,38€ = 565,14€/m².

Der Austausch von Fenstern und Eingangstüren ("Sono ammessi anche interventi di miglioramento delle caratteristiche dei componenti vetrati esistenti, con integrazioni e sostituzioni") ist als Eingriff des Typs 1.B eingestuft und sieht für die Klimazone F einen U-Wert von höchstens 1,00 W/m²K vor.

Für den Austausch der Fenster beträgt der geförderte Anteil der Ausgaben 40% vom maximal zulässigen Betrag von 450€/m². Das bedeutet, dass die mögliche Förderung **70.200 €** beträgt:

$$450 \text{ €/m}^2 \times 40 \% \times 390 \text{ m}^2 = \mathbf{70.200 \text{ €}}$$

Die Obergrenze der Förderung liegt bei 100.000 €.

Anbringung einer Wärmedämmung

Die Fläche der Außenwände, die gedämmt werden soll, beträgt 1.040m²

Die vorgesehenen Ausgaben betragen 104.734,44€ = 100,706€/m²

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Außenwände beträgt 0,86W/m²K

Der Eingriff für die Wärmedämmung ist als Eingriff des Typs 1.A eingestuft und sieht für die Klimazone F einen U-Wert nach der Dämmung von maximal 0,22 W/m²K vor. Für die Wärmedämmung beträgt der geförderte Anteil der Ausgaben 50% vom maximal zulässigen Betrag von 100€/m². Das bedeutet, dass die mögliche Förderung **52.000 €** beträgt.

$$100 \text{ €/m}^2 \times 50 \% \times 1.040 \text{ m}^2 = \mathbf{52.000 \text{ €}}$$

Im Gegensatz zu den Fenstern gibt es hier keine Obergrenze.

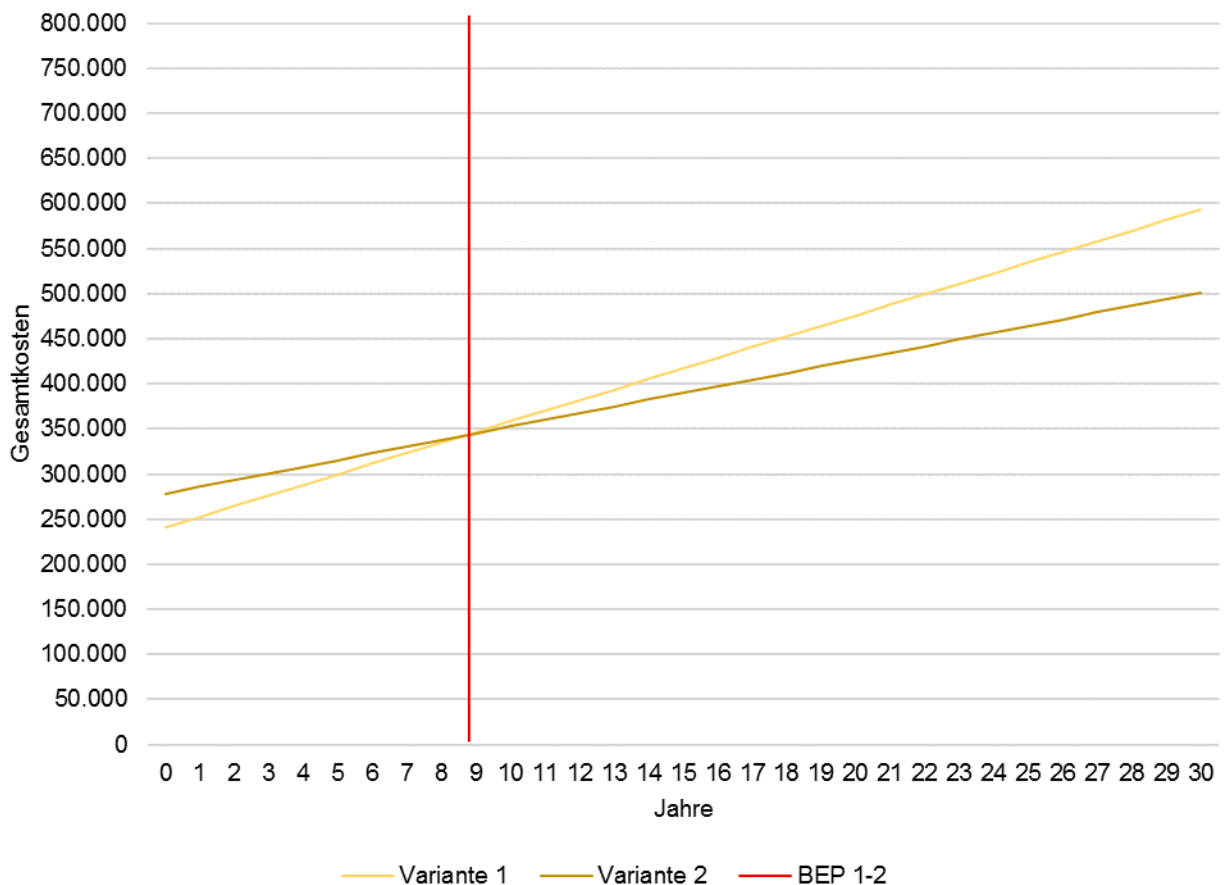
Förderung GSE (Conto Termico): Fenstertausch und Wärmedämmung = 122.200,00 €

