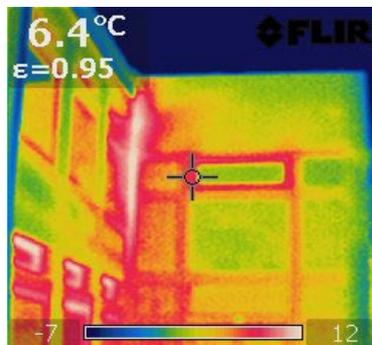




Energetische Optimierung kommunaler Bestandsgebäude der Stadt Baesweiler -integrale Planungsphase-



gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt



Bewilligungsempfänger:
Stadt Baesweiler, Mariastr. 2, 52499 Baesweiler

**„Energetische Optimierung kommunaler
Bestandsgebäude der Stadt Baesweiler
-integrale Planungsphase-“**

Abschlussbericht über ein Forschungsprojekt
- gefördert unter dem Az.: 26650-25
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Bearbeitet von:

RONGEN ARCHITEKTEN GmbH

Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen

Architekt + Stadtplaner BDA

Zertifizierter Passivhausplaner

VIKA Ingenieur GmbH

Dipl.-Ing. Hermann Dulle

Baesweiler im Dezember 2009

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	26650	Referat	25	Fördersumme	125.000,00 €
Antragstitel		Energetische Optimierung kommunaler Bestandsgebäude Stadt Baesweiler – integrale Planungsphase			
Stichworte		Gesamtanalyse des Gebäudebestandes der Stadt Baesweiler zur Ermittlung eines möglichst effizienten Mitteleinsatzes bei der energetischen Sanierung der Immobilien			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
12 Monate	07.07.2008	31.08.2009			
Zwischenberichte	Zwischenbericht vom	15.12.2008			
Bewilligungsempfänger	Stadt Baesweiler Mariastr. 2 52499 Baesweiler			Tel	02401 / 800-0
				Fax	02401 / 800-117
				Projektleitung Herr Ralf Peters	
				Bearbeiter Herr Ralf Peters	
Kooperationspartner		Rongen Architekten, Propsteigasse 2, 41849 Wassenberg Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen, Architekt + Stadtplaner BDA, Zertifizierter Passivhausplaner			
		VIKA Ingenieur GmbH, Schurzelter Str. 27; 52074 Aachen Dipl.-Ing. Hermann Dulle			
Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens					
<p>Die energetischen Anforderungen an Neubauten sind im Vergleich zu anderen Staaten in Deutschland sehr hoch. Da aber 85 % des Gebäudebestandes in Deutschland vor 1982 erbaut worden sind und diese Bauten ca. 92 % der gesamten Energie aller Gebäude in Deutschland verbrauchen, liegt das größte Einsparpotential in der <i>energetischen Sanierung des Altbaubestandes</i>.</p> <p>Die Stadt Baesweiler hat sich das Ziel gesetzt, einem durchdachten Ablauf folgend alle städtischen Bestandsgebäude energetisch zu analysieren und zu optimieren, die Ergebnisse zu dokumentieren und in der Öffentlichkeit umfassend zu kommunizieren. Hierzu sollte eine beispielhafte Planungsstrategie entwickelt werden, die es auch anderen Kommunen ermöglicht, bei der energetischen Gebäudesanierung methodisch vorzugehen und Defizite in Planungsabläufen abzubauen.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>Nach einer genauen Bestandsaufnahme einschl. Nutzerbefragung und Detailanalyse des Gebäudepools wurden für jedes Gebäude Zielvorgaben, die vom nach EnEV 2007 vorgegebenen Mindeststandard bis hin zum Passivhausstandard reichen, festgelegt.</p> <p>Für jeden Gebäudetyp wurde ein objektbezogenes bauliches Maßnahmenpaket zur energetischen Optimierung erarbeitet und schließlich ein Ablaufplan erstellt, der eine unter heutigen Bedingungen sinnvolle Reihenfolge für die bauliche Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen vorgibt.</p> <p>Eine Sonderrolle in dem Vorhaben nimmt das Gymnasium inkl. Turnhalle mit Ziel „Passivhausstandard“ ein. Für diesen Gebäudekomplex folgten vor der baulichen Umsetzung nach der detaillierten Bestandserfassung die Entwurfs- und Ausführungsplanung im Passivhausstandard und die Erstellung von Leistungsverzeichnissen und Einholung von Kostenangeboten. Dabei war als Voraussetzung für ein optimales Ergebnis mit Blick auf Umweltrelevanz, Ökonomie und Gestaltung eine von Beginn an integrative Planung (Architekt, Fachingenieur, Bauphysiker) zwingend erforderlich.</p> <p>Die Arbeitsergebnisse werden so aufbereitet, dass sie auch auf andere Kommunen übertragbar sind.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen haben erwartungsgemäß für die einzelnen Gebäude zu verschiedenen Ergebnissen geführt. Die ökonomisch richtige Entscheidung ob und wenn ja auf welchen Standard welches Gebäude saniert werden soll, hängt im Wesentlichen von der Höhe der Kapitalzinsen und der Entwicklung der Energiekosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes ab.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass unter den fiktiv angenommen Voraussetzungen (Kapitalzins, jährlich durchschnittlich steigende Energiekosten über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren) die Sanierung auf Passivhausstandard gegenüber der Sanierung auf Standard EnEV 2009 bei den näher untersuchten Objekten von Anfang an wirtschaftlicher wäre. Es kann keine Alternative zu einer sofortigen Gesamtsanierung auf Passivhausstandard oder einer schrittweisen Sanierung mit Passivhauskomponenten geben, sofern nicht im Einzelfall Abriss und Neubau gewählt werden!

Für nur wenige Objekte wäre die sofortige Gesamtsanierung auf Passivhausstandard wirtschaftlicher als die Sanierung einzelner Bauteile mit PH-Komponenten. In den meisten Fällen zeigt sich allerdings, dass es mehr Sinn macht, eine schrittweise Sanierung mit PH-Komponenten im Rahmen der natürlichen Instandsetzungszyklen anzugehen. Die Vorhabensergebnisse bestätigen, dass es richtig war, unter den derzeitigen Rahmenbedingungen die sofortige Gesamtsanierung des städtischen Gymnasium Baesweiler mit Blick auf Umweltrelevanz, Ökonomie und auch Gestaltung zu starten und zwar mit dem Ziel Passivhausstandard.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Vor der Frage „Steigerung der Sanierungsrate oder Erhöhung der Sanierungsdichte?“ steht jede Kommune in regelmäßig wiederkehrenden Abständen. Insofern wäre zu empfehlen, alle Kommunen (z. B. durch Veröffentlichung in Amtsblättern und dgl.) auf das Vorhaben und die Zugänglichkeit der Ergebnisse aufmerksam zu machen.

Genauso sollten die entsprechenden Ministerien, die z. T. mit den Ihnen zugeordneten Energieagenturen sehr viel Aufklärungsarbeit betreiben, als übergeordnete Behörden in allen Bundesländern über die Vorhabensergebnisse in Kenntnis gesetzt werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens sind z.T. auch wertvolle Erkenntnisse mit Blick auf künftige Förderpolitik und mit Blick auf anzupassende gesetzliche Anforderungen.

Die Ergebnisse sollten auch dem Passivhaus Institut Darmstadt als Beratungsgrundlage und Argumentationshilfe zur Verfügung gestellt und ggf. auf der nächsten Internationalen Passivhaustagung am 29./30.05.2010 in Dresden, zu der erfahrungsgemäß auch wieder zahlreiche Vertreter aus Kommunen und öffentlichen Verwaltungen erwartet werden, vorgestellt werden. Auch ein entsprechender Posterbeitrag für diese Tagung wäre empfehlenswert.

Fazit

Aus ökonomischer Sicht wie auch aus Gründen der Nachhaltigkeit bleibt den Entscheidungsträgern immer nur die Wahl zwischen einer Komplettsanierung im Passivhausstandard oder die schrittweise energetische Ertüchtigung mit Passivhauskomponenten (Dach, Fassade, Haustechnik usw.). In Einzelfällen muss entschieden werden, ob die wirtschaftliche Lösung nicht Abriss + Neubau lauten muss.

Um die jeweils aktuell richtige Entscheidung treffen zu können, ist allen Entscheidungsträgern dringend anzuraten, die in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen für das jeweils zur Entscheidung anstehende Gebäude durchzuführen. Dies kann auch schon -wie im Fall der Stadt Baesweiler- im Vorfeld geschehen.

Zum Zeitpunkt der konkreten Entscheidung sind dann die Parameter

- aktuelle Herstellungskosten (für zahlreiche gerade für PH-standard erforderliche Bauteilkomponenten haben sich durch erhöhte Serienproduktion in der Vergangenheit die Kosten deutlich reduziert)
- aktuelle Energiekosten
- aktuelle Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten
- sowie der aktuelle Kapitalzins

anzupassen.

Bei nur notwendiger Bauteilerneuerung kann die richtige Entscheidung immer nur lauten:

„Erneuerung mit Passivhauskomponenten bzw. für die Gebäudehüllflächen U-Werte anstreben, die Passivhausstandard entsprechen.“ Nur so sind langfristig betrachtet die Gebäudebetriebskosten zu minimieren und ein optimaler Energiestandard zu erreichen und für lange Zeit nicht mehr korrigierbare Fehlentscheidungen zu vermeiden.

Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt	3
Inhaltsverzeichnis	5
Verzeichnis von Bildern und Tabellen	8
Verzeichnis von Begriffen Definitionen und Abkürzungen	10
Zusammenfassung	11
EINLEITUNG	13
1 Ausgangssituation – Vorgehen – Zielsetzung	13
HAUPTTEIL - Stadt Baesweiler	18
2 Ergebnisse der Bestandserfassung	18
2.1 Beschreibung Gebäudehülle	18
2.2 Ergebnis Gebäudebestand	21
2.3 Beschreibung Haustechnik	24
2.3.1 Heizwärmeversorgung	24
2.3.2 Lüftungsanlagen	24
2.3.3 Heizungspumpen	25
2.3.4 Beleuchtung	26
2.3.5 Warmwasserbereitung	27
2.4 Messungen im Bestand	28
2.4.1 Kontinuierliche Messungen	28
2.4.2 Diskontinuierliche Messungen	28
2.4.3 Luftdichtigkeit/ Wärmebrücken/ Dämmstandard	29
2.4.4 Raumtemperatur	31
2.4.5 CO ₂ -Gehalt	33
2.4.6 Beleuchtungssituation	35
2.4.7 Relative Luftfeuchtigkeit	37
2.4.8 Luftgeschwindigkeit	38
2.5 Kennzahlen Haustechnik	39
2.5.1 Energiekennzahl Heizenergie	39
2.5.2 Energiekennzahl Strom	39
2.5.3 Wassernutzung – Hinweise	40
2.6 Nutzerbefragung	41
3 Konzepte zur energetischen Sanierung	42
3.1 Gebäudehülle	42
3.1.1 Außenwände	46
3.1.2 Bodenplatten / Kellerdecken	46
3.1.3 Dächer	47
3.1.4 Fenster	48
3.2 Haustechnik	49
3.2.1 Lüftung	50
3.2.2 Wärmeerzeuger	51
3.2.3 Pumpenerneuerung	51
3.2.4 Beleuchtung	52
3.2.5 Wassersparmaßnahmen	52
3.2.6 Einsatz innovativer Technologien	53

3.3 Übersicht Sanierungsplanung	54
4 Kosten und Wirtschaftlichkeit	55
4.1 Randbedingungen	55
4.1.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	56
4.2 Investitionen	61
4.2.1 Wirtschaftlichkeit Kapitalwertmethode	64
4.2.2 Berechnung	64
4.3 Kosten je eingesparte kWh	65
4.4 Lebenszykluskosten mit Restwertbetrachtung	66
4.4.1 Restwertbetrachtung	66
4.5 Sensitivität ‚Energiepreissteigerung‘	67
4.6 Sensitivität ‚Förderung‘	68
4.6.1 Aus der Sicht der Kämmerei	72
4.7 Auswertung nach „Gebäudenutzungen“	76
5 Auswirkungen der Maßnahmen	78
5.1 Emissionsbilanz	78
6 Gymnasium Baesweiler – Passivhaussanierung	79
6.1 Förderung Investitionspakt I	79
6.2 Energiekonzept	82
6.2.1 Energiezentrale mit geothermischer Nutzung	83
6.2.2 Sommerliche Kühlung	84
6.3 Trakt 1 – erster Bauabschnitt	85
6.3.1 Nachweis Passivhausstandard	85
6.3.2 Gebäudehülle	86
6.3.3 Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung	88
6.3.4 Wassernutzung - Hinweis	89
6.3.5 Erneuerung Beleuchtung	90
6.4 Trakt 1 Ergebnisse	90
6.4.1 Wirtschaftlichkeit und Sensitivität	90
6.4.2 Emissionsbilanz Gymnasium	93
6.5 Lüftungsanlagen mit WRG - Diplomarbeit	94
6.6 Planungsmehraufwand	98
7 Details + Varianten ‚Grengrachtschule‘	101
7.1 Objektbeschreibung	101
7.1.1 Grengrachtschule – Tatsächlicher Bestand	101
7.1.2 Grengrachtschule – Fiktiver Bestand (unsaniert)	102
7.2 Projektsteckbrief Grengrachtschule	105

8 Empfehlungen	120
8.1 Ausgangslage	120
8.2 Empfehlungen allgemein.....	121
8.3 Empfehlungen an die Politik	123
8.4 Empfehlungen an die Stadt Baesweiler	125
8.5 Prioritäten	128
8.6 Nutzerschulung	133
9 Fazit	134
10 Literaturverzeichnis	139
ANHANG	141
Liste empfehlenswerter Energieverbraucher	141
DVD.....	142

Verzeichnis von Bildern und Tabellen

Abb. 2.1 Liste der Gebäude mit NGF _E	18
Abb. 2.2 Kenndaten Bestandsgebäude	20
Abb. 2.3 Bestand Flächenzusammenstellung und Ø U-Werte	21
Abb. 2.4 Liste Baumängel.....	22
Abb. 2.5 Gebäudeliste der bereits durchgeführten Sanierungen.....	23
Abb. 2.6 Wärmeerzeuger	24
Abb. 2.7 Lüftungsanlagen und Luftmenge	25
Abb. 2.8 Beleuchtungsanlagen und Alter.....	26
Abb. 2.9 Warmwasserbereitung.....	27
Abb. 2.10 Luftdichtigkeit	29
Abb. 2.11 Gegenüberstellung Wärmebrücken Turnhalle am Weiher.....	30
Abb. 2.12 Gegenüberstellung Wärmebrücken Sockelbereich Barbaraschule.....	30
Abb. 2.13 Gegenüberstellung Wärmebrücken Sockelbereich Beggendorf.....	30
Abb. 2.14 Gegenüberstellung Wärmebrücken Sockelbereich Grundschule Oidtweiler	30
Abb. 2.15 Temperaturverlauf Raum 3.106 des Gymnasium Baesweiler im Winter.....	31
Abb. 2.16 Temperaturverlauf Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter	32
Abb. 2.17 Verlauf CO ₂ -Gehalt Raum 3.106 des Gymnasium Baesweiler im Winter.....	33
Abb. 2.18 Verlauf CO ₂ -Gehalt Raum 1.009 der Realschule Setterich im Winter	34
Abb. 2.19 Beleuchtungssituation Raum 2.114 der Andreasschule im Winter	35
Abb. 2.20 Beleuchtungssituation Raum 003 der GGS St. Barbara im Winter.....	36
Abb. 2.21 relative Luftfeuchtigkeit Raum 001 der GS Beggendorf im Winter.....	37
Abb. 2.22 Luftgeschwindigkeit Raum 1.001 der Grengrachtschule im Winter.....	38
Abb. 2.23 spez. Heizenergieverbrauchskennwert Gebäudepool	39
Abb. 2.24 spez. Stromverbrauchskennwert Gebäudepool.....	39
Abb. 2.25 spez. Wasserverbrauchskennwert Gebäudepool.....	40
Abb. 3.1 U-Werte und Heizwärmebedarf Standard EnEV 2009	43
Abb. 3.2 U-Werte und Heizwärmebedarf PH-Komp	44
Abb. 3.3 U-Werte und Heizwärmebedarf Passivhaus-Standard	45
Abb. 3.4 Raumklimakonzept.....	49
Abb. 3.5 Lüftungstandard.....	50
Abb. 3.6 Energiekennwerte Heizwärme Gebäudepool	54
Abb. 4.1 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	55
Abb. 4.2 Verhältnis einmalige relative Investitionskosten zu potentiell einzusparenden Energiekosten in Höhe von 1 € ab dem 1. Jahr ²⁾	58
Abb. 4.3 Verhältnis einmalige relative Investkosten zu einer potentiell jährlich einzusparenden Heizenergie von 1 kWh/a.....	60
Abb. 4.4 Gesamtinvestitionskosten nach Gebäude und Sanierungsstandard.....	61
Abb. 4.5 Gesamtinvestitionskosten nach Gebäudehülle und TGA.....	62
Abb. 4.6 spezifische Gesamtinvestitionskosten nach Gebäude und Sanierungsstandard.....	62
Abb. 4.7 spezifische Gesamtinvestitionskosten nach Gebäudehülle und TGA.....	63
Abb. 4.8 Definition Kapitalwert nach Wikipedia	64
Abb. 4.9 Berechnungsergebnisse nach Kapitalwertmethode für GS Beggendorf.....	64
Abb. 4.10 Investkosten je eingesparter kWh	65
Abb. 4.11 Sensitivitätsanalyse Kapitalzins Turnhalle am Weiher.....	69
Abb. 4.12 Sensitivitätsanalyse Energiepreisstesigerung Turnhalle am Weiher	69
Abb. 4.13 Sensitivitätsanalyse Kapitalzins Rathaus Setterich	70
Abb. 4.14 Sensitivitätsanalyse Energiepreisstesigerung Rathaus Setterich.....	70
Abb. 4.15 Sensitivität Energiepreisstesigerungen Grengrachtschule	71
Abb. 4.16 Sensitivität Lebenszykluskosten Grengrachtschule	71

Abb. 6.1 Gesamtkosten Sanierung Gymnasium Baesweiler	79
Abb. 6.2 Gebäudeisometrie Gymnasium Baesweiler	80
Abb. 6.3 Architekturkonzept – vorher / nachher	80
Abb. 6.4 Architekturkonzept Trakt 3 und 4 Nord-Ost-Seite	80
Abb. 6.5 Grundriss Übersicht Gymnasium Baesweiler	81
Abb. 6.6 Energiekonzept	82
Abb. 6.7 Nahwärmekonzept.....	83
Abb. 6.8 Geothermische Ergiebigkeit der Sondenanlage.....	84
Abb. 6.9 Ergebnisblatt Berechnungen PHPP	85
Abb. 6.10 NW-Ansicht Bestand Trakt 1	86
Abb. 6.11 NW-Ansicht neu Trakt 1.....	86
Abb. 6.12 Fassadenschnitt Gymnasium Baesweiler	87
Abb. 6.13 Lüftungs- und Energiezentrale KG Trakt 1	88
Abb. 6.14 Lüftungsschema Trakt 1	88
Abb. 6.15 Etagenverteilung Lüftung Trakt 1	89
Abb. 6.16 spezifischen Kosten nach Vergabe für Trakt 1	90
Abb. 6.17 Sensitivität der Annuität in Abhängigkeit der Förderquote bei 3% Energiepreissteigerung.....	91
Abb. 6.18 Sensitivität der Annuität in Abhängigkeit der Förderquote bei 6% Energiepreissteigerung.....	92
Abb. 6.19 Emissionsbilanz Gymnasium EnEV 2009	93
Abb. 6.20 Behaglichkeitsfeld der Raumluft in Abhängigkeit der Temperatur und Luftfeuchte	95
Abb. 6.21 Beispiel Flächenberechnung mit und ohne Teilkeller	98
Abb. 6.22 Beispiel Stützendetail Wärmebrückenverluste.....	99
Abb. 6.23 Beispiel Flächenberechnung mit und ohne Teilkeller	100
Abb. 7.1 Bestand Grengrachtschule.....	101
Abb. 7.2 Bestand unsanierte Grengrachtschule.....	102
Abb. 7.3 Lebenszykluskosten-Annahmen	102
Abb. 7.4 Sensitivität Kapitalzins Grengrachtschule	103
Abb. 7.5 Sensitivität Kapitalzins Grengrachtschule	103
Abb. 7.6 Sensitivität Energiepreissteigerungen Grengrachtschule, Restwerte abgezinst	104
Abb. 7.7 Emissionsbilanz Grengrachtschule EnEV 2009.....	104
Abb. 7.8 Temperaturverlauf Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter	106
Abb. 7.9 Verlauf Relative Luftfeuchte Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter.....	106
Abb. 7.10 Verlauf CO ₂ -Gehalt Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter	107
Abb. 7.11 Raumluftgeschwindigkeit Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter	107
Abb. 7.12 Messergebnis Beleuchtung im Raum 3.104 der GGS Grengracht im Winter.....	108
Abb. 7.13 Raumluftqualität in den Klassenräumen der GGS Grengracht im Winter.....	109
Abb. 7.14 Beleuchtungssituation in den Klassenräumen der GGS Grengracht im Winter	109
Abb. 7.15 Winterliche Raumtemperatur in den Fachräumen der GGS Grengracht	110
Abb. 7.16 Außenwand Grengrachtschule	111
Abb. 7.17 Bodenplatte Grengrachtschule.....	111
Abb. 7.18 Kellerdecke Grengrachtschule	112
Abb. 7.19 Decke/ Dach Grengrachtschule	112
Abb. 7.20 Decke über EG Grengrachtschule	113
Abb. 8.1 Erreichbare Energieeinsparungen im Szenario mit maximaler Umsetzungsgeschwindigkeit*	121
Abb. 8.2 Sanierungsempfehlung an die Stadt Baesweiler Status quo	126
Abb. 8.2.1 Sanierungsempfehlung an die Stadt Baesweiler unter Einbeziehung einer Energiepreissteigerung von 3%.....	127
Abb. 9.1 Sanierung auf Passivhausstandard.....	137
Abb. 9.2 Prüfwerkzeug	138