TEE (Titoli di Efficienza Energetica = Weiße Zertifikate):

Da das Gebäude an einem Fernheizwerk angeschlossen ist, welches mit Biomasse betrieben wird, können keine TEE angefragt werden.

Vergleich Variante 1 mit 2 bei Berücksichtigung der Fördersummen:

Varianten	Σ Kosten nach 30 Jahren samt Fördersummen
1) Fenstertausch; Ohnehin-Kosten 663.632 € - 70.200 € =	593.432 €
2) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten 623.673 € - 122.200 € =	- 501.473 €
Differenz Variante 2 und 3: Einsparung	----- 91.959 €

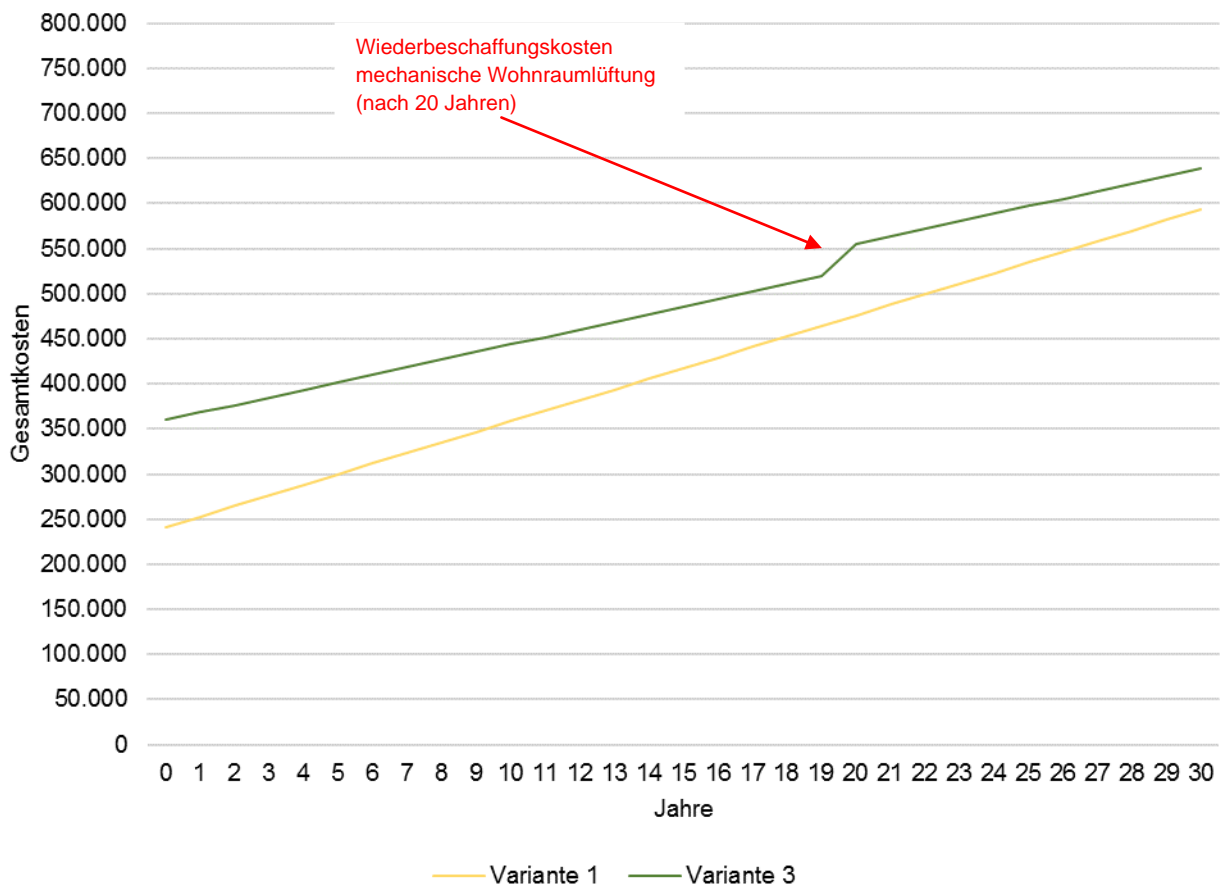


Grafik M: Break even point Variante 1 und 2 (BEP 1-2) bei Berücksichtigung der Fördersummen (Conto Termico)

In einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren beläuft sich die Einsparung der Variante 2 gegenüber der Variante 1 auf 91.959 €. Nach bereits 9 Jahren werden die höheren Investitionsspesen der Variante 2, welche im Unterschied zur Variante 1 die Anbringung der 16 cm Mineralwolldämmung vorsieht, wieder ausgeglichen. Bei einer angenommenen Lebensdauer der Mineralwolldämmung von 30 Jahren bedeutet dies eine entsprechend frühzeitige Rückzahlung der anfänglichen Mehrkosten.

Vergleich Variante 1 mit 3 bei Berücksichtigung der Fördersummen:

Varianten	Σ Kosten nach 30 Jahren samt Fördersummen
1) Fenstertausch; Ohnehin-Kosten 663.632 € - 70.200 € =	593.432 €
3) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Wohnraumlüftung; Ohnehin-Kosten 761.215 € - 122.200 € =	- 639.015 € -----
Differenz Variante 1 und 3: Mehrkosten	-45.583 €



Grafik N: Veranschaulichung der Mehrkosten von Variante 3 - Variante 1 bei Berücksichtigung der Fördersummen (Conto Termico)

Aus der Tabelle und dem Liniendiagramm sind die Mehrkosten der Variante 3 gegenüber der Variante 1 ersichtlich. Gäbe es keine Wiederbeschaffungsspesen für die Wohnraumlüftungsgeräte (nach 20 Jahren), so würden sich die Variantenlinien schneiden und die Variante 3 den sogenannten Break-Even Point (BEP) erreichen. Die Mehrkosten der Variante 3 gegenüber der Variante 1 betragen hierbei 45.583 €.

5.3 Bewertung

Bei der Gegenüberstellung der Sanierungsvarianten ist deutlich ersichtlich, dass die Variante 2 aus ökonomischer Sicht am attraktivsten ist, gefolgt von der Variante 1 und Variante 3. Variante 3 stellt aufgrund der hohen Investitions-, Betriebs-, Wartungs- und Wiederbeschaffungspesen der mechanischen Wohnraumlüftung das Schlusslicht dar. Ausgehend von der standortbezogenen Endenergie werden die entsprechenden anfallenden Fernwärmekosten pro Jahr berechnet. Berechnet auf die derzeitigen Ausgaben für die Heizung und das Warmwasser (Bestand ohne Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen) ergeben sich folgende Reduzierungen:

Varianten	Endenergie Standortbezogen	Jährliche Kosten für Heizung und Warmwasser	Reduzierung Kosten
1) Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	75,5 kWh/m ² a	11.742 €	-18 %
2) 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	47,8 kWh/m ² a	7.436 €	-48 %
3) Wohnraumlüftung; 16cm Mineralwolle; Fenstertausch; Ohnehin-Kosten	43,0 kWh/m ² a	6.688 €	-53 %

Im Ranking der jährlichen Spesen für Heizung und Warmwasser hat die Variante 3 die geringsten Kosten. Zu beachten ist jedoch, dass bei der Variante 3 noch die jährlichen Instandhaltungskosten von insgesamt 1.680 €/Jahr sowie die Wiederbeschaffungsspesen nach 20 Jahren Lebensdauer dazugerechnet werden müssen. All diese Eingriffe sind notwendig für den einwandfreien Betrieb der Lüftungsanlagen und sind natürlich mit erheblichem finanziellen Aufwand verbunden.

Um Ansatzweise verstehen zu können, inwiefern sich ein eventueller Abschlag auf die Amortisierungszeiten auswirkt, wurde folgende Untersuchung zwischen Variante 1 und Variante 2 durchgeführt:

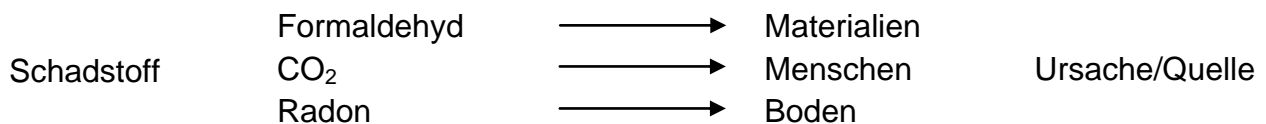
- 1) 20% Preisabschlag auf die Gesamtkosten ohne Inanspruchnahme der Förderungen
- 2) 20% Preisabschlag auf die Gesamtkosten mit Inanspruchnahme der Förderungen

Im ersten Fall verkürzt sich der Amortisierungszeitraum um 3 Jahre. Das heißt, bereits nach 18 Jahren (anstatt 21 Jahren: siehe Grafik J) erreicht die Variante 2 den Break-Even Point (BEP).