Verzeichnis von Begriffen Definitionen und Abkürzungen

BA	Bauabschnitt
Bj	Baujahr
EnEV	Energieeinsparverordnung
EVG	elektronische Vorschaltgeräte
GEMIS	Globales Emissions Modell Integrierter Systeme, zur Berechnung der Umweltfeuchte von Prozessen
GPA	Gemeinde Prüfungsanstalt
GS	Grundschule
GGS	Gemeinschaftsgrundschule
GHS	Gemeinschaftshauptschule
i.d.R	in der Regel
ITS	Internationales Technik- und Servicezentrum
KGS	Katholische Grundschule
KD	Kerndämmung
KVG	konventionelle Vorschaltgeräte
KS-MWK	Kalksandstein-Mauerwerk
MZH	Mehrzweckhalle
NKF	Neuen Kommunalen Finanzmanagement
PEI	Primärenergieinhalt
PHPP	Passivhausprojektierungspaket
PH	Passivhaus
PH-Komp	Passivhauskomponenten
RP-Amt	Rechnungsprüfungsamt
SH	Schwimmhalle
SFP-Wert	Spezifische Ventilatorleistung
T	Trakt
TH	Turnhalle
TRH	Treppenhaus
VHS	Vorhangschale
Vip	Vakuumisulationspanele
VVG	verlustarme Vorschaltgeräte
WRG	Wärmerückgewinnung
WDVS	Wärmedämm-Verbundsystem
WSchVO 1995	Wärmeschutzverordnung 1995
VHS	Vorhangschale

Zusammenfassung

Die Stadt Baesweiler will alle kommunalen Gebäude auf einen energetisch optimierten Standard bringen.

Hierzu wurden auf der Grundlage der energetischen Analyse für 21 städtische Gebäude „belastbare“ Entscheidungsgrundlagen erarbeitet, die es den Entscheidungsträgern der Stadt Baesweiler ermöglichen sollen, die jeweils richtigen Entscheidungen zu treffen.

- In welcher zeitlichen Abfolge / in welcher Reihenfolge sollen die einzeln untersuchten Gebäude saniert werden?
- Was ist sinnvoller:
Alle (bezogen auf das jeweilige Einzelobjekt) empfohlenen Maßnahmen in einem Schritt durchführen und wenn ja, welcher energetische Standard sollte angestrebt werden: Standard nach EnEV 2009 oder Passivhausstandard? Oder ist mit Blick auf die Ökonomie eine schrittweise Sanierung anzuraten?

Es wurden die ökologischen (Energieeffizienz; CO₂-Reduzierung in die Atmosphäre) und ökonomischen (Amortisationszeit der erforderlichen Investitionen) Konsequenzen der unterschiedlichen energetischen Qualitätsstandards untersucht.

Zur Bildung der Emissionsbilanz wurde ein Betrachtungszeitraum von 10 Jahren und beispielhaft die Grengrachtschule und das Gymnasium gewählt. Dabei wurde lediglich die EnEV 2009 als Sanierungsstandard festgelegt. Die empfohlenen Maßnahmen führen erwartungsgemäß zu einer deutlichen Reduktion von CO₂-Emissionen. Bei der Grengrachtschule ließen sich durch eine umfassende Sanierung der Gebäudehülle und der Haustechnik über 10 Jahre bis zu 1.252 t CO₂ einsparen. Allein durch Ersatz des vorhandenen Niedertemperaturölkessels gegen ein geothermisches Erdsondenfeld lassen sich beim Gymnasium über 10 Jahre betrachtet bis zu 4.780 t einsparen.

Als Ergebnis -nicht nur für die Stadt Baesweiler sondern übertragbar auch auf alle anderen Kommunen- ist insbesondere festzuhalten, dass aus ökonomischer Sicht nicht nur entweder die sofortige Komplettsanierung auf Passivhausstandard oder eine schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten in Frage kommen kann. Möglicherweise macht es mehr Sinn, ein untersuchtes Gebäude vorerst zumindest teilweise unbehandelt zu lassen. Es ist weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll, noch intakte Bauteile gegen neue, heute energetisch gerade ausreichende Bauteile auszutauschen und dann für Jahrzehnte diesen Energiestandard für die entsprechenden Bauteilkomponenten festzulegen.

Mit Blick auf das „Neue Kommunale Finanzmanagement (NKF)“ ist ohnehin damit zu rechnen, dass viele Kommunen die Umsetzung selbst akut notwendiger Instandsetzungsmaßnahmen bis zum letztmöglichen Zeitpunkt hinauszögern, damit mindestens drei der vom

BFH vier genannten Gewerke Heizungsinstallation, Sanitärinstallation, Elektroinstallation oder Fenster betroffen sind, damit eine „wesentliche Verbesserung“ vorliegt und die Kosten in der Bilanz aktiviert werden dürfen (s. hierzu auch Abschnitt 4.6.1 „Aus der Sicht des Kämmerers“).

Das heißt aus Sicht der Verfasser allerdings nicht, dass das NKF hilft, Kommunen vor Fehlentscheidungen zu bewahren. Es ist eher damit zu rechnen, dass die Kommunen ihre Prioritäten eher danach festlegen, ob die Maßnahmen „NKF-konform“ sind als letztendlich aus sinnvollen Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsgesichtspunkten heraus ihre Entscheidungen zu treffen.

Zwei im Rahmen dieses Projektes entwickelte Excel-Tabellen Abb. 9.1 und 9.2 könnten als ein hilfreiches „Werkzeug“ -und zwar nicht nur für Kommunen- weiterentwickelt werden.

Die erste Tabelle gibt als feste Parameter Hüllflächenaufbauten einschließlich der ermittelten Massen (Wände, Dächer, Bauwerkssohlen, Fenster, mit deren U-Werte der Passivhausstandard erreicht wird) vor und macht auch Vorgaben zu den erforderlichen Maßnahmen zur Haustechnik und zwar bezogen auf das jeweils untersuchte Objekt. Als variable Parameter können dann zu jedem beliebigen Zeitpunkt die aktuellen Einheitspreise eingesetzt und auf Knopfdruck dann die aktuellen Gesamtherstellungskosten ermittelt werden.

Zusätzlich ist es möglich, in die zweite Tabelle jeweils aktuell die für die Amortisationsbetrachtung wesentlichen Parameter wie Kapitalzinsen, Energiekosten, angenommene Energiekostensteigerung innerhalb des gewählten Betrachtungszeitraums, Tilgungskosten sowie gewährte Förderungen (Zuschüsse) einzutragen.

Die Differenz zwischen Energieeinsparung und Kapitaldienst ergibt dann entweder ein Soll (-) oder ein Haben (+). Damit ist die Wirtschaftlichkeit der „schrittweisen“ energetischen Sanierung mit Passivhauskomponenten einschließlich der ohnehin im Rahmen des natürlichen Instandsetzungszyklusses erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen (Sowiesokosten) unmittelbar ablesbar.

Diese beiden Excel-Tabellen machen es jedem Entscheidungsträger jederzeit leicht möglich, unter den speziellen Gegebenheiten eines jeden untersuchten Gebäudes zu einer schnellen Einschätzung der Wirtschaftlichkeit bestimmter Maßnahmen unter den dann aktuellen Bedingungen (Investitionskosten, Kapitalzins, Förderung, eingeschätzte Energiekostenentwicklung, usw.) zu kommen.

Diese Eintragungen könnten Nichtfachleute vornehmen. Auf Knopfdruck würden sich dann die jährliche Energiekosteneinsparung (Minuend) und der zu leistende Kapitaldienst (Subtrahend) sowie die sich daraus ergebende Differenz (Minuend-Subtrahend) ergeben. Bei einer positiven Differenz rechnet sich die Sanierung auf Passivhausstandard zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung dann vom ersten Tag an (Muster der entsprechenden Excel-Tabelle s. Abb. 9.1).

EINLEITUNG

1 Ausgangssituation – Vorgehen – Zielsetzung

Die industrielle Entwicklung hat in den letzten Jahrzehnten bereits zu einer deutlichen Zunahme der Umweltbelastungen -insbesondere durch einen rasanten Anstieg der CO₂-Emissionen in die Atmosphäre- geführt. Niemand bestreitet heute mehr seriös, dass die Ursachen für die sich weltweit immer häufiger ereignenden Natur- und Umweltkatastrophen nicht in dem gegenüber der Natur (z. T. sicher unwissend) verantwortungslosen Handeln der Industrienationen zu suchen sind. Inzwischen haben aber die verantwortlichen Politiker aller Länder erkannt, dass hier dringender Handlungsbedarf besteht. Die Erhaltung einer intakten Umwelt ist eine der größten gesellschaftspolitischen Herausforderungen unserer Zeit.

Um dieser Aufgabe überhaupt gerecht werden zu können, besteht dringender Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Es sind dazu nicht nur neue Baustoffe, neue Bauteilkomponenten, Technologien usw. zu entwickeln, zu testen und die Erfahrungen damit auszuwerten. Genauso sind auch neue -eventuell unkonventionelle- Handlungs- und Vorgehensweisen zu entwickelnden Vorhaben zu entwickeln.

Die Deutsche Bundestiftung Umwelt hat sich zum Ziel gesetzt, an der Erreichung dieser ehrgeizigen unverzichtbaren Ziele mitzuwirken.

So hat die Deutsche Bundestiftung Umwelt das Projekt „Energetische Optimierung

kommunaler Bestandsgebäude der Stadt Baesweiler -integrale Planungsphase“ mit einem Zuschuss in Höhe von 125.000 € gefördert.

Die energetischen Anforderungen an Neubauten sind in Deutschland im Vergleich zu anderen Staaten sehr hoch, das höchste Energieeinsparpotential liegt aber im Gebäudebestand.

Die Stadt Baesweiler hat sich das ehrgeizige Ziel gesteckt, alle kommunalen Gebäude einem durchdachten Ablauf folgend auf einen energetisch optimierten Standard zu bringen.

Hierzu wurden auf der Grundlage der energetischen Analyse aller städtischen Gebäude „belastbare“ Entscheidungsgrundlagen erarbeitet, die es den Entscheidungsträgern der Stadt Baesweiler ermöglichen sollen, die jeweils kurz- und mittelfristig richtigen Entscheidungen zu treffen zu Fragen wie

- In welcher zeitlichen Abfolge / in welcher Reihenfolge sollen die einzelnen untersuchten Gebäude saniert werden?
- Was ist sinnvoller:
 - Alle -bezogen auf das jeweilige Einzelobjekt- empfohlenen Maßnahmen in einem einzigen Bauabschnitt durchführen und wenn ja, welcher energetische Standard sollte angestrebt werden: Standard nach EnEV 2009 oder

Passivhausstandard?
oder
schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten?

- Macht es Sinn, eine allererste bestimmte Maßnahme vorzuziehen?

Für den gesamten zu untersuchenden Gebäudepool wurden zunächst eine energetische Bestandsanalyse und eine Nutzerbefragung durchgeführt.

Daran anschließend wurden für jedes einzelne Gebäude drei energetische Zielvorgaben untersucht:

- Sofortige Gesamtanierung nach Standard EnEV 2009
- Schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten
- Sofortige Gesamtanierung im Passivhausstandard

Im Zuge der Projektbearbeitung wurden insbesondere die ökologischen (zu erzielende Energieeffizienz; Reduzierung von CO₂ in die Atmosphäre) und ökonomischen (Amortisationszeit der jeweils vorausgesetzten Investitionen) Konsequenzen der energetisch unterschiedlichen Qualitätsstandards untersucht.

Dabei hat sich bestätigt, dass es richtig war, unter den derzeitigen Bedingungen (Energetische Optimierung im Rahmen der sowieso anstehenden Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen, aktuelle Förderstruktur der Länder usw.) die sofortige Gesamtanierung des städtischen Gymnasiums Baesweiler mit Blick auf Um-

weltrelevanz, Ökonomie und auch Gestaltung zu starten und dabei das Ziel Passivhausstandard anzustreben.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen auch anderen Kommunen helfen, künftig die strategisch richtigen Entscheidungen zu treffen, z. B. bei der Frage „Steigerung der Sanierungsrate oder Erhöhung der Sanierungsdichte?“

Die Untersuchungen haben erwartungsgemäß zu verschiedenen Ergebnissen für die jeweils einzelnen Gebäude geführt. Ein wesentlicher Faktor für die aus rein ökonomischer Sicht richtige Entscheidung zwischen

- überhaupt nicht sanieren und abwarten,
 - sofortige Gesamtmaßnahmendurchführung auf Standard aktuelle EnEV 2009
 - Sanierung mit Passivhauskomponenten und
 - sofortige Gesamtmaßnahmendurchführung auf Standard „Passivhaus“
- hängt entscheidend von der Höhe der Kapitalzinsen und der Entwicklung der Energiekosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes ab.

Für die untersuchten Gebäude wurden verschiedene Szenarien betrachtet:

- Fester Kapitalzins (z. B. 3 % und variable Energiepreissteigerungen bzw. im Durchschnitt jährlich steigende Energiekosten von 6 % und variabler Kapitalzins jeweils über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.
- Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass unter den fiktiv angenommenen Vorausset-

zungen die Sanierung auf Passivhausstandard gegenüber der Sanierung auf Standard EnEV 2009 bei den näher untersuchten Objekten -und zwar von Anfang an- wirtschaftlicher ist.

Dies bestätigt, dass es für die untersuchten Gebäude auch unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur richtig sein kann, sich bei einer Sanierung nur zwischen einer sofortigen Gesamtsanierung auf Passivhausstandard oder einer schrittweisen Sanierung mit Passivhauskomponenten zu entscheiden.

Für die im Einzelnen untersuchten Objekte ergeben die Sensitivitätsanalysen -ohne Berücksichtigung von möglichen Fördermaßnahmen (Zuschüsse o. a.)- folgendes Bild:

- Turnhalle „Am Weiher“

Sensitivitätsbetrachtung Energiekostensteigerung:

Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen:

Durchschnittliche Energiekostensteigerung : 6 %

Eine sofortige Sanierung auf Standard EnEV 2009 scheint nicht wirtschaftlich.

Dagegen würde sich unter diesen Bedingungen eine Sanierung mit Passivhauskomponenten von Anfang an „rechnen“.

Eine Komplettsanierung auf Passivhausstandard würde sich unter diesen Voraussetzungen bei einem Kapitalzins von knapp unter 2 % sofort „rechnen“. Passivhaus-Standard ließe sich derzeit allerdings

nur mit einer kompletten Erneuerung der Bodenplatte realisieren, da die Turnhalle nicht unterkellert ist. Dieses Problem zieht sich wie ein roter Faden durch alle nicht unterkellerten Objekte. Es ist schon allein aus Gründen der Nachhaltigkeit nicht zu empfehlen, einen noch intakten Bodenaufbau auszutauschen, um den Passivhausstandard zu erreichen.

Sensitivitätsbetrachtung Kapitalzins:

Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen:

Kapitalzins :3 %

Eine sofortige Sanierung auf Standard EnEV 2009 scheint nicht wirtschaftlich.

Dagegen würde sich unter diesen Bedingungen eine Sanierung mit Passivhauskomponenten schon bei einer über den Betrachtungszeitraum im Durchschnitt jährlichen Energiekostensteigerung von etwas über 1 % von Anfang an „rechnen“.

Eine Komplettsanierung auf Passivhausstandard würde sich unter diesen Voraussetzungen erst bei einer über den Betrachtungszeitraum im Durchschnitt jährlichen Energiekostensteigerung von knapp unter 8 % sofort „rechnen“, was allerdings unter den o. g. Gründen auch aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten derzeit noch nicht zu empfehlen wäre.

- Rathaus Setterich

Sensitivitätsbetrachtung Energiekostensteigerung:

Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen:

Durchschnittliche Energiekostensteigerung : 6 %

Keine der drei untersuchten Sanierungsvarianten würde sich unter diesen Bedingungen „rechnen“.

Eine Komplettsanierung auf Passivhaus-Standard wäre bei einem Kapitalzins von maximal knapp über 1 % gegenüber einer Sanierung auf Standard EnEV 2009 wirtschaftlicher.

Bis zu einem Kapitalzins von ca. 4,5 % wäre unter den angenommenen Bedingungen die Komplettsanierung auf Passivhaus-Standard wirtschaftlicher als die Sanierung mit Passivhaus-Komponenten, die nicht ganz den Passivhaus-Standard erreicht.

Sensitivitätsbetrachtung Kapitalzins:

Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen:

Kapitalzins :3 %

Eine sofortige Sanierung auf Standard EnEV 2009 wäre nicht wirtschaftlich.

Eine Sanierung mit Passivhauskomponenten würde sich erst ab einer über den Betrachtungszeitraum im Durchschnitt jährlichen Energiekostensteigerung von über 10 % von Anfang an „rechnen“.

Eine Komplettsanierung auf Passivhaus-Standard würde sich unter diesen Voraussetzungen erst bei einer über den Betrachtungszeitraum im Durchschnitt jährlichen Energiekostensteigerung von knapp unter 10 % sofort „rechnen“.

Sowohl aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten wie auch aus rein ökonomischen Gesichtspunkten kann auch hier die Empfehlung nur heißen:

Schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten im Rahmen des natürlichen Instandsetzungszyklus.

Schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten im Rahmen des natürlichen Instandsetzungszyklus.

- Grengrechtschule

Sensitivitätsbetrachtung Energiekostensteigerung:

Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen:

Durchschnittliche Energiekostensteigerung : 6 %

Eine Sanierung auf Standard EnEV 2009 scheint nicht wirtschaftlich.

Eine Komplettsanierung auf Passivhaus-Standard würde sich unter diesen Voraussetzungen bei einem Kapitalzins von knapp über 2,5 % sofort „rechnen“.

Sensitivitätsbetrachtung Kapitalzins:

Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angenommen:

Kapitalzins :3 %

Eine sofortige Sanierung auf Standard EnEV 2009 würde sich bei einem Kapitalzins von 3 % über die angenommene Laufzeit erst bei einer über den Betrachtungszeitraum im Durchschnitt jährlichen Energiekostensteigerung von knapp über 10 % sofort „rechnen“.

steigerung von etwa
8,5 % von Anfang an „rechnen“.