Unter Berücksichtigung der Fördersummen (zweiter Fall) hingegen verringert sich der Rückzahlungszeitraum um 1 Jahr, von 9 Jahren (siehe Grafik M) auf 8 Jahre.

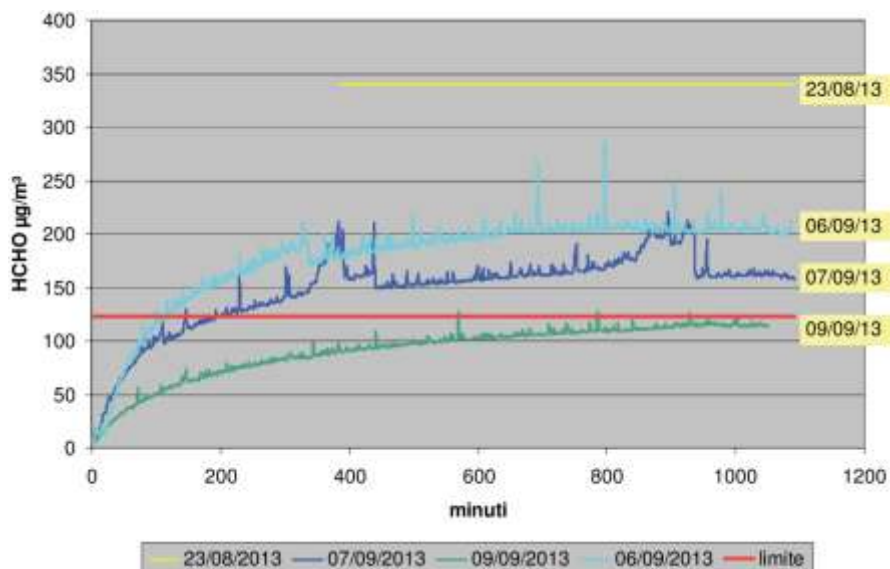
6 INDOOR-QUALITÄT

Neben den wirtschaftlichen Analysen der vorher beschriebenen Varianten muss auch die Indoor-Qualität in Betracht gezogen werden. Da die Schüler sehr viel Zeit in den Klassen verbringen, ist ein gutes Raumklima unabdingbar. Neben Temperatur und Luftfeuchte spielt auch die Raumlufthgüte eine zentrale Rolle. Eine Person benötigt durchschnittlich etwa 20 m³ Frischluft pro Stunde. Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit leiden rasch unter verbrauchter und stickiger Luft, Geruchsbelästigung durch Körperausdünstungen und der atmungsbedingten Anreicherung der Luft mit Kohlendioxid. Belastungen können aber auch von Schadstoffen aus Baustoffen, Möbeln (flüchtige organische Verbindungen, Formaldehyd, usw.) oder aus dem Erdreich (Radon) ausgehen. Untersuchungen des Landesamtes 29.8. Labor für physikalische Chemie zeigen, dass die manuelle Fensterlüftung nicht ausreicht, um eine einwandfreie Raumlufthgüte zu gewährleisten.



6.1 Formaldehyd

Das als krebserregend eingestufte Formaldehyd kann sich aufgrund mehrerer Quellen (Kleber, Spanplatten-Möbel, Desinfektionsmitteleinsatz, Tabakrauch usw.) in Innenräumen ansammeln. Wie die folgende Grafik zeigt, ist der Formaldehyd-Gehalt in den meisten Fällen zu hoch:

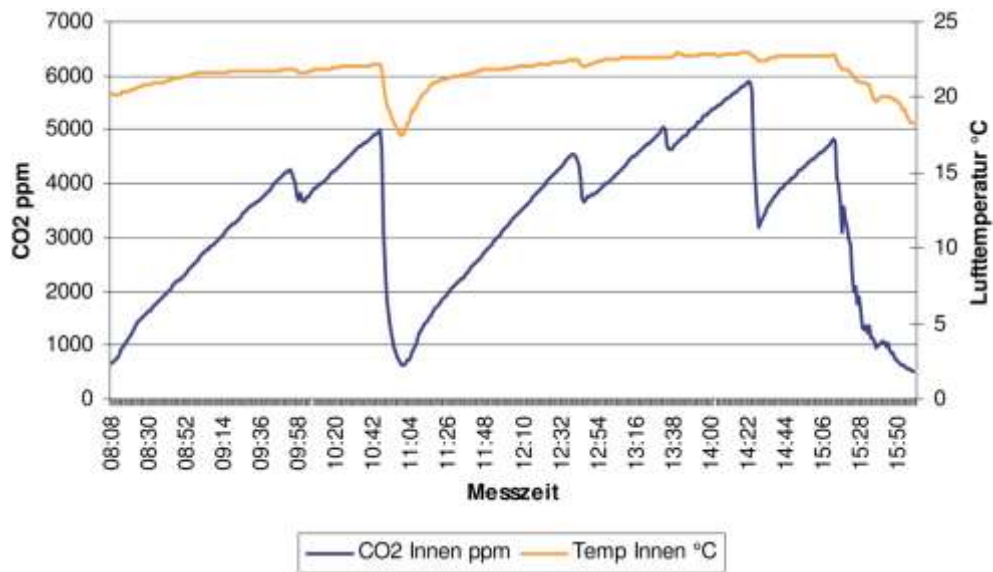


Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

Grafik O: Verlauf der gemessenen Formaldehyd-Konzentrationen

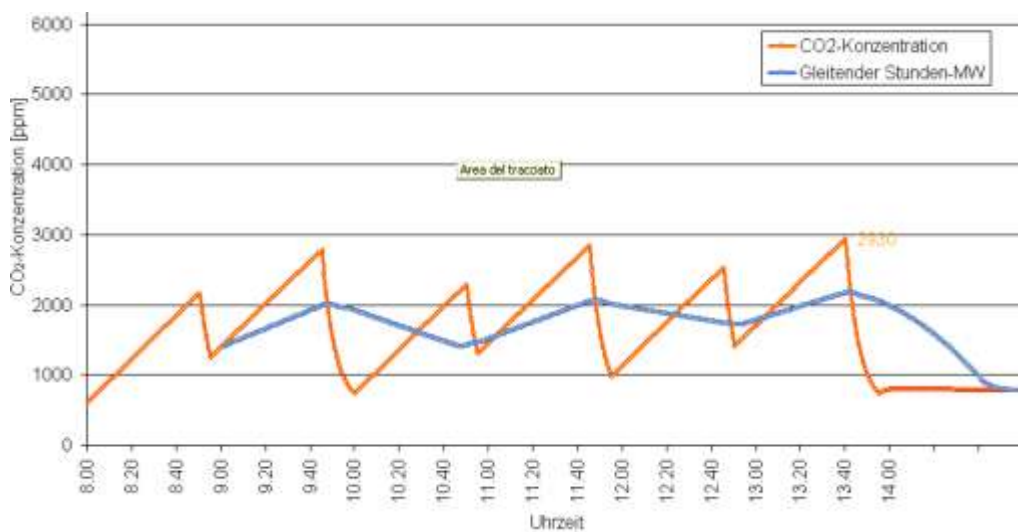
6.2 Kohlenstoffdioxid

Durch die Atmung beeinflusst der Mensch die Innenraumluft erheblich. Der Kohlendioxidgehalt der Innenraumluft gilt als Indikator für die Nutzung und die anzahlmäßige Anwesenheit von Personen in einem Raum. Mit einer Konzentration von 400 ppm ist das farb- und geruchlose Gas ein natürlicher Bestandteil der Umgebungsluft. In Räumlichkeiten, wo sich vor allem viele Menschen aufhalten, werden schnell die 1.000 ppm überschritten. Ab einem Wert von 1.500 ppm CO₂-Konzentration nehmen Symptome wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Konzentrationsschwäche erheblich zu.



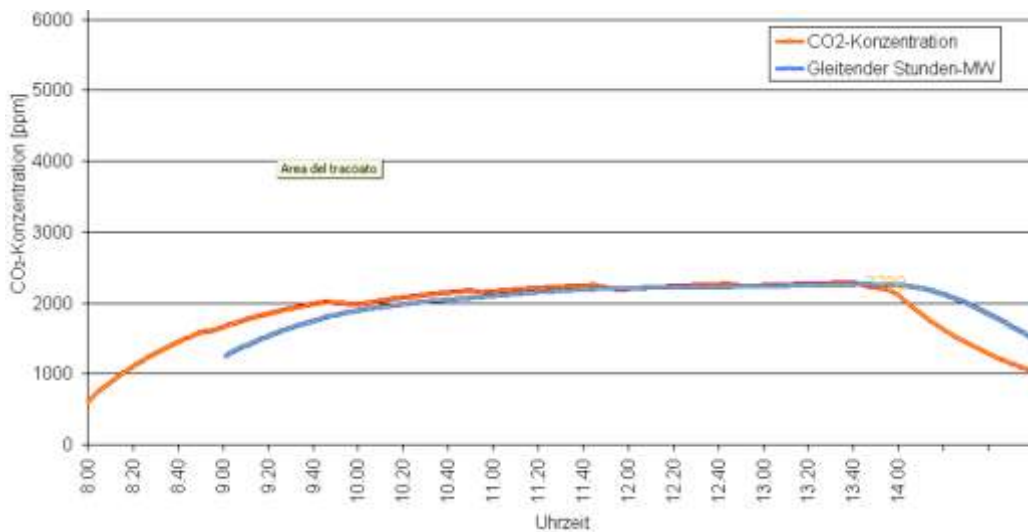
Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