Dagegen würde sich unter diesen Bedingungen eine Komplettsanierung auf Passivhaus-Standard schon bei einer über den Betrachtungszeitraum im Durchschnitt jährlichen Energiekostensteigerung von etwas über 6 % von Anfang an „rechnen“.

Die Grengrechtschule ist nur teilweise unterkellert, die Bodenbeläge größtenteils noch intakt, so dass auch hier eine schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten immer im Zusammenhang mit Instandsetzungsmaßnahmen innerhalb des natürlichen Instandsetzungszyklus am sinnvollsten erscheint.

Für alle anderen untersuchten Objekte gilt:

Sanierung mit Passivhauskomponenten im Rahmen der natürlichen Instandsetzungszyklen!

Die Vorhabensergebnisse haben auch bestätigt, dass es richtig war, unter den derzeitigen Bedingungen (Energetische Optimierung im Rahmen der sowieso anstehenden Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen, derzeitige Förderstruktur der Länder usw.) die sofortige Gesamtanierung des städtischen Gymnasium Baesweiler mit Blick auf Umweltrelevanz, Ökonomie und auch Gestaltung zu starten und dabei das Ziel Passivhausstandard anzustreben.

HAUPTTEIL - Stadt Baesweiler

2 Ergebnisse der Bestandserfassung

2.1 Beschreibung Gebäudehülle

Der untersuchte Gesamtgebäudebestand umfasst Bauten diverser Baualterstufen sowie unterschiedlichster Funktion, Nutzung und auch Bauart.

Die in Tab. 2.1 den untersuchten Gebäuden zugeordneten lfd. Nrn. gelten im Übrigen auch für alle anderen Tabellen und Abbildungen.

So wurden insgesamt 10 Schulen, fünf Sport- (Turn- und Schwimmhallen), drei Verwaltungsbauten (darunter ein ehemaliger Wohnungsbau, zwei Mehrzweckhallen und ein Technologiezentrum untersucht.

Lfd.-Nr.	Gebäude	Netto-Energiebezugsfläche NGF _E in m ²
1	Gymnasium und Turnhalle	
2	Turnhalle Am Weiher	1.954
3	GGs St. Barbara	2.201
4	Realschule Setterich	4.872
5	GGs Grengracht	3.343
6	Turn- und Schwimmhalle Grengracht	1.550
7	GGs Friedensschule	1.516
8	GHS Goetheschule	3.357
9	Mehrzweckhalle Grabenstraße	812
10	Hallenbad Parkstraße	1.176
11	KGS Loverich	850
12	Mehrzweckhalle Loverich	913
13	KGS Oidtweiler	918
14	Turnhalle Oidtweiler	673
15	GGs Andreasschule	2.198
16	Turnhalle Wolfsgasse	1.283
17	Rathaus Baesweiler	1.858
18	Rathaus Setterich	1.019
19	Wohnung an der Burg (heute Verwaltung)	69
20	KGS Beggendorf	415
21	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA1	747
22	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA2	2.749
23	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA3	2.351

Abb. 2.1 Liste der Gebäude mit NGF_E

Die verschiedenen Gebäudetypen konnten in verschiedene Baualterstufen und Bauarten klassifiziert werden. Es gibt Backsteinbauten aus den Jahren 1900-1930, Klinkerbauten aus den frühen 60er Jahren ohne Dämmung, Stahlbetonbauten mit diversen Schalen (Beton oder Klinker) aus den 70er Jahren sowie ab den 80er Jahren zweischalige Klinkerbauten hinterlüftet mit Dämmung (80er/90er Jahre) bzw. mit Kerndämmung.

In vielen Bauten waren teilweise oder komplett neue Fenster eingebaut (Kunststofffenster oder Holzfenster, U-Wert 1,6 W/(m²K) oder 1,1 W/(m²K)). Vereinzelt war noch Einfachverglasung anzutreffen, vielfach wurden aber schon in den 70er Jahren die Einfachverglasungen gegen mittlerweile schon wieder sanierungsbedürftige Fenster mit Isolierglas ausgetauscht.

Da es an den frühen Flachdächern immer wieder Probleme mit Undichtigkeiten gab, beschloss die Stadt Baesweiler in der Vergangenheit, alle Flachdächer mit einer Metalleindeckung zu überbauen. In einem weiteren Schritt wurden in fast allen Bauten die letzten Geschossdecken mit einer 24-36 cm starken Mineralwoll-Dämmung ausgelegt, (s. Abb. 2.5) was allerdings in einigen Bauten dazu führt, dass eine „Lagerebene“ vorläufig verloren ist, wo diese Dämmschicht nicht begehbar ausgeführt wurde. Die ausgeführten Dämmstärken reichen nach PHPP für den Passivhausstandard nicht aus. Um PH - Standard zu erreichen, müsste je nach Objekt in einem zweiten Arbeitsgang noch eine Dämmlage von 4-10 cm Stärke aufgebracht werden.

Die Gebäude befinden sich in unterschiedlichen baulichen Zuständen. Einige sind,

auch aufgrund ihres Alters, ohne dringenden Sanierungsbedarf, bei einigen dagegen herrscht dringender Sanierungs- und Instandhaltungsbedarf. Im einen oder anderen Fall stellt sich die Frage, ob ein Abriss nicht sinnvoller wäre.

Neben den energetischen und z.T. auch Funktionsmängeln, die fast alle Gebäude, die älter als 10 Jahre sind, zeigen, gibt es noch bauliche Mängel, die eine Sanierung empfehlen (s. Abb. 2.4). Oft sind Undichtigkeiten bei Fenstern zu beklagen, die nicht nur zum Transmissionswärmeverlust, sondern schlimmstenfalls auch zu gesundheitlichen Beschwerden bei den Nutzern führen.

Abplatzungen bei den Betonbauteilen, ausgebrochene Fugen bei den Backsteinbauten, Risse in Dehnungsfugen, undichte Dachluken usw. erfordern zumindest eine Instandsetzung.

Untersuchte Gebäude				Bestand	
	Baujahr 1	Baujahr 2	Gebäudetyp	Heizwärmebedarf KWh/m²a	Bauart
Grundschule Oidweiler	1902,'00	2000 Anbau	Schule	339	Backsteinbau, Anbau Klinkerbau zweischalig mit KD
Andreasschule T1-3	1906 Trakt 1	1959 und 62' Trakt 2+3	Schule	257	Backsteinbau, Teilflächen verputzt, Ergänzungstrakte Stahlbetonskelett mit Beton- und Klinkerschale
Grundschule Beggendorf	1913		Schule	373	Backsteinbau
Friedensschule T1	1923		Schule	167	Backsteinbau verputzt
Goetheschule	31,'90,'07	Werkräume '90, Mensa '07	Schule	148	Backsteinbau, Erweiterungen Klinkerbau, zweischalig hinterlüftet (90) bzw. mit Kerndämmung (07)
Rathaus Baesweiler	1954,'81	81' Anbau	Verwaltung	125	Backsteinbau, Klinkerbau zweischalig, hinterlüftet
Grengrachtschule	1959-63,'08	08' erweitert	Schule	321	Stahlbetonskelett mit Beton- und Klinkerschale, Anbau Klinkerbau mit KD
Turn-/Schwimmhalle Grengracht	1964		Sporthalle	330	Stahlbetonskelett verklindert, teils zweischaliges Mauerwerk hinterlüftet
Barbaraschule mit Pavillons	1965		Schule	361	Stahlbetonskelett mit Beton-VHS
Rathaus Setterich	1965		Verwaltung	188	Stahlbetonskelett nachträglich verklindert
ehem. Wohnhaus 'An der Burg 14'	1965		Verwaltung	429	teils Stahlbeton verklindert, teils zweischaliges Mauerwerk, hinterlüftet
Turnhalle Wolfsgasse	1966		Sporthalle	181	Klinkerbau zweischalig, hinterlüftet
Grundschule Loverich	1967		Schule	311	Stahlbetonskelett mit Beton- und Klinkerschale
Turnhalle 'Am Weiher'	1969		Sporthalle	431	Stahlbeton verklindert, teils KS-MWK
Realschule Setterich	69,'93	93' Anbau	Schule	163	Stahlbetonskelett mit Beton-VHS, Anbau Klinker zweischalig, hinterlüftet
Gymnasium mit Turnhalle	1971-77	98 erweitert	Schule	161	Stahlbetonskelett mit Beton-VHS
Turnhalle Oidweiler	1971-74,'92	92' Umkleide erweitert	Sporthalle	307	Stahlbau verklindert, teils zweischaliges Mauerwerk, hinterlüftet
Friedensschule T2	1973		Schule	215	Stahlbetonskelett mit Beton-VHS
Hallenbad Parkstraße	1975		Schwimmhalle	190	Stahlbetonskelett mit Waschbeton VHS
MZH Grabenstraße	1987		Mehrweckhalle	278	Klinkerbau
ITS	1989/91		Büro/Gewerbe	213	Klinkerbau zweischalig, hinterlüftet
Mehrweckhalle Loverich	1996		Mehrweckhalle	103	Stahlskelett, Gasbetonfüllung, Trapezblechverkleidung
Realschule Pavillion Setterich	2003		Schule	101	Holzbau

Abb. 2.2 Kenndaten Bestandsgebäude

2.2 Ergebnis Gebäudebestand

Zur Erfassung des Heizbedarfs des Gebäudebestandes wurden die Gebäudedaten für jedes Objekt in das Passivhausprojektierungspaket (PHPP) eingegeben. Als Grundlage für die Flächenberechnungen standen in den meisten Fällen Pläne und Baubeschreibungen der Stadt zur Verfügung. Weitere Informationen über Konstruktionen und Details ergaben sich aus Ortsbegehungen und Gesprächen mit Hausmeistern, die -wenn sie denn schon lange im Amt waren- oft detailliert Aussage zum Gebäudezustand und dessen Sanierungsverläufe geben konnten. In

einigen Fällen wurden baualterstypische Wandaufbauten angenommen; es sollten nur zerstörungsfreie Untersuchungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Die gesammelten Daten wurden ins PHPP übertragen, um zu einem möglichst realistischen Szenario zu kommen. In Abb. 2.3 sind die ermittelten Flächen und U-Werte sowie der Heizwärmebedarf im Bestand zusammengetragen.

Untersuchte Gebäude	PHPP Flächenzusammenstellung Bestand			U-Wert [W/m²K] Bodenplatte	U-Wert [W/m²K] Decke Dach	U-Wert [W/m²K] Wand Erdreich	U-Wert [W/m²K] Wand Außenluft	U-Wert [W/m²K] Fenster	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]
	Hüllfläche gesamt m²	Energiebezugsfläche m²	beheiztes Volumen m³						
Gymnasium Baesweiler									
Trakt 1 - Verwaltung	4.675,08	1.358,31	5.394,78	2,786	0,131	1,974	0,885	2,592	220
Trakt 2 - Nat.wiss.	7.519,40	3.291,24	13.060,25	2,264	0,450	2,777	0,629	3,440	124
Trakt 3+4 - Klassen	10.473,97	3.916,60	23.845,15	1,791	0,420	1,359	1,043	2,859	187
TH Gymnasium	4.910,32	2.049,20	15.503,23	0,692	0,265		4,142	5,408	159
Turnhalle 'Am Weiher'	10.555,80	1.953,64	15.731,10	0,824	1,851		2,629	3,487	431
Grundschule Barbaraschule	5.278,59	1.658,95	7.851,20	0,997	0,130	1,345	3,015	1,491	375
Pavillons Barbaraschule	48.323,48	16.277,14	96.888,94	0,911	0,749		3,262	3,462	259
Realschule Setterich	14.255,50	4.296,22	21.780,20	1,008	0,228	3,567	1,398	1,655	163
Realschule Pavillion Setterich	3.190,17	575,98	2.567,40	0,356	0,251		0,263	1,530	101
Grengrachtschule	12.187,09	3.342,64	17.660,80	2,814	0,387	1,457	1,927	2,387	321
Turn-/Schwimmhalle Grengracht	9.154,51	1.549,90	12.245,50	1,727	0,405	2,481	1,099	3,106	320
Friedensschule T1	2.085,44	758,20	3.220,20	0,903	0,124		1,317	2,791	167
Friedensschule T2	2.855,22	757,80	3.717,80	0,756	0,140		2,119	3,831	215
Goetheschule	8.301,09	3.356,89	14.968,70	1,055	0,225		1,306	3,639	148
MZH Grabenstraße	4.180,25	811,65	4.523,57	0,840	1,302		0,630	2,730	278
Hallenbad Parkstraße	5.654,99	1.176,39	9.616,80	0,808	0,575	2,331	1,673	2,912	283
Grundschule Loverich	3.625,52	849,61	4.164,90	2,133	0,128	1,866	1,290	3,309	311
Mehrzweckhalle Loverich	4.986,92	912,66	5.495,90	0,559	0,212		0,651	1,975	103
Grundschule Oidtweiler	3.990,24	917,62	5.364,40	0,559	0,230		1,049	1,933	339
Turnhalle Oidtweiler	3.612,32	672,37	3.682,20	1,096	0,843		1,183	3,632	307
Andreasschule T1-3	8.102,29	2.197,92	8.506,30	1,262	0,279	3,088	1,864	2,536	257
Turnhalle Wolfsgasse	7.220,80	1.283,12	8.153,50	1,014	0,170		1,311	1,990	181
Rathaus Baesweiler	5.144,48	1.857,83	8.387,20	0,718	0,372		0,688	3,543	125
Rathaus Setterich	3.447,14	1.018,80	5.554,60	2,372	0,770	0,498	0,302	2,572	188
Burg 14'	535,66	68,51	303,80	1,110	0,854		1,193	2,549	429
Grundschule Beggendorf	2.002,68	415,23	2.216,20	2,577	0,105		0,996	2,020	373
ITS Empfangsgebäude	2.485,93	746,53	4.006,70	0,762	0,243	1,022	0,498	3,690	222
ITS Hallen	11.299,86	2.749,29	12.149,60	0,536	0,219		0,500	4,063	207
ITS Servicezentrum	7.384,59	2.351,06	11.738,90	0,602	1,430	2,632	0,547	3,758	200

Abb. 2.3 Bestand Flächenzusammenstellung und Ø U-Werte

Lfd.-Nr.	Gebäude	Mängelliste/Bauschäden außerhalb der energetischen Mängel
1	Gymnasium und Turnhalle	Große Undichtigkeiten an den Fenstern, lassen sich teilweise nicht mehr öffnen, Oberschicht der Betonschalen tlw. abgeplatzt (TRH), Dehnfugen in Teilen sanierungsbedürftig
2	Turnhalle Am Weiher	Undichte Dachluken (Flachdach), Risse in Aufsetzkrank Lichtkuppel
3	GGs St. Barbara	Die Pavillons sind in einem insgesamt schlechten Zustand, auch wenn Fenster ersetzt wurden und der Dachboden mit Mineralwolle ausgelegt wurde. Der Boden ist in einem schlechten Zustand, ebenso die noch nicht ersetzten Fenster und Türen. Es wäre zu überdenken, ob der Mensaneubau hier wirklich noch integriert werden soll, oder ob die Pavillons nicht auf Dauer abzureißen sind.
4	Realschule Setterich	keine sichtbaren Mängel
5	GGs Grengracht	Die Schule ist insgesamt sanierungsbedürftig.
6	Turn- und Schwimmhalle Grengracht	Dehnungsfugen in Brüstungsfeldern gerissen (teilweise Bewuchs), veraltete (Schwimmbad-)technik
7	GGs Friedenschule	T2: Alu-Fenster undicht
8	GHS Goetheschule	Der Altbestand bedarf einer Fugensanierung, Bodenbelag tlw. abgängig.
9	Mehrzweckhalle Grabenstraße	keine sichtbaren Mängel
10	Hallenbad Parkstraße	Undichte Fenster, Rutsche, veraltete (Schwimmbad-)technik
11	KGS Loverich	keine sichtbaren Mängel
12	Mehrzweckhalle Loverich	keine sichtbaren Mängel
13	KGS Oidtweiler	keine sichtbaren Mängel
14	Turnhalle Oidtweiler	Allgemein schlechter Bauzustand neben einem ohnehin sehr schlechten Dämmstandart (z.B. ungedämmte Prellwand mit Metallverkleidung aussen), hier wären Sanierungs- und Instandhaltungskosten den Neubaukosten entgegengesetzt.
15	GGs Andreasschule	Altbau: Putzabblätterungen, Risse im Mauerwerk (Brüstungsbereiche und Giebelseite); T2 und T3: Steine lose im Sockelbereich, Fugen ausgebrochen,
16	Turnhalle Wolfsgasse	Glasbausteinwände sind undicht
17	Rathaus Baesweiler	Altbau: Fugensanierung in Teilbereichen erforderlich
18	Rathaus Setterich	Atrium Einfachglas
19	Wohnung an der Burg	Fenster sind undicht, unangenehme Zugerscheinungen
20	KGS Beggendorf	keine sichtbaren Mängel
21	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA1	Die Rasterelemente der Decke bewegen sich bei Wind im OG, was auf große Undichtigkeiten u.U. in der Attika hinweist
22	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA2	Hallen sind nicht dicht, es kommt gegenseitig zu Geruchs-, Staub- und Lärmbelastigungen; Tore sind teilweise beschädigt, Scheiben gebrochen
23	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA3	

Abb. 2.4 Liste Baumängel

Lfd.-Nr.	Gebäude	Bereits durchgezogene Teilsanierungen, punktuelle Sanierungen aufgrund von Brandschutzbestimmungen nicht berücksichtigt.
1	Gymnasium und Turnhalle	T1: Dachbodendämmung vorh. T2: 1998 Gebäudeerweiterung (WSVO 1995) Turnhallenbereich: Sportbodenerneuerung mit 100 mm Dämmung Kalzip-Dach
2	Turnhalle Am Weiher	Unsaniert, Solaranlage zur Brauchwassererwärmung
3	GGG St. Barbara	Dachbodendämmung und neue Fenster (Bj. 2002)
4	Realschule Setterich	Erweiterung 1993, Altbau: 1999 Fensteraustausch
5	GGG Grengracht	Dachbodendämmung Trakt 2 und 3, Zwischenbau Bj. 2009, Fenster erneuert ca. 40%, (Bj. 2002) -> T2 90%, T1 Hofseite, Verbindungsgang, T3 Rückseite
6	Turn- und Schwimmhalle Grengracht	Umkleideräume 2000 mit 10 cm WDVS bekleidet, 2003 Dachsanierung mit Kalzip, Solaranlage zur Brauchwassererwärmung, Fernwärme seit Juni 2000
7	GGG Friedenschule	Dachbodendämmung, T1-Altbau Fenstersanierung 1973 im Zuge der Erstellung Trakt 2 T2: Kalzip-Dach
8	GHS Goetheschule	Dachbodendämmung, Werkräume Bj. 98 (Holzfenster an der Wetterseite schon 2004 erneuert), Mensa Bj. 2007; Kalzip-Dach
9	Mehrzweckhalle Grabenstraße	Unsaniert
10	Hallenbad Parkstraße	Biogasanlage und Solaranlage zur Brauchwassererwärmung; Kalzip-Dach
11	KGS Loverich	Dachbodendämmung
12	Mehrzweckhalle Loverich	Unsaniert, Bj. 1996
13	KGS Oidtweiler	Dachbodendämmung, 1974 Fensteraustausch im Altbau, Schulerweiterung 2000
14	Turnhalle Oidtweiler	Unsaniert bzw. 1992 Erweiterung der Umkleideräume
15	GGG Andreasschule	Dachbodendämmung, Trakt 2 neue Fenster, Altbau teilweise (Bj. 2005-07 U 1,0 W/m ² K),
16	Turnhalle Wolfsgasse	1998 saniert (im Zuge der Stilllegung Schwimmbad), Kalzip-Dach
17	Rathaus Baesweiler	Altbau Zwischensparrendämmung 100 mm (2009)
18	Rathaus Setterich	Unsaniert (nachträglich verkleinert), Kalzip-Dach
19	Wohnung an der Burg	unsaniert
20	KGS Beggendorf	Dachbodendämmung, 1974 Fenster ausgetauscht (2,9 W/m ² K)
21	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA1	Unsaniert
22	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA2	Unsaniert
23	Internationales Techn.- u. Servicecenter BA3	Unsaniert

Abb. 2.5 Gebäudeliste der bereits durchgeführten Sanierungen

2.3 Beschreibung Haustechnik

2.3.1 Heizwärmeversorgung

Die Heizwärmeversorgung des Gebäudepools der Stadt Baesweiler erfolgt über Niedertemperatur-Ölkessel oder über die Anbindung an Fernwärme. Abbildung 2.6 gibt einen Überblick über den aktuellen Bestand und das Alter der Wärmeerzeugung. Der Anteil der Ölkesselanlagen beträgt dabei über 70%. Der Einsatz von

modernen Brennwertkesseln oder die Versorgung mit Gas ist bei keinem Gebäude gegeben. Die Nutzungsdauer von 18 Jahren nach VDI-Richtlinie 2067 haben 27 % der Anlagen erreicht bzw. überschritten. In den kommenden vier Jahren werden über 70% der Wärmeversorgungsanlagen diese Dauer überschreiten.