Grafik P: Verlauf der gemessenen CO₂-Konzentration



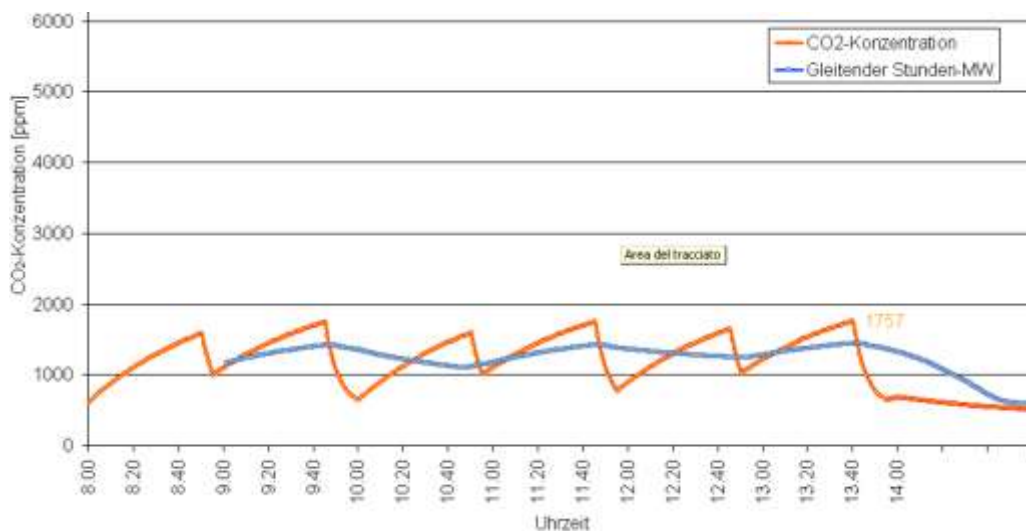
Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

Grafik Q: Verlauf der CO₂-Konzentration bei einer Öffnung der Fenster für 5 Minuten zwischen jedem Stundenwechsel



Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

Grafik R: Verlauf der CO₂-Konzentration bei einer Öffnung der Fenster in Kippstellung



Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

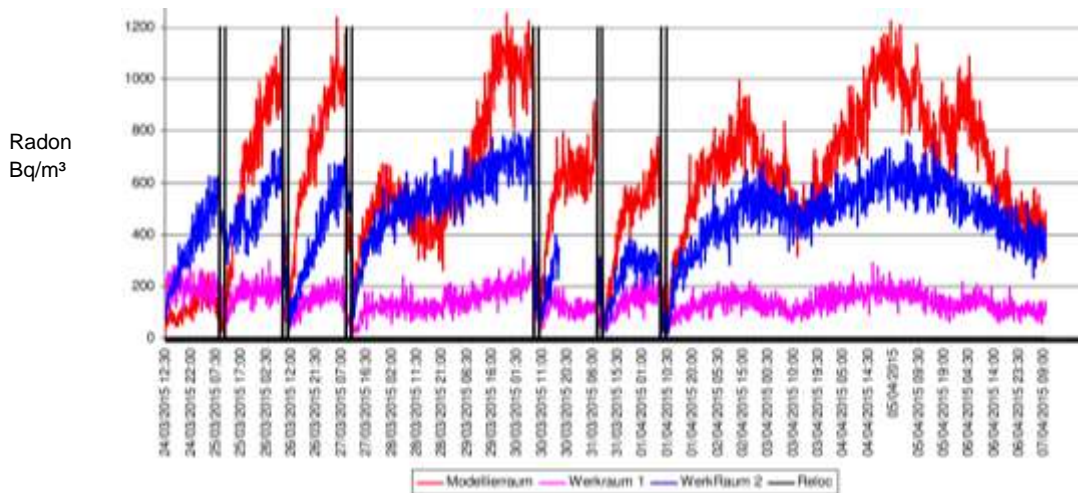
Grafik S: Verlauf der CO₂-Konzentration bei Öffnung in Kippstellung und 5 Minuten Fensteröffnung nach jeder Stunde

Nur der gleitende Stundenmittelwert bei der letzten manuellen Lüftungsvariante (Grafik S) liegt unter dem Schwellenwert von 1.500 ppm. Diese Art der Lüftung ist jedoch nicht alltagstauglich, da durch diese Methode die Raumlufttemperatur je nach Jahreszeit extrem steigt oder sinkt und weitere Unannehmlichkeiten wie Lärm- Geruchsbelästigung, Zugluft usw. daraus resultieren können.

Mit Hilfe einer mechanischen Lüftungsanlage wird eine möglichst hohe Raumluftqualität gewährleistet. Natürlich bedarf es einer gewissenhaften Wartung während der Nutzungsdauer, wodurch das Potenzial dieser Anlage voll ausgeschöpft werden kann. Die Studie „Dicke Luft“ des Labors für physikalische Chemie besagt, aufgrund der Auswertung der Echtzeitmessungen, dass bei einer schlecht instandgehaltenen mechanischen Belüftungsanlage eine hohe Raumluftqualität nicht gewährleistet werden kann.

6.3 Radon

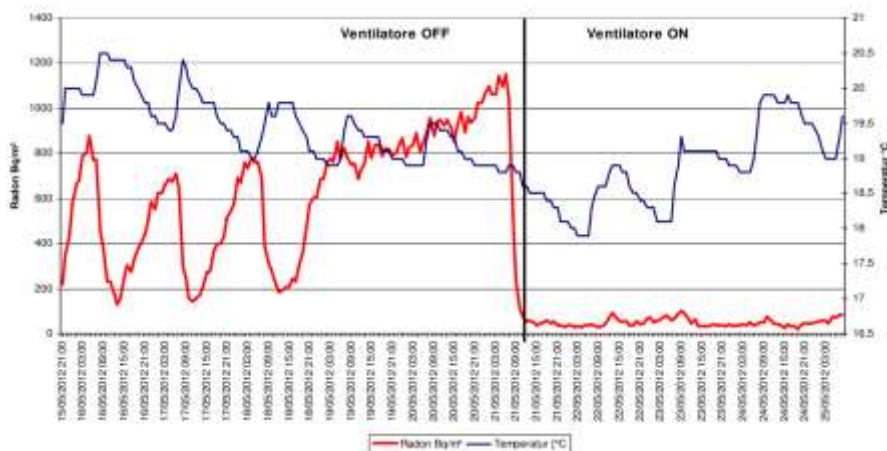
Ebenso wie Kohlendioxid ist auch das Edelgas Radon farb-, geruch- und geschmacklos und ist radioaktiv. Nach dem Rauchen ist Radon die häufigste Ursache für Lungenkrebs. In Südtirol gibt es einige Gebiete (z.B. Pustertal und oberes Vinschgau) mit erhöhten Radonwerten, wo es besonders ratsam ist, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um das Risiko von erhöhter Radonansammlung auf ein Minimum zu reduzieren. Wie die folgende Grafik zeigt, liegt bei der durchgeführten Messung die Radon-Konzentration weit über den vom WHO vorgeschlagenen Wert von 100 Bq/m³ und maximal 300 Bq/m³:



Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

Grafik T: Verlauf der Radon-Konzentration bei einer Öffnung um 8:00 und 10:00 Uhr

Es ist offensichtlich, dass nur im Zeitraum der manuellen Lüftung die Radonansammlung in der Räumlichkeit kurzfristig absinkt, jedoch nach Schließung der Fenster sofort wieder ansteigt und hohe Konzentrationswerte erreicht. Die Lüftungsanlage kann hierbei, wie bei den bereits vorhin erwähnten Schadstoffen, Abhilfe schaffen.



Quelle: Labor für physikalische Chemie - Landesagentur für Umwelt

Grafik U: Verlauf der Radon-Konzentration bei aus- und eingeschaltetem Lüftungsgerät

7 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die zentrale Frage, ob und wie sich die Minimierung des Energieverbrauchs bei Nicht-Wohngebäuden, im speziellen bei öffentlichen Gebäuden, verwirklichen lässt, hängt vor allem vom energetischen Ausgangszustand, der spezifischen Nutzung und von den mikroklimatischen Bedingungen des Standortes ab. Die Studie zeigt, dass eine systematische Vorgehensweise die energetischen Verbesserungspotenziale besser aufzeigen kann und Synergien zwischen energetischen und nicht energetischen Maßnahmen, die als Ohnehin-Kosten betrachtet werden können, genutzt werden können. Dies gilt vor allem bei der energetischen Sanierung der Gebäudehülle. Deshalb sollte eine öffentliche Verwaltung, die sich mit dem Gedanken einer energetischen Optimierung auseinandersetzt, folgende Punkte beachten:

Erst messen, dann handeln: Die Erfassung der tatsächlichen Energieverbräuche und der Abgleich mit den Nutzungsprofilen geben erste Anhaltspunkte, um eine Energieeinsparung durch eine bessere Regelung der bestehenden Anlage zu erreichen.

Abstimmung auf den Bedarf: Nicht alle Räume werden gleich genutzt, daher ist zunächst in den verschiedenen Räumen die optimale Temperatur einzustellen. Über Nacht und bei längerer Nicht-Nutzung macht es Sinn, die Temperatur um einige Grad abzusenken. Im Schnitt wird nämlich für jedes zusätzliche Grad an Raumtemperatur in etwa 6% mehr Energie verbraucht.