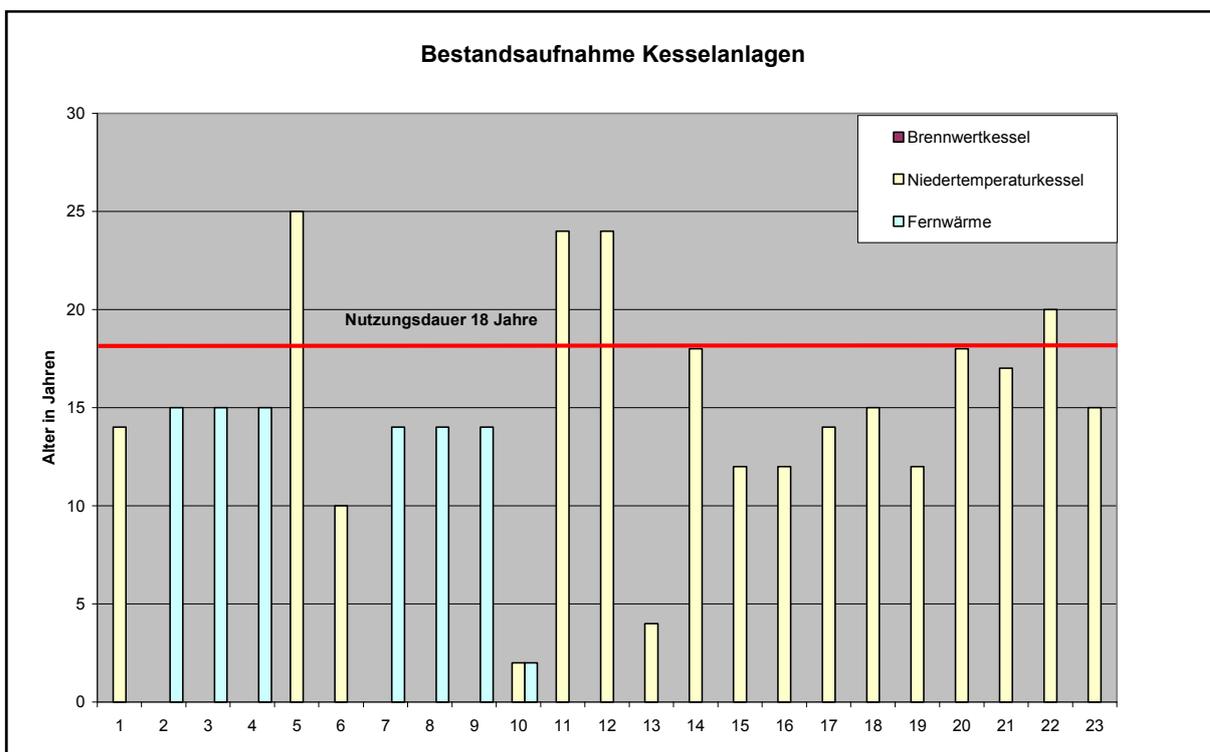


Abb. 2.6 Wärmeerzeuger

2.3.2 Lüftungsanlagen

Im Bestand des Gebäudepools sind 39% der Gebäude mit Lüftungsanlagen ausgerüstet. Das Gymnasium Baesweiler verfügt als einzige Schule über ein Lüftungsgerät für das pädagogische Zentrum. Außer der Turnhalle Wolfsgasse sind alle Sport- und Schwimmhallen mit Lüftungsanlagen aus-

gestattet. Das Internationale Technologie- und Servicezentrum (ITS) verfügt in Bereichen des zweiten und dritten Bauabschnitts über eine mechanische Be- und Entlüftung.

Grundsätzlich sind die Lüftungsanlagen nicht auf dem Stand der Technik.

Fehlerhafte Lüftungsführung, defekte oder nicht vorhandene Wärmerückgewinnung, Überdimensionierung und schlechte Regelbarkeit bedingen einen hohen Energieverbrauch. Vorhandene Wärmerückgewinnungssysteme sind als Kreislauf-

verbundsystem ausgeführt. Moderne Arten der rekuperativen oder regenerativen WRG sind nicht vorzufinden.

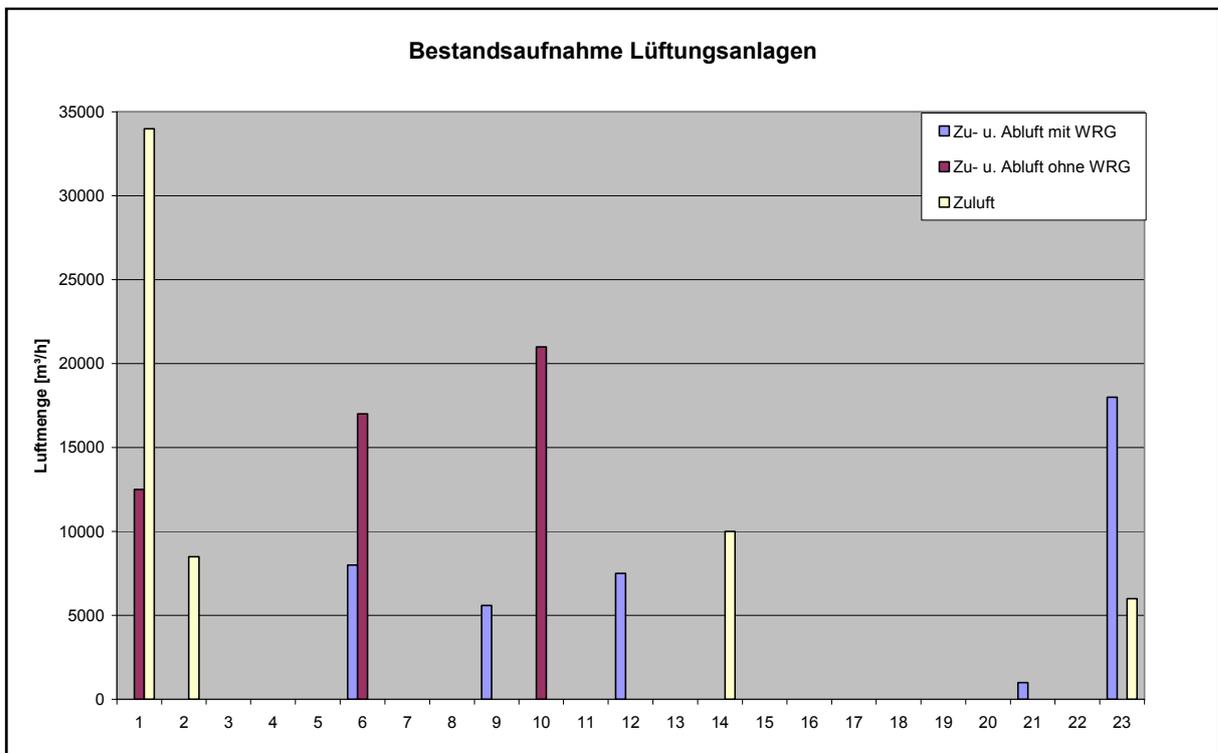


Abb. 2.7 Lüftungsanlagen und Luftmenge

2.3.3 Heizungspumpen

Der Bestand der Heizungspumpen weist verschiedene Gerätealtersstufen auf. Durch die vergleichsweise kurze Nutzungsdauer von 10 Jahren nach VDI 2067 sind die genutzten Pumpen durch Austausch auf unterschiedlichem technischem Standard. Die Realschule Baesweiler verfügt komplett über neue hocheffiziente geregelte Pumpen.

In anderen Gebäuden entspricht das Pumpenalter dem Baualter des Gebäudes. Bei den Sanierungsleistungen der letzten Jahre wurden durch die Stadt Baesweiler beim Austausch der Wärmeerzeugung meist auch die Pumpen ausgetauscht und auf den aktuellen Stand der Technik gebracht.

2.3.4 Beleuchtung

Im Beleuchtungsbestand des Gebäudepools sind zum Großteil veraltete Leuchten mit konventionellem Vorschaltgerät (KVG) vorzufinden. Auch wenn nach Abbildung 2.8 bereits 56% aller Gebäude über neue Spiegelrasterleuchten mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) verfügen, so sind diese meist nur vereinzelt installiert bzw. lediglich aufgrund eines technischen Defekts der alten Beleuchtung ersetzt worden. Die Grundschule in Oidtweiler

verfügt als einzige Schule über eine komplett erneuerte Beleuchtung mit tageslicht- und anwesenheitsabhängiger Steuerung. Abbildung 2.8 zeigt, dass bereits über 91% der Beleuchtungsanlagen ihre Nutzungsdauer von 15 Jahren meist um ein vielfaches überschritten haben.

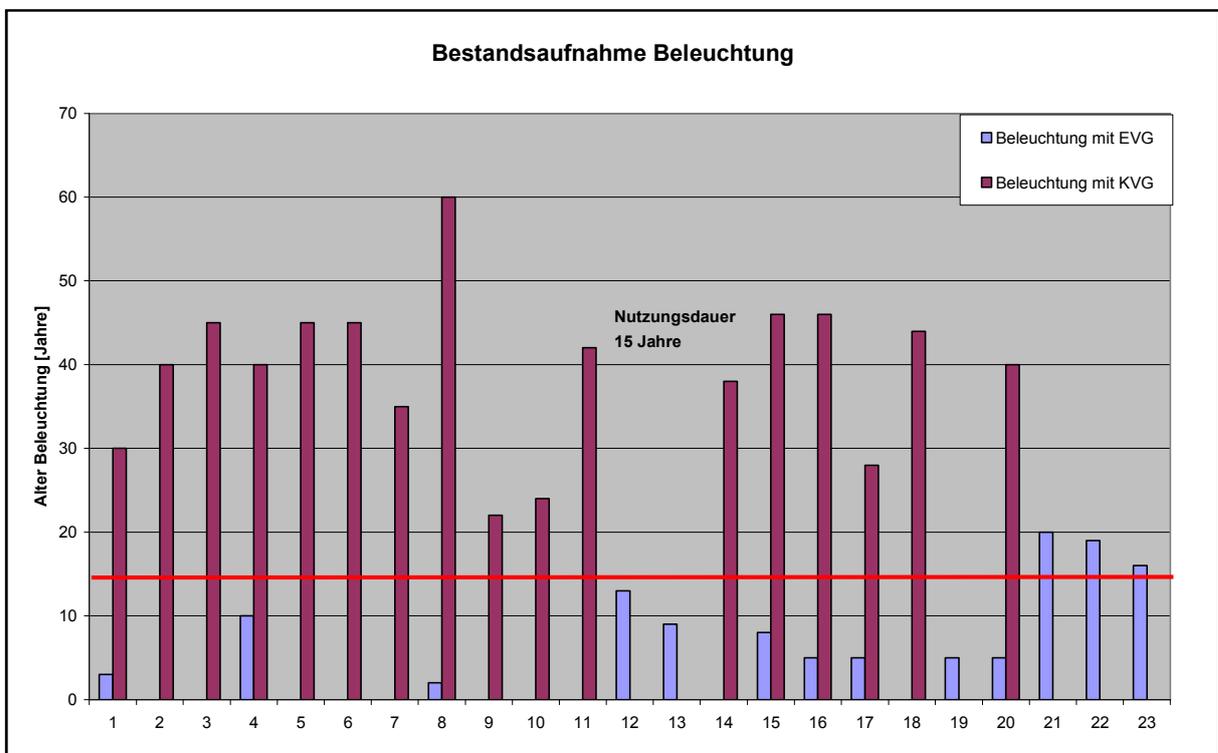


Abb. 2.8 Beleuchtungsanlagen und Alter

2.3.5 Warmwasserbereitung

In den Schulen der Stadt Baesweiler wird das Warmwasser dezentral über Unter-tisch-Warmwasser-Bereiter bereitgestellt.

Die Turnhalle in Oidtweiler verfügt als einziges Gebäude über eine zentrale elektrische Warmwasserbereitung. In den Turn- und Schwimmhallen erfolgt die Bereitstellung von Warmwasser zentral über

die vorhandenen Heizkessel und wird in entsprechenden Speichern vorgehalten. Eine zusätzliche solarthermische Erwärmung von Wasser erfolgt im Hallenbad Parkstraße sowie in der Dreifach-Turnhalle am Weiher. Abbildung 2.9 gibt einen Überblick über den Standard der Warmwasserbereitung.

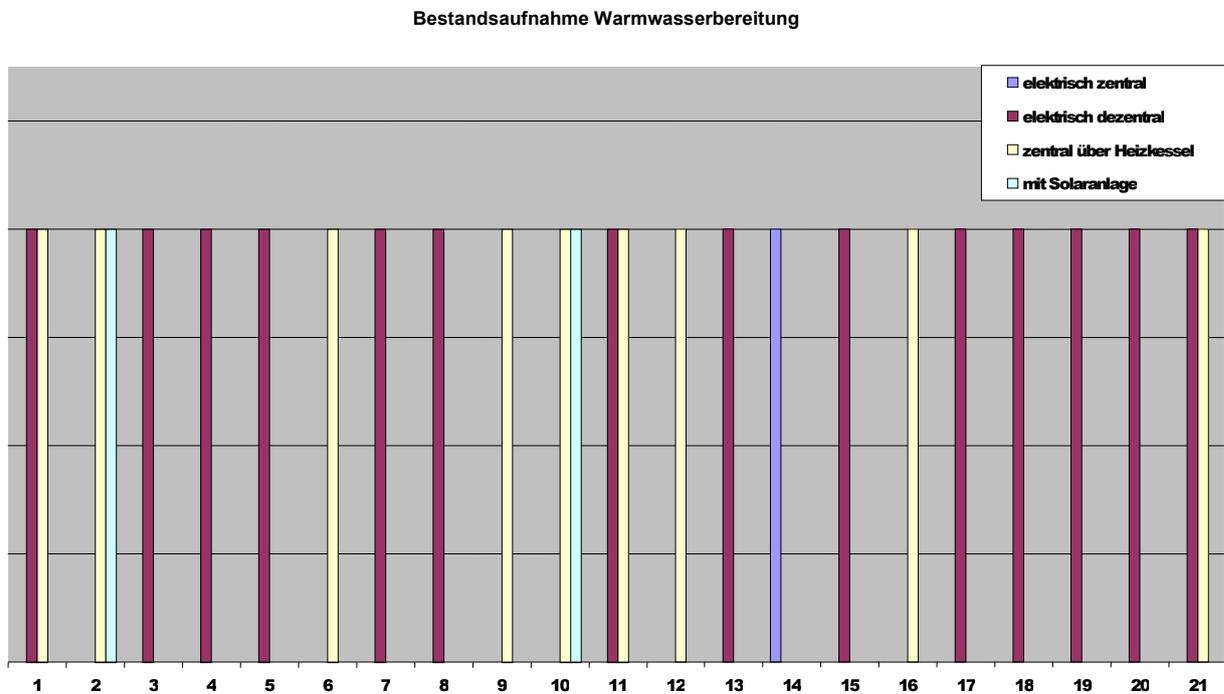


Abb. 2.9 Warmwasserbereitung

2.4 Messungen im Bestand

Zur genaueren Ist-Analyse der Gebäude wurden Temperatur-, CO₂-, relative Feuchte-, Luftgeschwindigkeits- und Beleuchtungsmessungen in ausgewählten Räumen durchgeführt. Darüber hinaus

erfolgte eine Thermographie- und Blowerdoormessung. Unterschieden werden die Messungen nach kontinuierlichen Messungen und diskontinuierlichen Messungen.

2.4.1 Kontinuierliche Messungen

Messgrößen	<ul style="list-style-type: none">- Raumtemperatur- CO₂-Konzentration- Relative Luftfeuchtigkeit- Raumlufgeschwindigkeit
Messorte	Räume unterschiedlicher Orientierung
Zeitraum	1 Tag bis 2 Wochen
Ausführung	Die Messwertaufnahmen erfolgten mit Testo Datenloggern und Messfühlern. Die Messwerte wurden dazu in unterschiedlichen Zeitintervallen gespeichert und zeitaufgelöst ausgewertet. Die Anbringung der Sensoren erfolgte möglichst in der Raummitte um die äußeren Einflussfaktoren zu minimieren.

2.4.2 Diskontinuierliche Messungen

Messgrößen	<ul style="list-style-type: none">- Wärmebrücken- Luftdichtigkeit- Dämmstandard der Gebäudehülle- Beleuchtungsstärke in den Räumen
Messorte	Fassaden und Fensterflächen, Gebäudeteile bzw. -trakte
Ausführung	Die Thermographieaufnahmen vom Gebäude wurden mit einer Kamera vom Typ b50 der Firma FLIR erstellt. Die Blowerdoormessungen wurden mit dem Minneapolis Blowerdoor System. Die Beleuchtungsmessung wurde mit einem Beleuchtungsmessgerät der Firma Testo durchgeführt.

2.4.3 Luftdichtigkeit/ Wärmebrücken/ Dämmstandard

Um neben der Untersuchung der Gebäude der Gebäudehülle eine qualitative Aussage über den Dämmstandard des Gebäudebestandes zu bekommen, wurden bei den Gebäuden Blower-Door-Messungen in Teilbereichen durchgeführt sowie Thermografie-Aufnahmen gemacht. Dabei zeigten sich erwartungsgemäß große

Undichtigkeiten u.a. im Gymnasium, der Realschule, der Barbaraschule, der alten Grundschule in Beggendorf, sowie in den Rathäusern und im ITS, deren Benutzer bereits über große Zugerscheinungen klagten. Hallenbäder und Turnhallen wurden nicht in den Luftdichtigkeitstest mit einbezogen.