Heizsystem checken und Anlagenverluste minimieren: Sind Vorlauf- und Rücklauftemperaturen des Heizwassers auf das System Gebäudehülle-Heizanlage-Nutzer abgestimmt? Wurde ein hydraulischer Abgleich vorgenommen, damit über richtige Durchflussmengen alle Heizkörper mit der optimalen Wärme versorgt werden? Dadurch kann ein zu häufiges und ineffizientes Takten der Anlage vermieden werden. Bei Brennwertkesseln sind geringe Rücklauftemperaturen zudem auch Voraussetzung für einen effizienten Kondensationsbetrieb. Die regelmäßige Wartung des Wärmereizers stellt einen sicheren, effizienten und emissionsarmen Betrieb sicher. Darüber hinaus sollte aber auch darauf geachtet werden, dass Heizungsrohre und Warmwasserspeicher gut gedämmt und die Wärmeverluste hier möglichst gering sind.

Gebäude-Energiecheck durchführen und energetische Diagnose mit Kosten-Nutzen-Analyse der Sanierungsoptionen erstellen: Eine energetische Bestandsaufnahme vor Ort (Energiecheck) und eine genaue energetische Bewertung helfen, das Verbesserungspotential der einzelnen Komponenten ausfindig zu machen und zu quantifizieren.

Ohnehin-Instandhaltung nutzen: Stehen ohnehin Instandsetzungsmaßnahmen bei Gebäude oder Heizanlage an, dann ist dies auch der richtige Zeitpunkt, um eine energetische Sanierung des Gebäudes in Angriff zu nehmen. Die Maßnahmen reichen vom einfachen Tausch der Zirkulationspumpe der Heizanlage über den Fenstertausch bis hin zur vollständigen Dämmung der Gebäudehülle. Bei einem unerwarteten Ausfall der Heizanlage oder dem Auftreten von Bauschäden muss schnell gehandelt werden. Deshalb ist es wichtig, rechtzeitig ein Gesamtkonzept zur Steigerung der Energieeffizienz vorzubereiten, auch wenn die Umsetzung dann in mehreren Etappen von Teilerneuerungen durchgeführt werden soll.

Nicht nur die ökonomische Wirtschaftlichkeit betrachten: Die Fallstudie der Grundschule in Neustift hat gezeigt, dass die Variante mit der mechanischen Lüftungsanlage nicht immer die wirtschaftlichste ist, jedoch in Bezug auf die Raumluftqualität einen hohen Komfortgewinn mit sich bringt. Dies zeigt auch eine Studie, die im Rahmen des Projektes „Dicke Luft im Klassenzimmer“ von der Landesumweltagentur in 150 Schulräumen von Herbst 2015 bis Frühjahr 2016 durchgeführt wurde. Die Auswertung der Messdaten hat ergeben, dass die Luftqualität in Südtirols Klassenzimmern in zwei Dritteln der Fälle unzureichend war.

Förderungen nutzen: Für eine öffentliche Verwaltung ist es immer schwer, eine Finanzierung für die energetische Sanierung zu finden, auch wenn diese wirtschaftlich ist. Oft können nur die notwendigen Instandhaltungen am Gebäude durchgeführt werden. Deshalb sind Förderungen und eine laufende Information in Bezug der Förderungen wichtig.

Gebäude warten und nicht (ab)warten, bis etwas kaputtgeht: Eine fachgerechte und die laufende Überprüfung der Energiekosten durch ein Monitoring und eine Energiebuchhaltung (z.B. EBO - Energie Bericht Online, zur Verfügung gestellt im Zuge des Programms Klimagemeinde), stellen sicher, dass die Sanierungsmaßnahmen greifen und die tatsächlichen Verbräuche und Amortisationszeiten mit den berechneten konvergieren. Dies gilt übrigens nicht nur für sanierte Gebäude, sondern auch bei Neubauten, wie eine Monitoring-Studie der KlimaHaus Agentur in Zusammenarbeit mit EURAC ergeben hat.

Einbindung der Bevölkerung: Voraussetzung für die Akzeptanz der energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude ist eine transparente Einbindung der Bürger, nur so werden die Vorteile verständlich und als Mehrwert für alle verstanden.

Zusammenarbeit zwischen den öffentlichen Institutionen und wissenschaftlichen Einrichtungen: Über die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen, Verwaltungen und Kompetenzzentren wie der KlimaHaus-Agentur und dem Institut für Wirtschaftsforschung der Handelskammer können Synergien genutzt, das ökologische wie ökonomische Potential der energetischen Sanierung optimal gehoben, Fördermöglichkeiten genutzt, Prioritäten richtig gesetzt und Sanierungsfehler vermieden werden.

WIFO

Institut für
Wirtschaftsforschung



HANDELS-, INDUSTRIE-,
HANDWERKS- UND LAND-
WIRTSCHAFTSKAMMER BOZEN