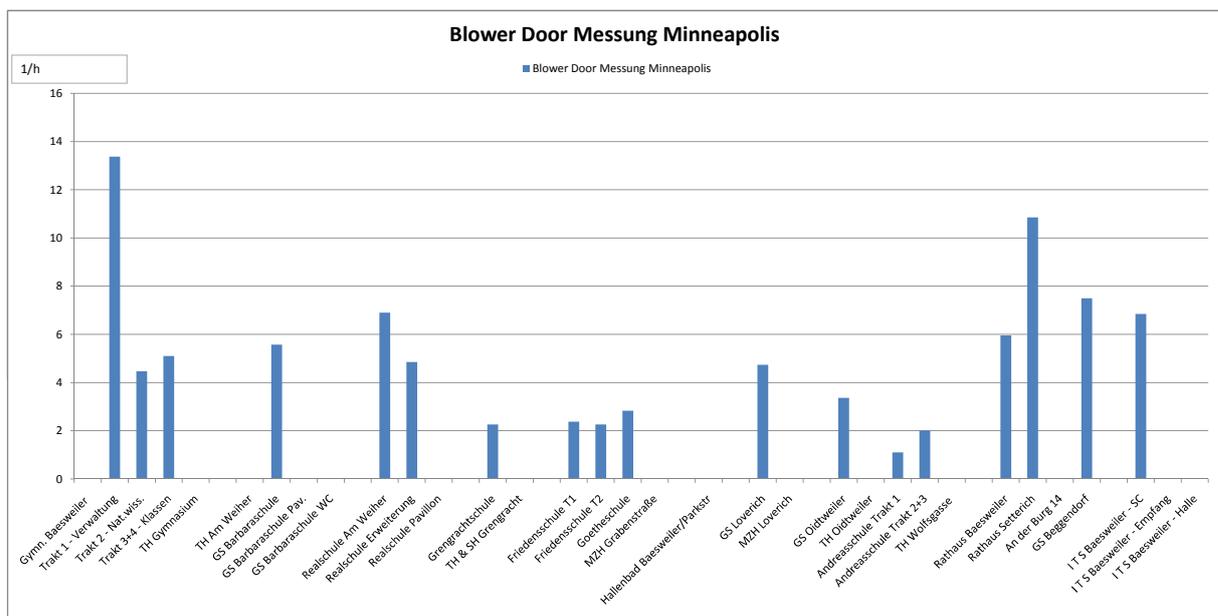


Abb. 2.10 Luftdichtigkeit

Die Thermografieaufnahmen brachten denn auch einige offensichtliche Leckagen ans Licht. Dort, wo die alten Fenster noch eingebaut sind, ist der Wärmefluss nach draußen deutlich zu sehen, auch wurden beim Blower-Door-Test schon Undichtigkeiten in den Anschlüssen festgestellt. Auch legt die Thermografie die Schwächen der 70er Jahre-Stahlbetonbauweise offen - Jeder Plattenstoß ist eine Wärmebrücke (Hallenbad oder Turnhalle Am Weiher, Gymnasium) Auch die Sockelbereiche stellen eine Wärmebrücke dar (s. Turnhalle Am Weiher). Die Glasbausteinwände der 60er Jahre-Bauten offenbaren ihre schlechte

Dämmeigenschaft ebenso wie die Stützenkonstruktionen der 70er Jahre, die oft wenig oder gar nicht gedämmt die Außenhülle durchdringen (Grengracht). Bei den Backsteinbauten sind es eher die neuralgischen Punkte Fensteranschluss, Trauf- und Sockelanschluss, dort wo der Bau an die ungedämmten Ebenen Keller und Dachgeschoss stößt. Da zeigt dann auch die erst kürzlich lose verlegte Mineralwolle im Dachbereich noch Schwachstellen, da die Anschlusspunkte nicht mangelfrei sind, bzw. die Dämmung keine Fortsetzung in der Wand findet.

Die MZH Loverich zeigt keine brauchbaren Aufnahmen, da sie metallverkleidet ist. Die 80er Jahre-Bauten weisen schon ein homogeneres Wärmebild auf. Es tauchen aber auch hier die nicht überdämmten

und undichten Fensteranschlüsse sowie die Sockel- und Traufschwächen in der Dämmung auf.

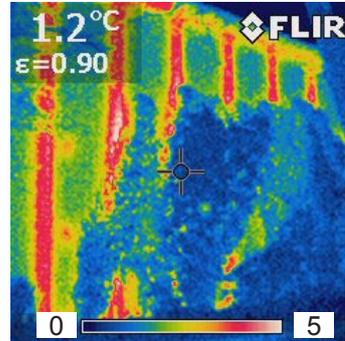


Abb. 2.11 Gegenüberstellung Wärmebrücken Turnhalle am Weiher

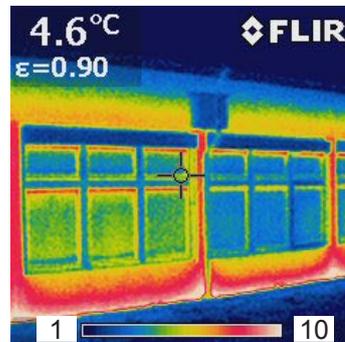


Abb. 2.12 Gegenüberstellung Wärmebrücken Sockelbereich Barbaraschule



Abb. 2.13 Gegenüberstellung Wärmebrücken Sockelbereich Beggendorf

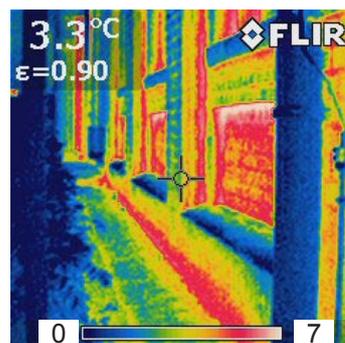


Abb. 2.14 Gegenüberstellung Wärmebrücken Sockelbereich Grundschule Oidtweiler

2.4.4 Raumtemperatur

Die Messung der Raumtemperatur erfolgte in drei verschiedenen Höhen (10 cm, 90 cm und 170 cm), damit sind die Temperaturschichtung im Raum sowie Kriterien der thermischen Behaglichkeit zu beurteilen. Die Höhe von 10cm entspricht der Knöchelhöhe eines Menschen, die Höhe von 90 cm der Arbeitshöhe eines sitzenden Schülers und die Höhe von 170 cm der einer stehenden Person. Der Temperaturunterschied zwischen 10 cm und 90 cm muss nach DIN EN ISO 7730 weniger als 3° C betragen um ein Kriterium für behagliches Raumklima zu erfüllen.

Die winterliche Temperatur in Klassen-

zimmern sollte 20° C betragen. Abbildung 2.15 zeigt den Temperaturverlauf in Raum 3.106 des Gymnasiums Baesweiler, daraus wird ersichtlich, dass die Temperatur während des Unterrichts im Winter bis zu 23° C beträgt. Der Sollwert wird damit um 15% überschritten. Das Kriterium der Temperaturschichtung wird eingehalten. Abbildung 2.15 zeigt ebenso die inneren Wärmelasten der Schüler. Während des Unterrichts steigt die Raumtemperatur aufgrund der hohen Belegungsdichte kontinuierlich. Wird hingegen der Raum nicht genutzt, ist ein Absinken der Raumtemperatur zu beobachten.

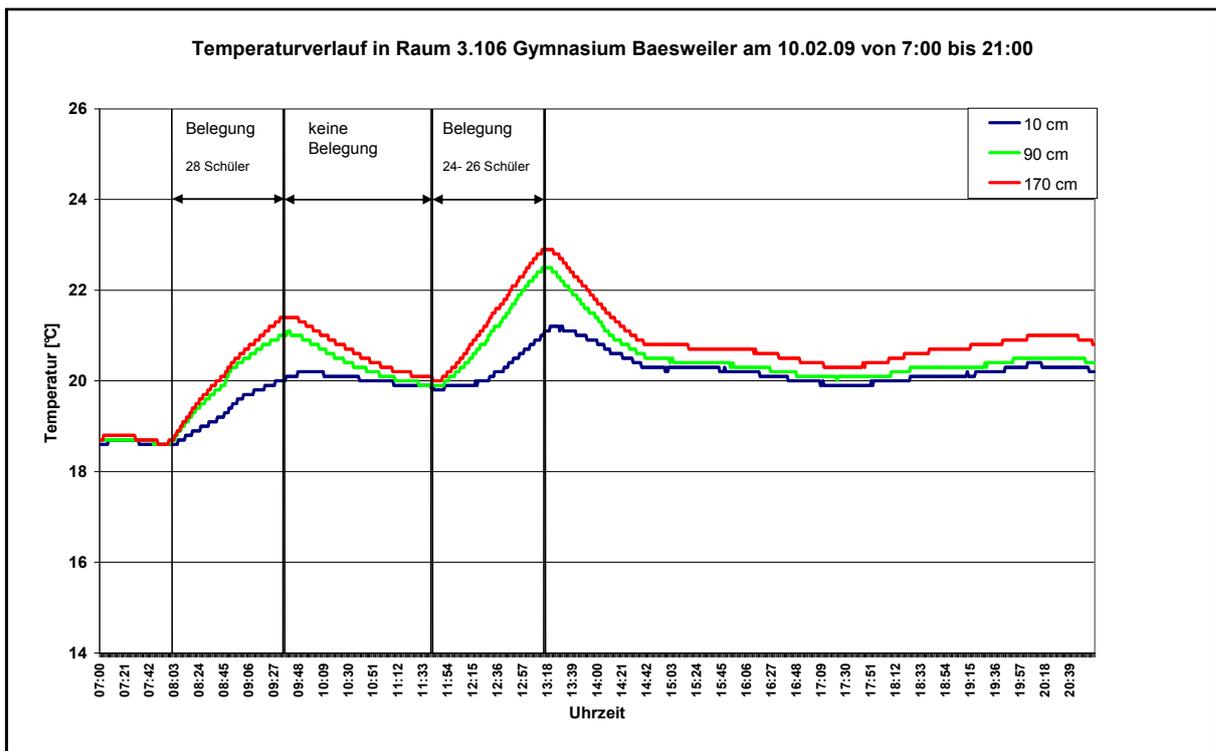


Abb. 2.15 Temperaturverlauf Raum 3.106 des Gymnasium Baesweiler im Winter

Um äußere Einflüsse wie Sonneneinstrahlung und Außentemperatur bewerten zu können, werden wie in Abbildung 2.16 der Verlauf der Außentemperatur und die Dauer der Sonneneinstrahlung über die Zeit aufgetragen. Der Raum 1.001 der Grengrachtsschule zeigt einen Anstieg der

Raumlufttemperatur aufgrund der morgendlichen solaren Wärmelasten. Trotz dieses solaren Beitrags liegt das Raumlufttemperaturniveau über die gesamte Messzeit unter den mindestens geforderten 20 °C und weist den Raum damit als zu kalt und unbehaglich aus.

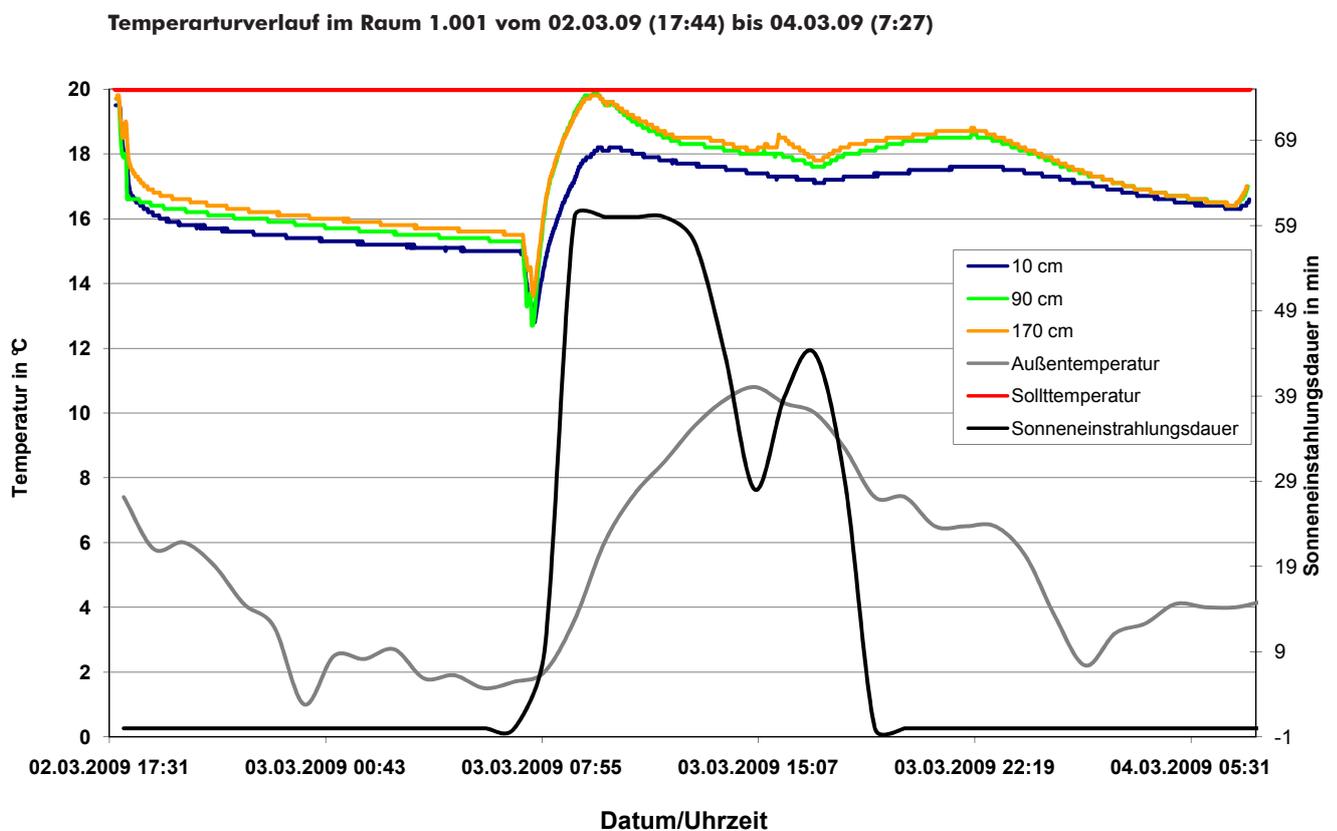


Abb. 2.16 Temperaturverlauf Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter

2.4.5 CO₂-Gehalt

Die Messung des CO₂-Gehalts erfolgt an einem zentralen Ort im Raum. Die Norm-CO₂-Konzentration der Luft beträgt 400 ppm. Laut Umweltbundesamt sollte der CO₂-Gehalt in Klassenräumen nicht mehr als 1500 ppm betragen. Luftbeimengungen wie CO₂ führen zu Geruchsbelästigungen, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen.

Abbildung 2.17 zeigt, dass die CO₂-Konzentration in dem Klassenzimmer bis auf 3500 ppm ansteigt und während der Nutzungszeit, außer zu Beginn des Tages, immer über dem Grenzwert liegt. Dieser wird um bis zu 133% überschritten.

Durch die Dokumentation der Nutzer wäh-

rend des Messzeitraumes ist gut nachzuvollziehen, auf welche Art, in welchem Umfang und zu welcher Zeit gelüftet wurde. Zu erkennen ist, dass bereits in der ersten Schulstunde der CO₂-Gehalt über den Grenzwert ansteigt. In den Zwischenstunden sowie in den Pausen ist ein Absinken deutlich zu erkennen. Auch die positive Wirkung der Stoßlüftung und der Nichtbelegung des Raumes auf die Raumluftqualität ist durch das Absinken der CO₂-Konzentration gut belegt. Die Beobachtungen im Gymnasium (Abb. 2.17) werden durch Messungen im Raum 1.009 der Realschule Setterich (Abb. 2.18) bestätigt.

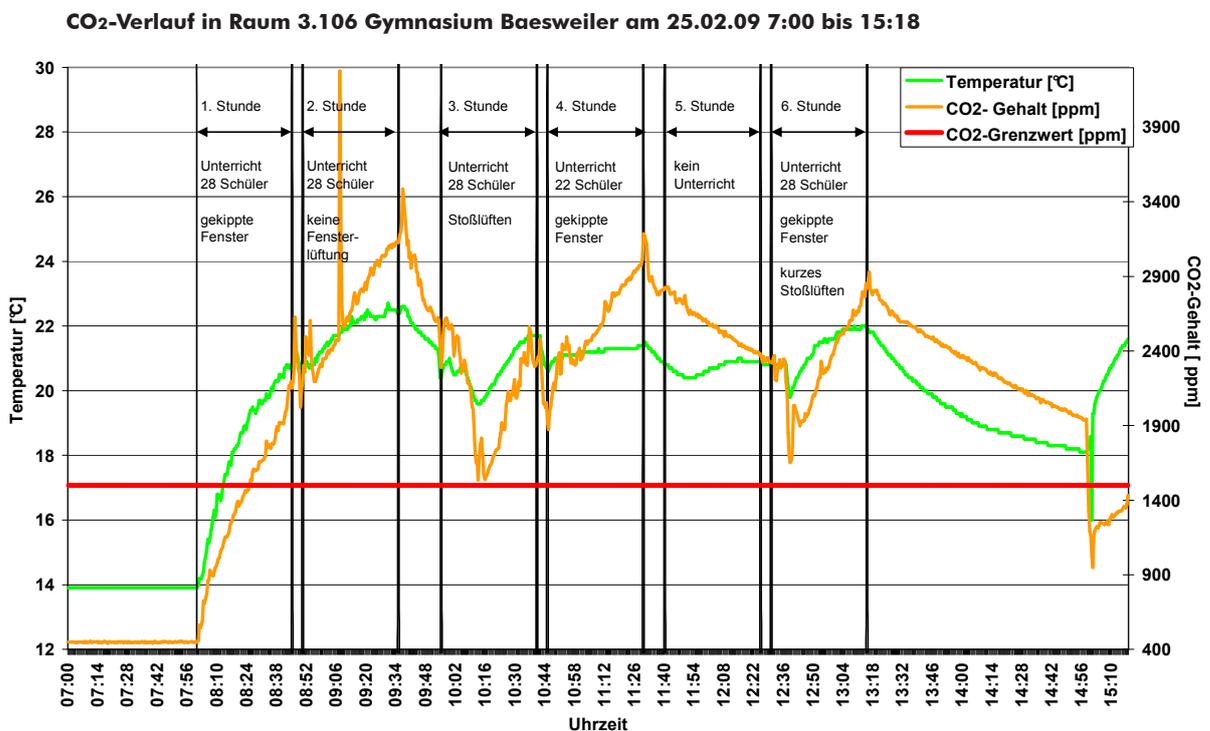


Abb. 2.17 Verlauf CO₂-Gehalt Raum 3.106 des Gymnasium Baesweiler im Winter

CO₂-Verlauf in Raum 1.009 Realschule Setterich am 27.02.09 7:00 bis 13:30

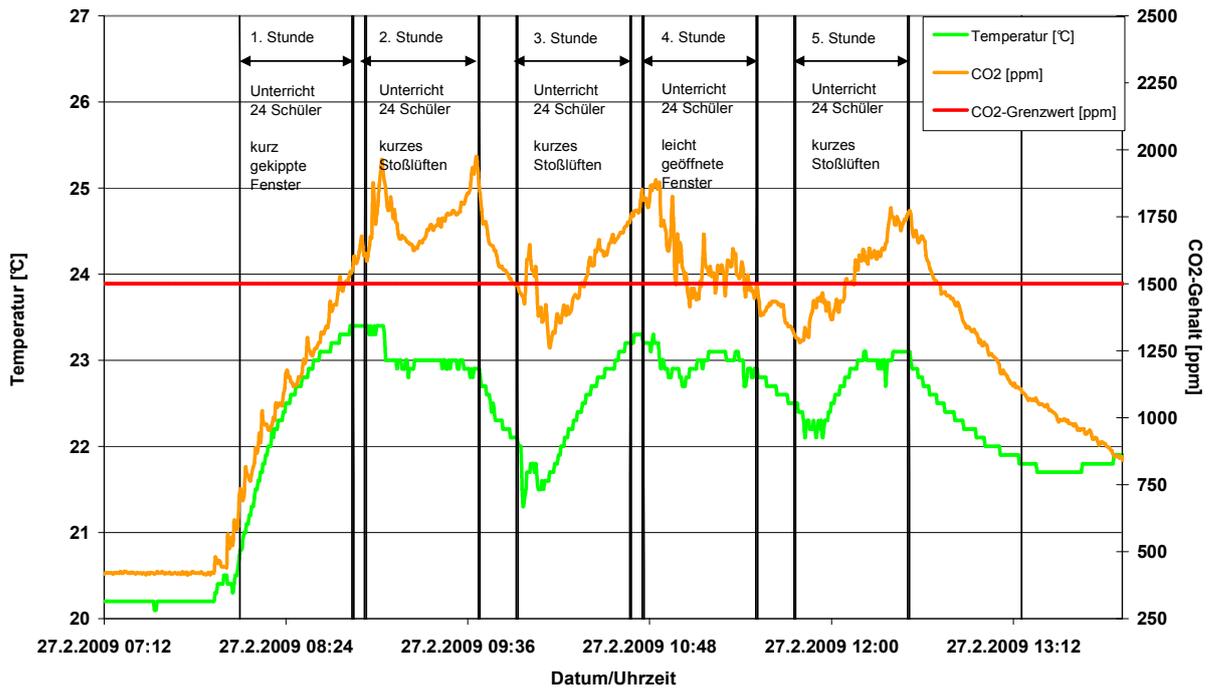


Abb. 2.18 Verlauf CO₂-Gehalt Raum 1.009 der Realschule Setterich im Winter

2.4.6 Beleuchtungssituation

Die Erfassung der Beleuchtungssituation erfolgte diskontinuierlich an festgelegten Punkten im Raum bei verschiedenen Beleuchtungssituationen. Für die Untersuchung des Beleuchtungsstandards sind vor allem wegen der höheren Anforderungen die Klassenräume in Schulen interessant. Die DIN 5035-4 trifft Vorschriften für die Beleuchtung mit künstlichem Licht in ge-

wöhnlichen Unterrichtsräumen. Für den Arbeitsplatz eines Schülers ist eine Beleuchtungsstärke von 300 lux nötig. Abbildung 2.19 und 2.20 zeigen, dass diese für die Messpunkte mit großem Abstand zur Fensterfront deutlich unterschritten wird. Die Werte liegen um bis zu 30% unter dem Sollwert.

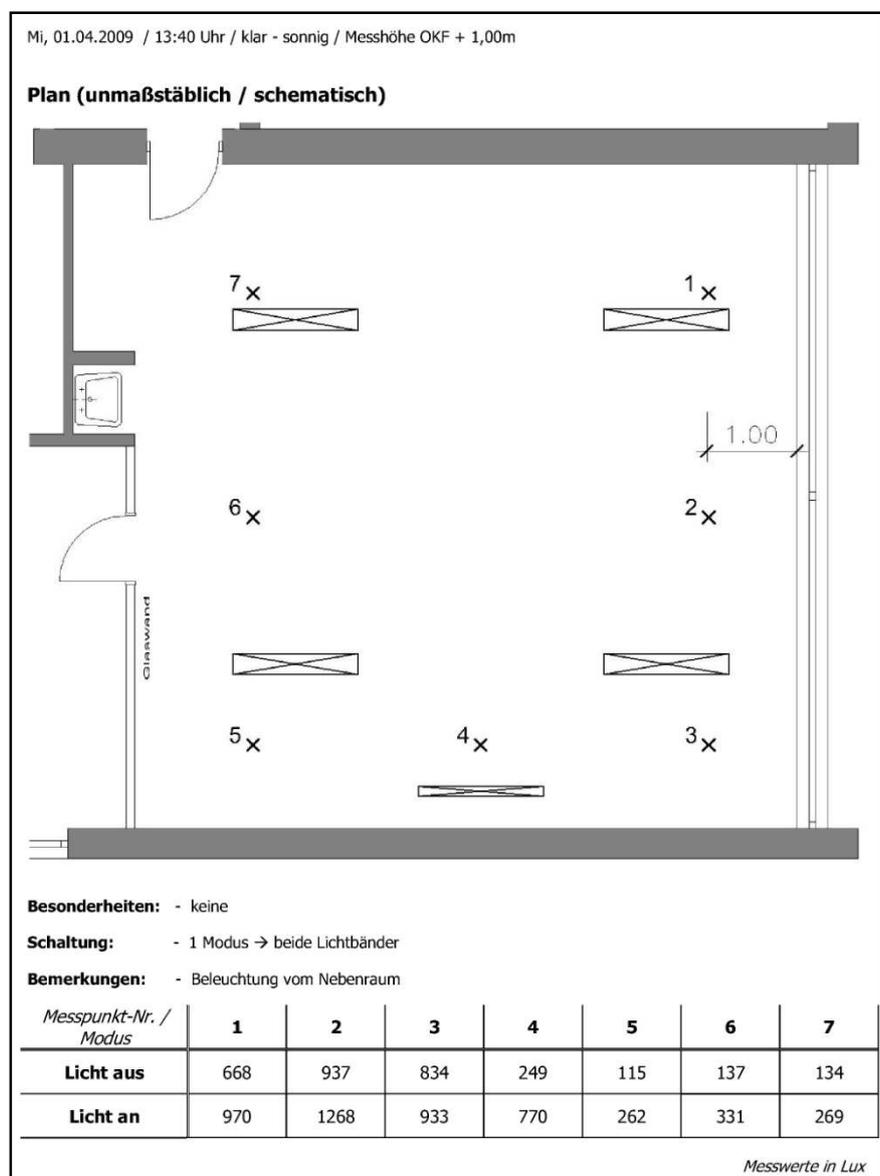
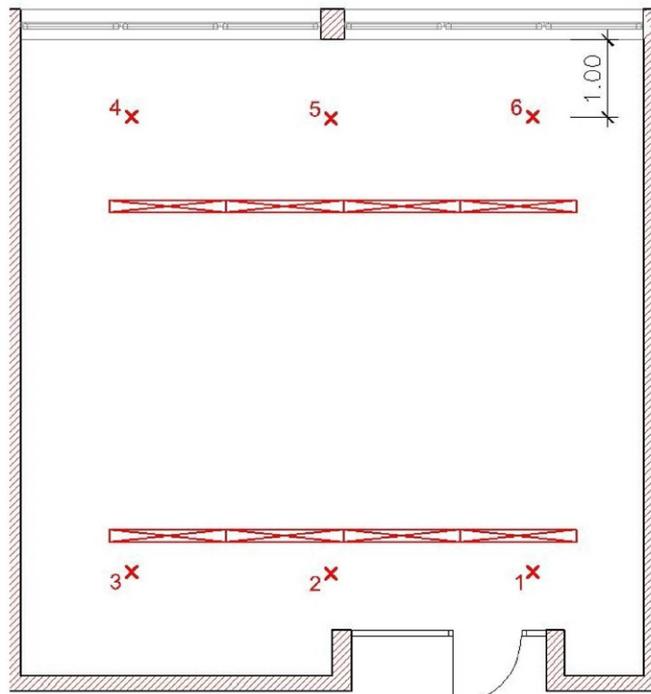


Abb. 2.19 Beleuchtungssituation Raum 2.114 der Andreasschule im Winter

Plan (unmaßstäblich / schematisch)



- Besonderheiten:** - keine
Schaltung: - 1 Modus → alles an
Bemerkungen: - keine

Messpunkt-Nr. / Modus	1	2	3	4	5	6
Licht aus	111	148	117	2784	1079	3530
Licht an	207	287	248	2417	984	3980

Messwerte in Lux

Abb. 2.20 Beleuchtungssituation Raum 003 der GGS St. Barbara im Winter

2.4.7 Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Raumlufffeuchte wurde durch einen Kombi-Datenlogger zusammen mit der Raumtemperatur auf einer kontinuierlichen Höhe von 90 cm aufgezeichnet. Bei den winterlichen Raumlufftemperaturen von 20-22 °C kann die relative Feuchte der Raumluff nach DIN 13779 in einem Behaglichkeitsbereich von 20-70% variieren. Der Soll-Wert der relativen Feuchte liegt bei 45%. Ein zu niedriger Feuchtwert kann zu Schleimhautreizungen und trockenen Augen führen. Bei einem zu hohen Wert setzt beim Menschen das Schwüleempfinden ein. Für die Gebäudesubstanz bedingt ein

hoher Feuchtegehalt der Luft die Bildung von Schimmel - was auch gesundheitliche Gefahren für die Nutzer mit sich bringt - und den Verfall von Baustoffen. Die Feuchte-Messung in Raum 001 der GS Beggendorf zeigt, dass der oben angegebene Bereich während der Nutzungszeit nicht über- bzw. unterschritten wird. Tendenziell ist bei den gesamten durchgeführten winterlichen Messungen zur relativen Raumlufffeuchtigkeit ein unter- bzw. überschreiten des oben genannten Behaglichkeitsbereichs nur punktuell zu beobachten.

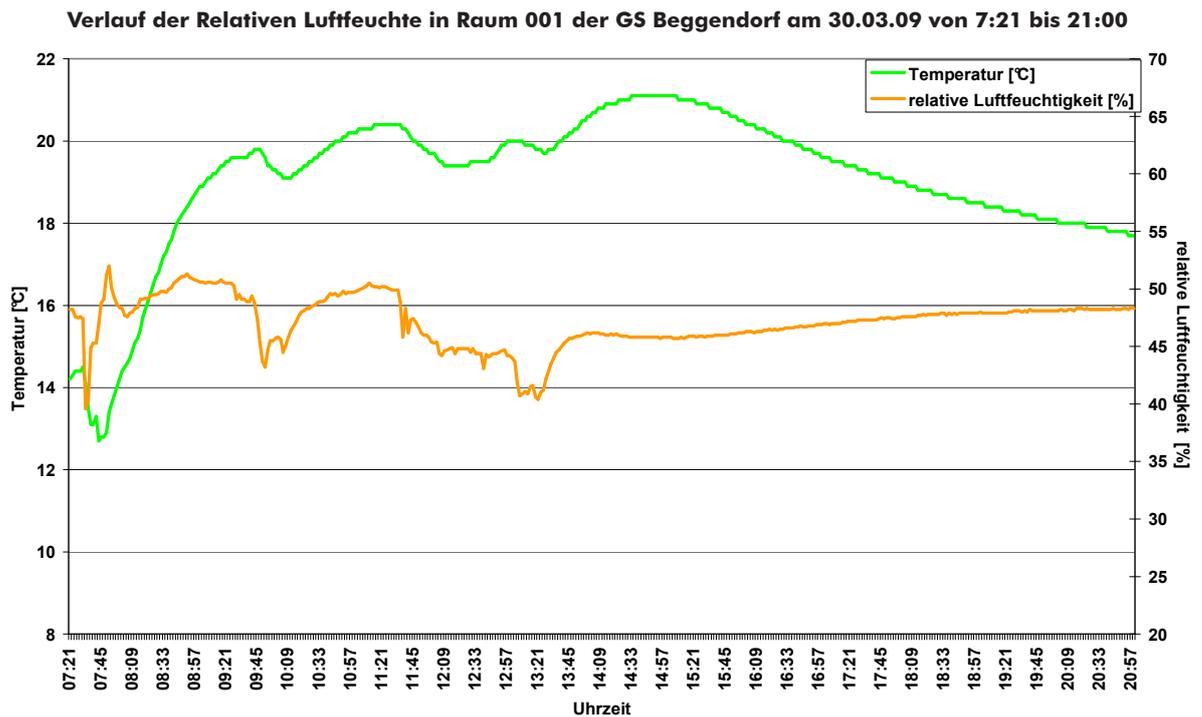


Abb. 2.21 relative Luftfeuchtigkeit Raum 001 der GS Beggendorf im Winter

2.4.8 Luftgeschwindigkeit

Die Messung der Luftgeschwindigkeit erfolgte zusammen mit der CO₂-Messung an einem zentralen Punkt im Raum.

Bei einer sitzenden Tätigkeit wird eine Luftgeschwindigkeit nach DIN 13779 über 0,16 m/s bei einer Soll-Temperatur von 20 °C als unangenehm empfunden und kann dadurch zu typischen Zugerkrankungen führen.

Abbildung 2.22 zeigt, dass dieser Grenzwert am Beispiel des Unterrichtszeitraums an der Grengrechtschule meist eingehalten wird. In punktuellen Fällen werden die 0,16 m/s aber auch überschritten, hierbei handelt es sich um das Öffnen von Türen und Fenstern, wodurch es je nach Dauer, Art und Temperaturunterschied zu Zugererscheinungen kommen kann.

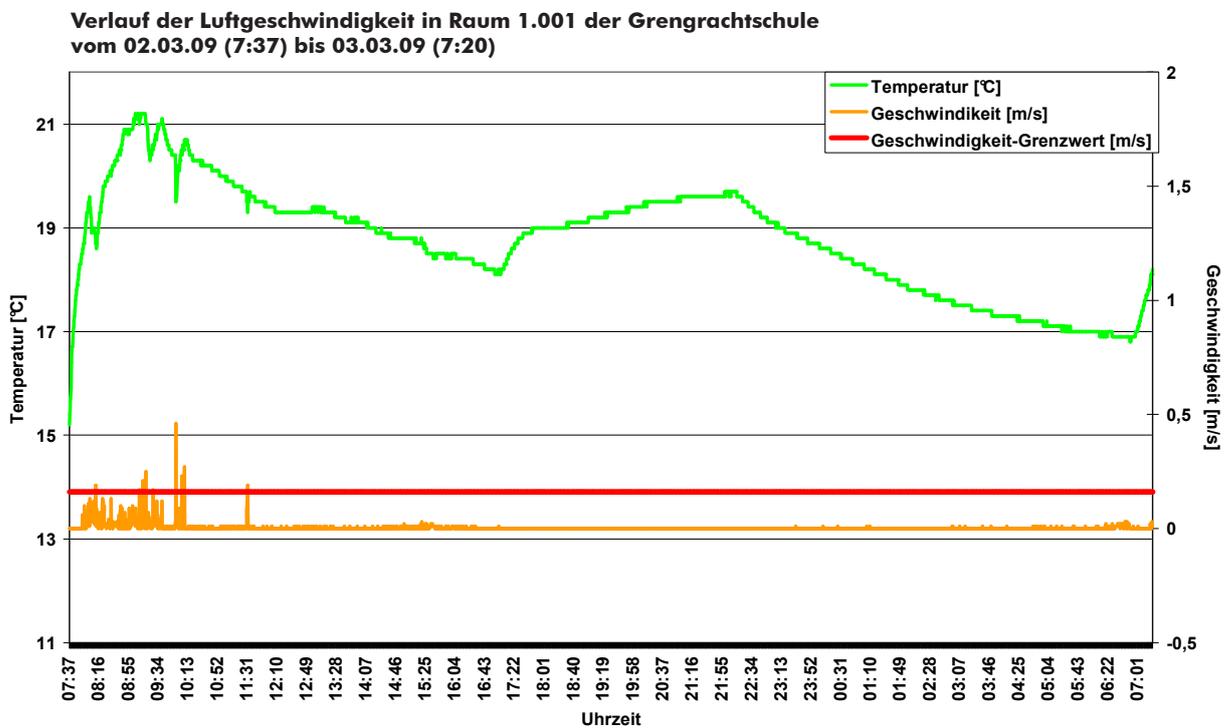


Abb. 2.22 Luftgeschwindigkeit Raum 1.001 der Grengrechtschule im Winter

2.5 Kennzahlen Haustechnik

2.5.1 Energiekennzahl Heizenergie

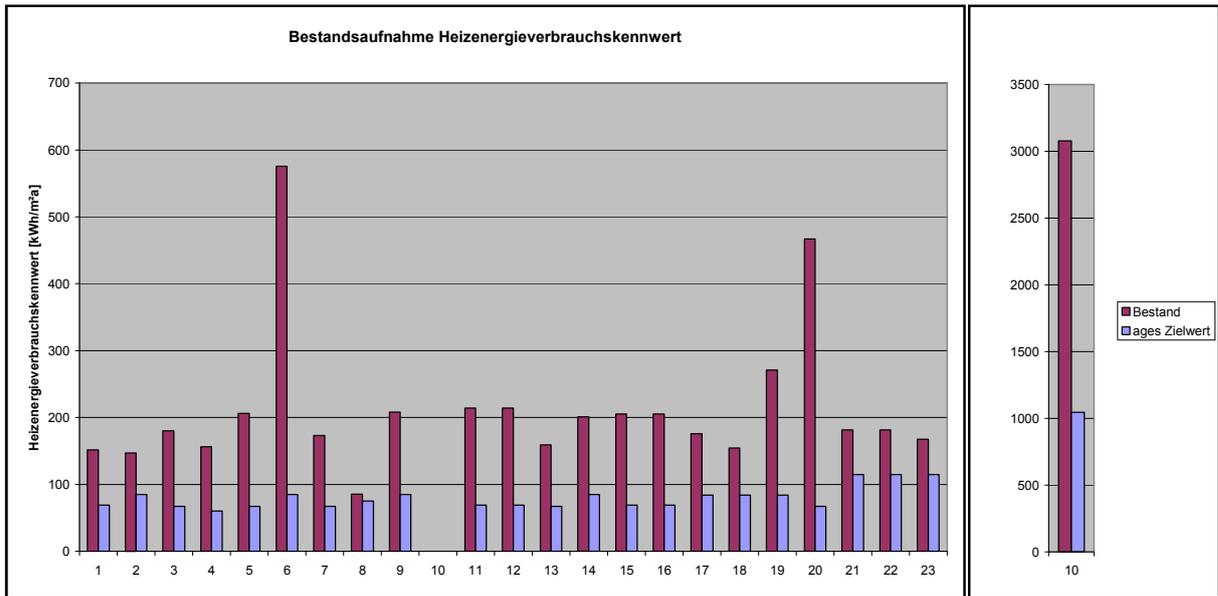


Abb. 2.23 spez. Heizenergieverbrauchskennwert Gebäudepool

2.5.2 Energiekennzahl Strom

Die beobachtete Tendenz beim spezifischen Heizenergieverbrauchskennwert ist auch beim spezifischen Stromverbrauchskennwert zu erkennen. Fünf Gebäude weisen einen Kennwert nahe dem ages-

Zielwert auf. Lediglich ein Verbrauchswert ist besser als der ages-Zielwert. Einsparungen im Stromverbrauch von bis zu 90% sind möglich.

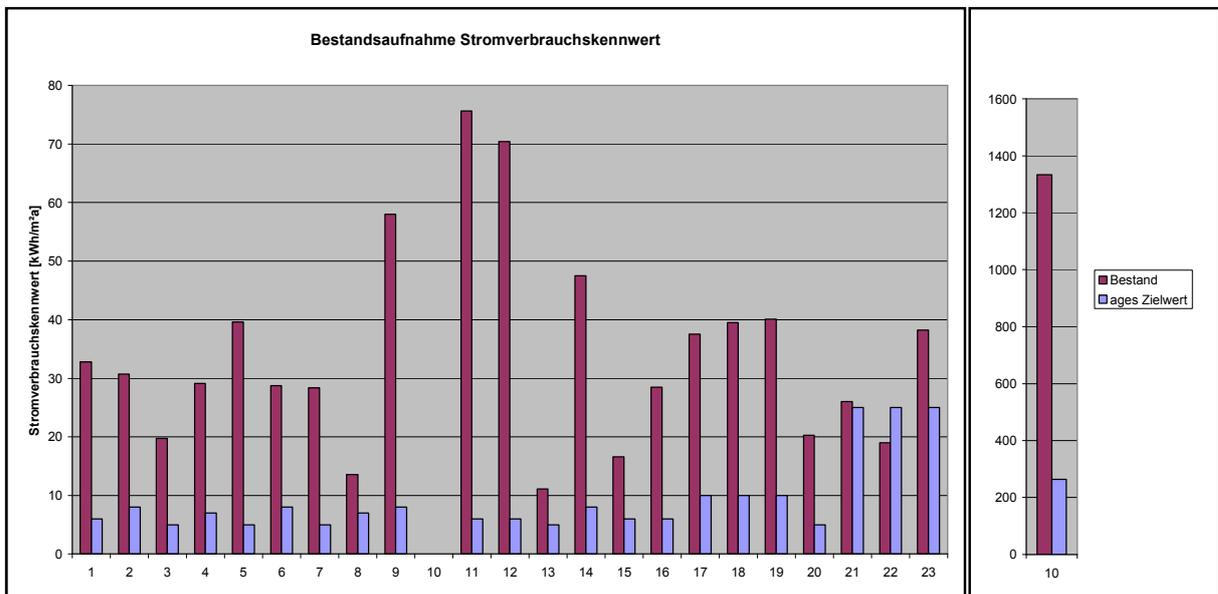


Abb. 2.24 spez. Stromverbrauchskennwert Gebäudepool

2.5.3 Wassernutzung – Hinweise

- Durchflussbegrenzer bzw. Spar-Duschköpfe einbauen.
- Ggf. von 9 auf 6 l Spülmenge umstellen, auf den Gebrauch vorhandener Spartasten hinweisen (Eignung des WC-Beckens durch prüfen, Hochbauamt).
- Urinalspülung: Änderung der

Betriebszeiten der Zentralspüleinrichtung: Beschränkung auf Pausenzeiten, unbedingt Abschaltung nach Unterrichtschluss.

Die Verbrauchswerte sind zu den Vergleichskennwerten als gut bis sehr gut einzustufen. Dennoch ist auf oben genannte Punkte zu verweisen.

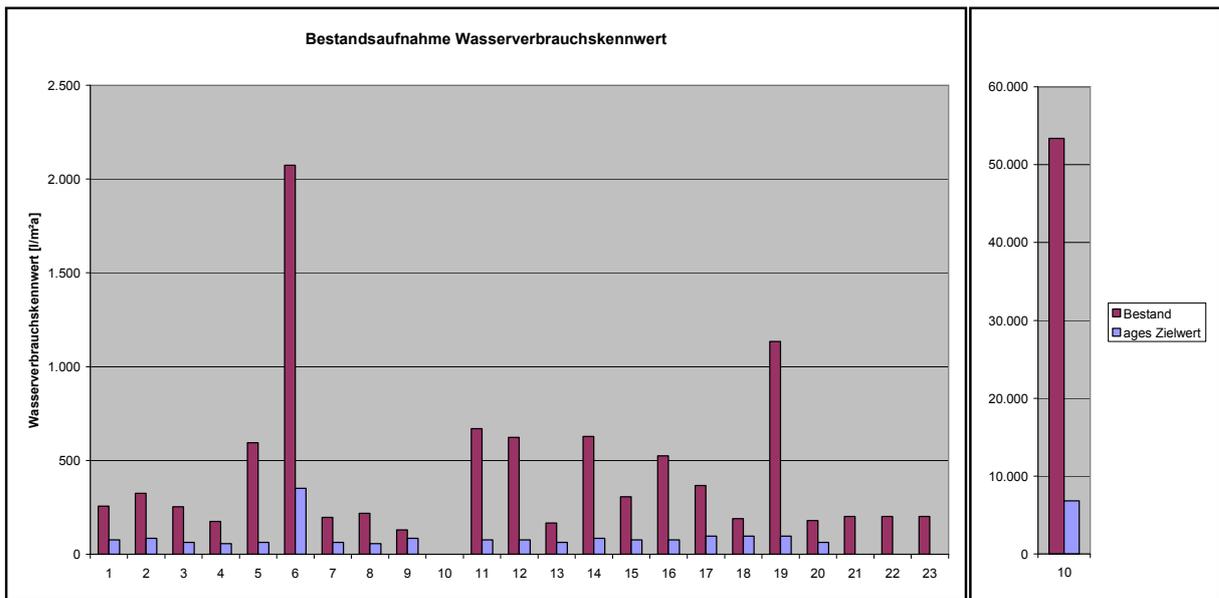


Abb. 2.25 spez. Wasserverbrauchskennwert Gebäudepool

2.6 Nutzerbefragung

Im Rahmen der Messungen wurden Nutzerbefragungen durchgeführt.

Während den Messungen wurden in den jeweiligen Räumen vom Nutzer Daten wie Raumbelegung, Personenanzahl, Lüftungsverhalten etc. vermerkt. Dadurch sind die aufgenommenen Messwerte besser zu verstehen und mögliche äußere Einflüsse leichter zu eliminieren.

Ebenfalls durchgeführt wurden allgemeine Nutzerbefragungen zur Behaglichkeit in den Gebäuden. Dabei wurden die Nutzer zu Geruchsbelästigungen, Raumlufttemperatur, Lüftungsverhalten etc. befragt.

Ziel dieser Befragung war die Darstellung und Einschätzung der Gesamtsituation eines Gebäudes im Hinblick auf die Behaglichkeit und das Nutzerverhalten.

Zusätzlich dienen die Ergebnisse zur Einschätzung der Dringlichkeit anstehender Sanierungsmaßnahmen und deren Erfolgskontrolle nach dem Umsetzungsprozess.

Die umfangreichste Nutzerbefragung wurde am Gymnasium Baesweiler durchgeführt und ist in Kapitel 6 ausführlicher beschrieben. Weitere Nutzerbefragungen sind im Anhang zu finden.

3 Konzepte zur energetischen Sanierung

Folgende Szenarien wurden untersucht: Sanierung der jeweiligen Gebäude nach EnEV 2009, Sanierung mit Passivhauskomponenten und Sanierung im Passivhausstandard, d.h. maximaler Heizwärmebe-

darf $\leq 0,15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Eine Bestandssanierung nach den Kriterien der EnEV 2009 ist Mindeststandard, der bei einer (Bauteil-)Sanierung ohnehin einzuhalten wäre.

3.1 Gebäudehülle

Bei der Sanierung der Gebäudehülle wurde nach Möglichkeit eine Aussendämmung gewählt, sie ist bauphysikalisch unproblematischer als eine Innendämmung (Wärmebrücken- und Tauwasserprobleme) und zudem oft auch kostengünstiger. Ein wirtschaftlicher Aspekt ist, dass auf diese Weise die Nutzfläche innen voll zu erhalten ist und damit der wirtschaftliche Ertrag eines Mietobjektes erhöht wird.

Für den **Sanierungsfall nach EnEV 2009** wurden die Vorgaben für die jeweiligen Bauteile nach der dortigen Tabelle 1, „Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen“ gewählt. Der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist u. E. obligatorisch, zumindest in öffentlichen Gebäuden, um neben den Vorteilen der Wärmerückgewinnung und der ständigen Zufuhr von Frischluft auch einen Feuchteschäden zu vermeiden, die i. d. R., -sofern tatsächlich keine Baumängel vorliegen- bei dichten Gebäuden durch falsches Lüften entstehen.

Für den **Sanierungsfall mit Passivhauskomponenten** wurde die Stärke der Dämmung so gewählt, dass ein U-Wert

$< 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht wurde. Dies entspricht zwar den Empfehlungen des Passivhausinstituts Darmstadt. Um tatsächlich den Passivhausstandard zu erreichen, ist häufig aufgrund der ungünstigen Kubatur der Gebäudekomplexe ein U-Wert von $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ und kleiner erforderlich.

Für den **Sanierungsfall im Passivhausstandard** muss das Gebäude mit allen Bauteilen auch im Zusammenspiel mit der Haustechnik betrachtet werden. I. d. R. kristallisiert sich wie schon erwähnt ein U-Wert $< 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ heraus.

Hier besteht auch auf Seiten der Haustechnik noch Entwicklungsbedarf in Bezug auf z.B. große Lüftungsanlagen. Die Rückgewinnungswerte sind noch nicht so effizient wie im Wohnungsbau und liefern derzeit maximale Werte von 75 %.

Den nachfolgenden Tabellen Abb. 3.1-3.3 sind die erforderlichen U-Werte und der sich daraus errechnete Heizwärmebedarf für die drei Sanierungsvarianten, die mit Hilfe des PHPP errechnet wurden, zu entnehmen.

Untersuchte Gebäude	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]
	[W/m²K] Boden- platte	[W/m²K] Decke Dach	[W/m²K] Wand Erdreich	[W/m²K] Wand Außenluft	[W/m²K] Fenster	
Gymnasium Baesweiler:						
Trakt 1 - Verwaltung	0,194	0,069	0,126	0,128	0,736	15
Trakt 2 - Nat.wiss.	0,278	0,111	0,102	0,088	0,839	14
Trakt 3+4 - Klassen	0,141	0,060	0,098	0,136	0,858	15
TH Gymnasium	0,692	0,115		0,102	0,787	19
Turnhalle 'Am Weiher'	0,110	0,103		0,107	0,803	15
Grundschule Barbaraschule	0,104	0,095	0,103	0,088	0,757	15
Pavillons Barbaraschule	0,120	0,085		0,069	0,762	15
Realschule Setterich	0,196	0,096	0,112	0,107	1,655	15
Realschule Pavillion Setterich	0,356	0,251		0,263	1,530	101
Grengrachtschule	0,183	0,112	0,098	0,104	0,808	15
Grengracht	0,125	0,100	0,100	0,103	0,756	13
Friedensschule T1	0,169	0,124		0,133	0,816	13
Friedensschule T2	0,107	0,100		0,089	0,875	15
Goetheschule	0,380	0,109		0,100	0,952	14
MZH Grabenstraße	0,092	0,092		0,096	0,947	15
Hallenbad Parkstraße	0,216	0,098	0,100	0,100	0,720	16
Grundschule Loverich	0,111	0,065	0,230	0,112	0,791	14
Mehrzweckhalle Loverich	0,220	0,100		0,102	0,678	15
Grundschule Oidtweiler	0,136	0,113		0,129	0,730	15
Turnhalle Oidtweiler	0,391	0,108		0,101	0,298	15
Andreasschule T1-3	0,136	0,095	0,138	0,132	0,909	15
Turnhalle Wolfsgasse	0,311	0,099		0,093	0,831	15
Rathaus Baesweiler	0,161	0,115		0,136	0,890	12
Rathaus Setterich	0,293	0,101	0,155	0,103	0,774	15
ehem. Whs 'An der Burg 14'	0,103	0,081		0,090	0,698	15
Grundschule Beggendorf	0,220	0,105		0,184	0,764	29
ITS Empfangsgebäude	0,224	0,126	0,223	0,094	0,818	15
ITS Hallen	0,217	0,135		0,112	0,761	15
ITS Servicezentrum	0,101	0,108	0,207	0,101	0,820	10

Abb. 3.1 U-Werte und Heizwärmebedarf Standard EnEV 2009

Untersuchte Gebäude	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]
	[W/m²K] Boden- platte	[W/m²K] Decke Dach	[W/m²K] Wand Erdreich	[W/m²K] Wand Außenluft	[W/m²K] Fenster	
Gymnasium Baesweiler:						
Trakt 1 - Verwaltung	1,429	0,096	0,139	0,135	0,740	79
Trakt 2 - Nat.wiss.	0,920	0,134	0,127	0,112	0,800	16
Trakt 3+4 - Klassen	1,421	0,129	0,138	0,118	0,800	30
TH Gymnasium	0,692	0,134		0,126	0,800	21
Turnhalle 'Am Weiher'	0,487	0,157		0,143	0,803	36
Grundschule Barbaraschule	0,513	0,095	0,117	0,088	1,463	71
Pavillons Barbaraschule	1,032	0,129		0,145	1,305	124
Realschule Setterich	0,515	0,205	0,245	0,214	1,425	35
Realschule Pavillion Setterich	0,356	0,251		0,263	1,530	101
Grengrachtschule	1,787	0,108	0,098	0,104	1,238	69
Grengracht	1,088	0,146	0,147	0,148	0,872	95
Friedensschule T1	0,369	0,129		0,192	0,860	20
Friedensschule T2	0,144	0,100		0,142	0,875	17,5
Goetheschule	0,960	0,138		0,119	0,907	28
MZH Grabenstraße	0,478	0,128		0,126	0,871	36
Hallenbad Parkstraße	0,464	0,111	0,147	0,144	2,912	23
Grundschule Loverich	0,679	0,127	0,910	0,165	0,877	50
Mehrzweckhalle Loverich	0,512	0,143		0,144	1,975	59
Grundschule Oidtweiler	0,559	0,129		0,171	1,565	51
Turnhalle Oidtweiler	1,096	0,117		0,148	0,482	82
Andreasschule T1-3	0,935	0,127	0,284	0,190	0,847	49
Turnhalle Wolfsgasse	1,014	0,114		0,135	1,553	99
Rathaus Baesweiler	0,171	0,133		0,176	0,890	14
Rathaus Setterich	2,215	0,143	0,152	0,146	0,842	50
ehem. Whs 'An der Burg 14'	0,154	0,081		0,113	2,549	37
Grundschule Beggendorf	0,564	0,105		0,184	0,853	55
ITS Empfangsgebäude	0,760	0,172	0,219	0,141	0,903	56
ITS Hallen	0,436	0,128		0,150	0,800	49
ITS Servicezentrum	0,155	0,156	0,151	0,154	0,800	13

Abb. 3.2 U-Werte und Heizwärmebedarf PH-Komp

Untersuchte Gebäude	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]
	[W/m²K] Boden- platte	[W/m²K] Decke Dach	[W/m²K] Wand Erdreich	[W/m²K] Wand Außenluft	[W/m²K] Fenster	
Gymnasium Baesweiler:						
Trakt 1 - Verwaltung	0,194	0,069	0,126	0,128	0,736	15
Trakt 2 - Nat.wiss.	0,278	0,111	0,102	0,088	0,839	14
Trakt 3+4 - Klassen	0,141	0,060	0,098	0,136	0,858	15
TH Gymnasium	0,692	0,115		0,102	0,787	19
Turnhalle 'Am Weiher'	0,110	0,103		0,107	0,803	15
Grundschule Barbaraschule	0,104	0,095	0,103	0,088	0,757	15
Pavillons Barbaraschule	0,120	0,085		0,069	0,762	15
Realschule Setterich	0,196	0,096	0,112	0,107	1,655	15
Realschule Pavillion Setterich	0,356	0,251		0,263	1,530	101
Grengrachtsschule	0,183	0,112	0,098	0,104	0,808	15
Grengracht	0,125	0,100	0,100	0,103	0,756	13
Friedensschule T1	0,169	0,124		0,133	0,816	13
Friedensschule T2	0,107	0,100		0,089	0,875	15
Goetheschule	0,380	0,109		0,100	0,952	14
MZH Grabenstraße	0,092	0,092		0,096	0,947	15
Hallenbad Parkstraße	0,216	0,098	0,100	0,100	0,720	16
Grundschule Loverich	0,111	0,065	0,230	0,112	0,791	14
Mehrzweckhalle Loverich	0,220	0,100		0,102	0,678	15
Grundschule Oidtweiler	0,136	0,113		0,129	0,730	15
Turnhalle Oidtweiler	0,391	0,108		0,101	0,298	15
Andreasschule T1-3	0,136	0,095	0,138	0,132	0,909	15
Turnhalle Wolfsgasse	0,311	0,099		0,093	0,831	15
Rathaus Baesweiler	0,161	0,115		0,136	0,890	12
Rathaus Setterich	0,293	0,101	0,155	0,103	0,774	15
ehem. Whs 'An der Burg 14'	0,103	0,081		0,090	0,698	15
Grundschule Beggendorf	0,220	0,105		0,184	0,764	29
ITS Empfangsgebäude	0,224	0,126	0,223	0,094	0,818	15
ITS Hallen	0,217	0,135		0,112	0,761	15
ITS Servicezentrum	0,101	0,108	0,207	0,101	0,820	10

Abb. 3.3 U-Werte und Heizwärmebedarf Passivhaus-Standard

3.1.1 Außenwände

Als Berechnungsgrundlage wurde i. d. R. ein Wärmedämmverbundsystem gewählt, das auch den Anforderungen nach Stoß- und Kratzfestigkeit, Ballwurfsicherheit, Graffitienschutz etc. mindestens im Erdgeschoss gerecht wird. Davon ausgehend kann jedes andere Material hochgerechnet werden.

Bei Gebäuden, bei denen das äußere Erscheinungsbild der Fassade unbedingt erhaltenswert ist (Ensemble- oder Denkmalschutz, hohe Gestaltqualität, ortsbildprägend usw.), stellt sich zwangsläufig die Frage nach einer innenliegenden Wärmedämmung. Im Fall Baesweiler wurden aus den vorgenannten Gründen für die Untersuchungsszenarien der folgenden Klinkerbauten eine Innendämmung gewählt:

- Friedenschule
- Andreasschule
- Grundschule Beggendorf
- Grundschule Oidtweiler

Die vielfachen negativen Erfahrungen mit innenliegenden Wärmedämmungen -insbesondere die damit häufig verbundenen Tauwasserprobleme- haben dazu geführt, dass viele Immobilienbesitzer,- Innen und auch Ihre Beraterinnen sehr zurückhaltend bei der Entscheidung für innenliegende Wärmedämmungen geworden sind.

Gegen eine innenliegende Wärmedämmung bestehen grundsätzlich keinerlei Bedenken sofern in der Planungsphase die entsprechend erforderlichen und für jede Innendämmung auch verpflichtenden Tauwasserberechnungen erfolgen. Hinzu kommt, dass energieeffiziente und hochwärmegeämmte Gebäude heutzutage -auch dann wenn sie nicht gerade im

Passivhausstandard ausgeführt wurden, dann relativ dicht sind-. Oft sind diese Gebäude dann auch mit einer kontrollierten Lüftungsanlage ausgestattet, wodurch sich das Risiko der Tauwasserbildung im Gebäudeinneren erheblich reduziert. Dies entbindet allerdings nicht von der Pflicht, bei der Entscheidung für eine Innendämmung die zwingend erforderliche Tauwasserberechnung durchzuführen.

3.1.2 Bodenplatten / Kellerdecken

Die Dämmung der Bauteile zum Erdreich stellt sich bei Bestandsgebäuden als schwierig dar. Bei vorhandenem Keller ist es i.d.R. möglich, die Kellerdecke von unten zu dämmen. Dabei gibt die nutzbare Kellerhöhe die maximale Dämmung vor. Es wird jedoch in Zukunft wohl immer hochwertigere Materialien geben, die eine exzellente und bezahlbare Dämmung mit geringer Gesamtstärke ermöglichen.

Ist jedoch kein Keller vorhanden, erweist sich eine wirtschaftlich sinnvolle energetische Sanierung der Bodenplatte meistens als schwierig. Hierzu müsste heute oft der Bodenaufbau erneuert werden, wobei vorhandene Türhöhen und Treppenantritte schnell Grenzen setzen. Auch auf den vorhandenen Boden aufzubauen stößt nicht selten schnell an Grenzen, die durch die lichte „Raumhöhe“ vorgegeben sind. Es ist weder wirtschaftlich noch mit Blick auf die Nachhaltigkeit insgesamt nicht vertretbar, einen vorhandenen noch intakten Bodenaufbau oder gar die gesamte Bodenplatte auszubauen und den kompletten Aufbau der Bauwerkssohle zu erneuern, nur um

eine ausreichende Dämmstärke einbauen zu können, und Vakuumdämmung in derartigen Mengen zu verarbeiten, ist heute wirtschaftlich noch nicht vertretbar. Die Mehrzahl der untersuchten Gebäude lässt sich deshalb heute noch nicht mit vertretbarem Aufwand insgesamt auf Passivhausstandard bringen, dies sind

- die Mehrzweckhallen Grabenstraße und Loverich,
- die Goetheschule,
- die Turnhalle „Am Weiher“,
- die Realschule Setterich,
- die Turn- und Schwimmhalle Grengracht,
- die Grengrachtschule,
- die Turnhalle Oidtweiler,
- die Andreasschule,
- die Grundschulen Beggendorf, Oidtweiler und Loverich,
- das Rathaus Setterich sowie
- das Empfangsgebäude und die Hallen des ITS.

3.1.3 Dächer

Vor zwei Jahren beschloss die Stadt Baesweiler, in allen Gebäuden „gemäß der EnEV 2007“ eine Dachbodenisolierung vorzunehmen, wählte aber als Ziel bereits vorausschauend eine Dämmstärke, die in vielen Fällen schon dem Passivhausstandard entspricht.

So sind bereits folgende Gebäude mit einer mindestens 26 cm starken Dämmlage mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/mK belegt:

- Andreasschule,
- Barbaraschule,

Die Vakuumdämmung wäre eine echte Alternative zu üblichen Wärmedämmmaterialien. Wegen ihrer besonders geringen Wärmeleitfähigkeit (λ 0,008 W/mK) erlauben Vakuumisulationspaneele die vorhandene Bodenfläche zu belassen. Für einen großflächigen Einsatz ist dies heute noch zu kostenintensiv (s.o.). Das heißt aber nicht, dass damit der für diese Gebäude aktuell wirtschaftlich optimale energetische Standard für deren gesamte Lebensdauer festgeschrieben ist.

Es ist nicht auszuschließen, dass in absehbarer Zeit hochdämmende Produkte wie Vakuumisulationspaneele, Nanogele u. dgl. zu massenhaft produzierten Serienprodukten und damit auch wirtschaftlich einsetzbar werden (s. hierzu auch 4.1.1 „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ und 8 „Empfehlungen allgemein“).

- die Grundschulen Beggendorf, Oidtweiler und Loverich,
 - Friedensschule
 - Goetheschule,
- in Teilen die
- Grengrachtschule und der Verwaltungstrakt des Gymnasiums.

Vorbereitet werden sollten schon die

- Realschule und die weiteren Trakte der Grengrachtschule sowie das Gymnasium, wurden dann aber sinnvollerweise noch zurückgestellt, um einem ökonomisch und

auch ökologisch sinnvollen Gesamtkonzept nicht vorzugreifen. Die Dämmung wurde nur lose auf den Dachböden ausgerollt. Auf eine Begehbarkeit auch im Satteldachbereich wurde verzichtet, obwohl man sich dadurch -zumindest vorübergehend- auch wieder Nutzfläche „verbaut“.

3.1.4 Fenster

Die energetischen Qualitätsstandards der Fenster wurden für die jeweils untersuchten Szenarien den entsprechenden Energiestandards angepasst:

- Für Standard EnEV 2009 demzufolge Fenster mit einem U-Wert von $\leq 1,3$ W/m²K
- Für Passivhausstandard Fenster mit einem U-Wert von $\leq 0,8$ W/m²K

In vielen Fällen wurden jedoch schon Fenster ausgetauscht bzw. in den neuen Gebäuden entsprechen die Fenster bereits (fast) dem geforderten EnEV-Standard. Im Fall der Barbaraschule wurden vor zwei Jahren die Fenster ausgetauscht. In diesem Fall würde sich ein nochmaliger Austausch der Fenster natürlich unter wirtschaftlichen und nachhaltigen Aspekten vorübergehend verbieten. Was aber dort an Potential auf lange Zeit ungenutzt bleibt, drückt sich in einfachen Zahlen aus:

Der Transmissionswärmeverlust beträgt im EnEV 2007-Fall 48.621 kWh/a, im PH-Standard-Fall dagegen nur ca. 1.800 kWh/a oder anders ausgedrückt nur noch 3,7% des Transmissionswärmeverlustes der erst kürzlich eingebauten Fenster.

In einigen Fällen wäre zu bemängeln, dass der Anschluss an die Traufe nicht lückenlos ausgeführt ist, Einstiegsbereiche von Dachlukten großzügig ausgespart wurden (Beggendorf) oder Dachversätze teilweise nicht mitgedämmt sind (Pavillon Barbaraschule).

Auch in weiteren Fällen wurden die Fenster bereits auf den seinerzeit jeweils aktuell geforderten energetischen Standard gebracht oder die Gebäude verfügen über Fenster, die dem zum Zeitpunkt des Einbaus gültigen energetischen Standard entsprechen und noch nicht so alt sind, dass sie abgängig wären.

- Werkräume ($U_w=1,85$ W/m²K) und Mensa Bj. 2007 ($U_w=1,55$ W/m²K) der Goetheschule
- Altbau der Realschule Setterich ($U_w=1,55$ W/m²K)
- Trakte 2 und 3 der Grengrechtschule (wobei der Mehrzweckraum hier noch einfachverglast ist)
- Trakt 2 der Andreasschule
- Anbau der Grundschule Oidtweiler (Bj. 2000)
- Mehrzweckhalle Loverich in Teilbereichen
- Turnhalle Wolfsgasse (bis auf die Glasbausteine des Hallenbereiches).

3.2 Haustechnik

Aufgrund des Inkrafttretens der EnEV 2009 ab dem 01.10.2009 werden als Mindeststandard für zukünftige Sanierungsmaßnahmen die Kriterien der neuen Energieeinsparverordnung festgelegt. Weiterführende Maßnahmen sind die Sanierung mit Passivhauskomponenten und der Passivhausstandard. Um den Anforderungen der EnEV 2009 sowie zukünftigen energetischen Standards gerecht zu werden, benötigen die Räume eines Gebäudes ein auf die Nutzungsart abgestimmtes Raumklimakzept. Dies bein-

haltet u.a. eine geregelte Raumlüftung mit anschließender Wärmerückgewinnung für Räume mit hoher körperlicher Aktivität der Benutzer, mit hoher Belegungsdichte sowie für die Sanitärbereiche. Des Weiteren ist eine Anpassung des Heizungsnetzes an den gesunkenen Wärmebedarf und die Installation einer zeitgemäßen energiesparenden Beleuchtung nötig. Abbildung 3.4 zeigt die schematische Darstellung eines solchen Raumklimakzeptes am Beispiel eines Klassenraums.

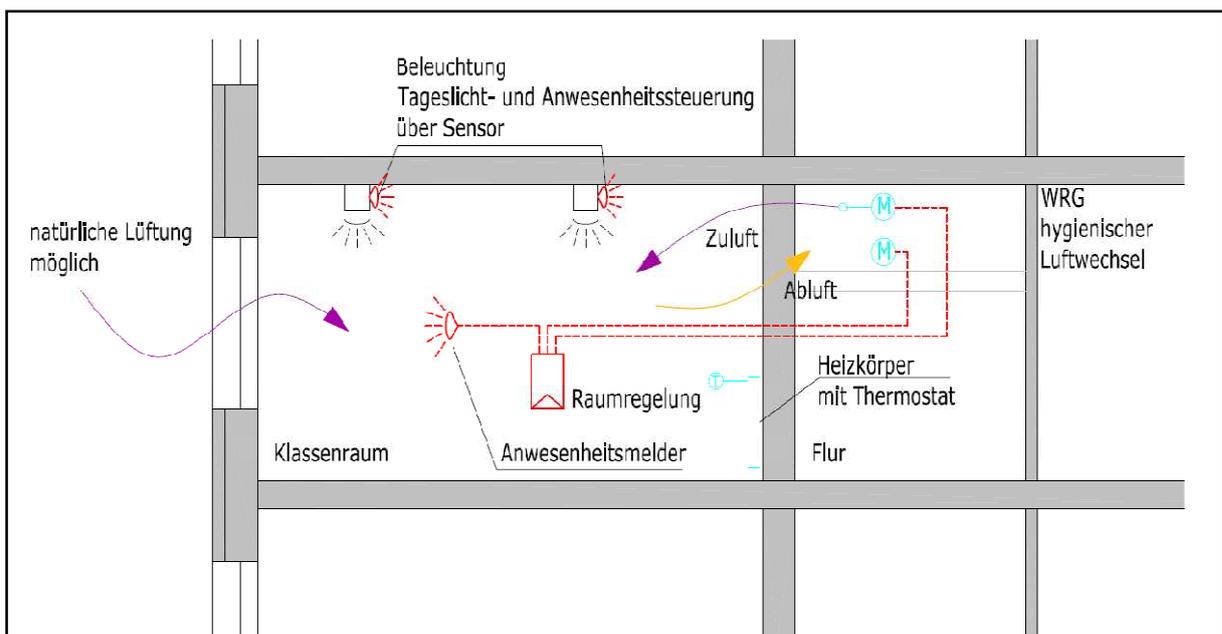


Abb. 3.4 Raumklimakzept

Im Folgenden werden die Sanierungsmaßnahmen der Haustechnik für die verschiedenen zu erreichenden Sanierungsstandards erläutert.

Als Auslegungsgrundlagen gelten grundsätzlich die gängigen DIN-Normen, VDI-Richtlinien und die Arbeitstättenrichtlinien

(ASR). Zusätzlich werden die Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2008 des Hochbauamts der Stadt Frankfurt am Main sowie Empfehlungen des Passivhaus Instituts berücksichtigt.

3.2.1 Lüftung

Für Räume mit einer besonders hohen Personenbelegungsdichte (z.B. Klassenzimmer, Versammlungsstätten) oder hoher körperlicher Aktivität (z.B. Turnhallen) nimmt die Raumlufthygiene eine besonders wichtige Rolle ein. Zusammenhänge zwischen Raumlufthqualität und Belegungsdichte wurden bereits vor über 150 Jahren vom Hygieniker Pettenkofer (1858) erkannt. Seitdem dient Kohlendioxid als Leitsubstanz für die Bewertung der Lufthygiene. Stoffwechselbedingte Luftbeimengungen (CO₂, Geruchsstoffe, Feuchte) führen zu Geruchsbelästigungen, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen. Für Räume mit Lüftungsanlagen muss der Luftaustausch so geregelt sein, dass die CO₂-

Konzentration einen Wert von 0,15% bzw. 1500 ppm dauerhaft nicht überschreitet. Untersuchungen haben ergeben, dass die Maßnahme der Fenster- oder natürlichen Lüftung bei hohen Belegungsdichten alleine nicht ausreicht, um diesen Grenzwert einzuhalten. Für Schulen werden aktuell Grenzwerte von 800 ppm vorgeschlagen bzw. gefordert. Um eine hohe Raumlufthqualität zu garantieren ist je nach Nutzungsart und Sanierungsstandard die Installation einer mechanischen Be- und Entlüftung nach hygienischen und technischen Aspekten zu beurteilen. Tabelle 3.5 zeigt den angesetzten Lüftungsstandard für den jeweiligen Gebäudetyp und die angestrebte Sanierungsmaßnahme.

Gebäudetyp	EnEV2009-Standard	PH-Komponenten	PH-Standard
Schule	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung
Turnhalle	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung
Schwimmhalle	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung
Verwaltungsgebäude	natürliche Lüftung	mech. Be- und Entlüftung	mech. Be- und Entlüftung

Abb. 3.5 Lüftungstandard

Die mechanische Be- und Entlüftung wird über drei Lüftungssysteme (zentral, semi-zentral, dezentral) ermöglicht. Die Wahl des jeweiligen Lüftungssystems ist abhängig von Gebäudegröße, Gebäudealter und Art der Gebäudekonstruktion. Beim zentralen Lüftungssystem ist das Herzstück der Lüftungstechnik ein rekuperatives Lüftungsgerät mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung sowie druckgesteuerten, stufenlos geregelten energieeffizienten Ventilatoren. Die Zuluft wird in die Räume eingebracht und dort wieder abgesaugt, damit wird der hygienische Luftwechsel und eine hohe Luftqualität garantiert. Das semizentrale Lüftungssystem verfügt

geschoss- oder gebäudeabschnittsweise über Lüftungsgeräte, welche die gleichen technischen Eigenschaften aufweisen wie das Gerät des zentralen Systems. Im Vergleich dazu liegen die Vorteile bei einem geringeren Druckverlust durch geringere Leitungslängen. Zusätzlich ist die Zonierung des Gebäudes leichter realisierbar. Nachteile ergeben sich aus dem größeren Platzbedarf und den höheren Wartungskosten. Das dezentrale System rüstet max. zwei Räume mit einem Lüftungsgerät aus. Diese Variante wird v.a. für Gebäude im Denkmalschutz, mit schlechter Zugänglichkeit für Leitungen oder geringere Baugröße genutzt. Sie ist einfach und schnell zu

realisieren.

Die Zuluftmenge für hohe Belegungsdichten beträgt $20\text{m}^3/(\text{Person} \times \text{h})$. Im Sinne des Schallschutzes werden Luftgeschwin-

digkeiten in den Zu- und Abluftleitungen von 3 m/s nicht überschritten. Die Elektroeffizienz der Lüftungsgeräte (SFP-Wert) ist bei maximal $0,45\text{ Wh/m}^3$.

3.2.2 Wärmeerzeuger

Die Maßnahmen der Heizungstechnik umfassen die komplette Sanierung der Heizzentrale inklusive des Austauschs der Wärmeerzeuger und der Pumpen (siehe Kapitel 3.2.3). In Abhängigkeit vom Sanierungsstandard reduzieren sich die Leistungen der Wärmeerzeuger (siehe Kapitel 1.5.1) z.B. im Passivhaus-Standard um bis zu 95%.

Sanierungsbedürftige Heizkessel (wie in Kapitel 1.2.2 angegeben) werden gegen Brennwert-Kessel oder als Alternative durch Holzpellet-Kessel ausgetauscht und auf die jeweiligen tatsächlichen Heizlasten angepasst. Dadurch werden gegebenenfalls ebenso die Erneuerung der Rohrleitungen sowie der Heizflächen nötig. Der Austausch der Heizkessel kann aufgrund des hohen Energieeinsparpotentials durch Wirkungsgradsteigerung (bis zu 25%) und

Heizlastanpassung auch als Einzelmaßnahme durchgeführt werden und somit unabhängig von einer Gesamt-sanierungsmaßnahme stattfinden. Abzuwägen bleibt hier, zu welchem Zeitpunkt eine Gesamt-sanierung geplant ist um eine erneute Investition in einem späteren Zeitraum zu vermeiden.

Neben der reinen Erneuerung der Wärmeerzeuger lassen sich, insbesondere bei den Heizzentralen -wie über einen Nahwärmeverbund- mehrere Gebäude versorgen und so zu einer nennenswerten Heizleistung kommen und auch alternative Versorgungskonzepte unter Einsatz weiterer regenerativer Energien umsetzen. Des Weiteren kann zur Unterstützung der Warmwasserbereitung die Nutzung von solarthermischen Anlagen in Betracht gezogen werden.

3.2.3 Pumpenerneuerung

Alte und unregelte Heizungspumpen laufen durchgängig ohne Drehzahlregelung und ohne Anpassung an die unterschiedlichen Betriebsbereiche. Dies hat einen hohen Stromverbrauch zur Folge, welcher durch die häufige Überdimensionierung der Pumpen noch größer wird. Durch den Einbau von angepassten geregelten hocheffizienten Pumpen lassen sich hohe Einsparpotentiale von bis zu

80% erzielen. Geregelte Pumpen passen ihre Drehzahl an die Betriebsdauer und Betriebsart der Heizungsanlage an. Die Amortisationszeiten sind aufgrund der Einsparpotentiale sehr gering und liegen bei ca. 5 Jahren. Zusätzliche Förderungen bei Sanierungen im Bereich der Heizungspumpen können z.B. durch die KfW in Anspruch genommen werden.

3.2.4 Beleuchtung

Die Beleuchtung stellt bei den elektrischen Energieverbrauchern in Gebäuden den größten Optimierungsbedarf dar. Es sind vornehmlich Leuchtstofflampen und Leuchtensysteme mit hohem Alter im Einsatz. Für den Start und den Betrieb dieser Leuchtstofflampen sind Vorschaltgeräte notwendig. Dazu muss das Vorschaltgerät zunächst eine hohe Zündspannung liefern und während des Betriebes für den richtigen Strom sorgen. Meist sind noch magnetische Vorschaltgeräte als konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) mit einer hohen Verlustleistung und als verlustarme Vorschaltgeräte (VVG) mit einem verbesserten Wirkungsgrad anzutreffen. Die kleinsten Verlustleistungen weisen elektronischen Vorschaltgeräte (EVG) auf. Durch Austausch mit EVGs können Einsparungen erzielt werden, die durch bis zu 10-15% höherer Lichtausbeute, geringere Leistungsaufnahme und 30-50% längerer Lebensdauer der Leuchtkörper begründet sind. Weitere Randbedingungen stellen die benötigte Beleuchtungsstärke,

der Reflektionsgrad der Raumumschließungsfläche sowie die Anordnung der Beleuchtungskörper und somit die Verteilung des Lichtes innerhalb der Räume dar. Mit entsprechenden Maßnahmen werden durch sinnvolle Änderungen dieser Bedingungen Einsparungen möglich. Insgesamt sind auch durch die Installation von Regeleinrichtungen, wie Präsenzmeldern und Tageslichtsteuerung Einsparungen im Stromverbrauch der Beleuchtungssysteme von bis zu 40% möglich. Bei einer Erneuerung der gesamten Elektroinstallation bzw. bei gegebenen technischen Möglichkeiten ist eine einfach hocheffiziente Steuerung nach dem Beispiel der Riedbergschule in Frankfurt am Main zu installieren. Hierbei wird zu festgelegten Zeitpunkten (z.B. Stundenwechsel, Mittagspause usw.) über die Gebäudeleittechnik die Stromzufuhr der Beleuchtung unterbrochen. Dadurch werden alle Leuchtkörper im Gebäude ausgeschaltet und nur bei Bedarf durch den Nutzer wieder aktiviert.

3.2.5 Wassersparmaßnahmen

Aufgrund der Baualterstufe ist die Sanitärinstallation im Großteil der Gebäude bereits abgängig. In den Toilettenbereichen sind veraltete Standventile und Spülkästen installiert. Grundsätzlich resultieren in Schulen statistisch gesehen 60% des Wasserverbrauchs aus der WC-Nutzung. Durch die Erneuerung der WC-Keramik, Reduzierung der Spülmenge durch neue Spülkästen, die Installation von wasserfreien Urinalen und den verringerten Durchfluss bei Armaturen kann bis

zu 60% des Wasserverbrauchs eingespart werden. Noch größeres Einsparpotential ist bei den Duscharmaturen vorhanden. Durch moderne Duschköpfe können pro Duschnutzung 126 Liter Wasser eingespart werden, das entspricht eine Reduzierung um 70%. Im Hinblick auf die Warmwassernutzung ergeben sich dadurch weitere Einsparpotentiale auch beim Heizenergieverbrauch.

3.2.6 Einsatz innovativer Technologien

Neben der konventionellen Heizwärmeerzeugung können innovative und regenerative Technologien zum Einsatz kommen, die über den Anlagenbetrieb unter Berücksichtigung weiter steigender Energiekosten wirtschaftlich betrieben werden können. Mögliche Technologien sind hier:

- Kraft-Wärme-Kopplung (auf Gasbasis oder regenerativ über Rapsöl)
- Erdwärmennutzung in Verbindung mit Wärmepumpenanlagen
- Biomassennutzung (Holzpelletanlage, Holzhackschnitzelanlage)
- Einbindung thermischer Solarnutzung

Die Kraft-Wärme-Kopplung wird bereits im Hallenbad Parkstraße genutzt, ist dort jedoch aufgrund technischer Mängel schon seit längerem außer Betrieb. Während der Verbrennung von Gas oder Öl wird in einem Blockheizkraftwerk (BHKW), anders als beim konventionellen Heizkessel, durch sich bewegendes Maschinenteile Wärme und Strom gleichzeitig erzeugt. Der Einsatz eines BHKW's in Hallenbädern bietet sich aufgrund der technischen Gegebenheiten des Gebäudes an. Das Schwimmbad hat ganzjährig einen hohen Wärmebedarf und aufgrund der Lüftungsanlagen, Beleuchtung sowie der Pumpen gleichzeitig eine hohe Nachfrage nach Strom. Der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung ist für Schwimmbäder und für Gebäude mit einem ganzjährigen Wärmebedarf zu empfehlen.

Die Nutzung von Erdwärme in Verbindung mit Wärmepumpen wird aktuell für das

Gymnasium Baesweiler umgesetzt. Durch die hohe Qualität der Gebäudehülle und die hocheffiziente Lüftung hat das Gebäude nur einen geringen Heizenergiebedarf, welcher durch den Passivhaus-Standard auf 15 kWh/m²a begrenzt ist. Die Heizlast beträgt 10 W/m². Ein Wärmetauschermedium (z.B. Sole) wird über eine Erdsondenanlage geführt und durch Erdwärme auf eine Temperatur von 10 °C gebracht. Im Wärmepumpenprozess wird vom Wärmeträgermedium Energie an das Wasser abgegeben, welches sich bis zu einer Temperatur von 40 °C erwärmt. Dadurch ist die Nutzung von Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau möglich. Zusätzlich kann das bestehende Erdsondenfeld im Sommer zur Kühlung benutzt werden. Der Einsatz von Erdwärme in Verbindung mit Wärmepumpen ist v.a. für Gebäude mit einem niedrigen Heizenergiebedarf (Passivhäuser) zu empfehlen. Je nach örtlichen geologischen Gegebenheiten ist eine Erdsondenanlage leicht zu realisieren.

Biomasse wird durch die Installation von Holzpellet- und Holzhackschnitzelanlagen für die Erzeugung von Heizwärme genutzt. Die Stadt Baesweiler hat aktuell kein Gebäude, welches diese Technologie verwendet. Die Nutzung einer solchen Anlage kann für alle Gebäudetypen erfolgen und die bestehenden Gas- und Ölkessel ersetzen. Durch den geringen Primärenergiefaktor dieser Brennstoffe sind im Vergleich zu konventionellen Anlagen weit reichende CO₂-Einsparungen zu realisieren.

Die Nutzung von Solarthermie kann bei der Warmwasserbereitung effizient genutzt werden. In der Stadt Baesweiler sind

die Turnhalle am Weiher sowie das Hallenbad Parkstraße mit einer solothermischen Anlage ausgestattet. Bis zu 50% des jährlichen Warmwasserbedarfs können über den solaren Beitrag gedeckt werden.

3.3 Übersicht Sanierungsplanung

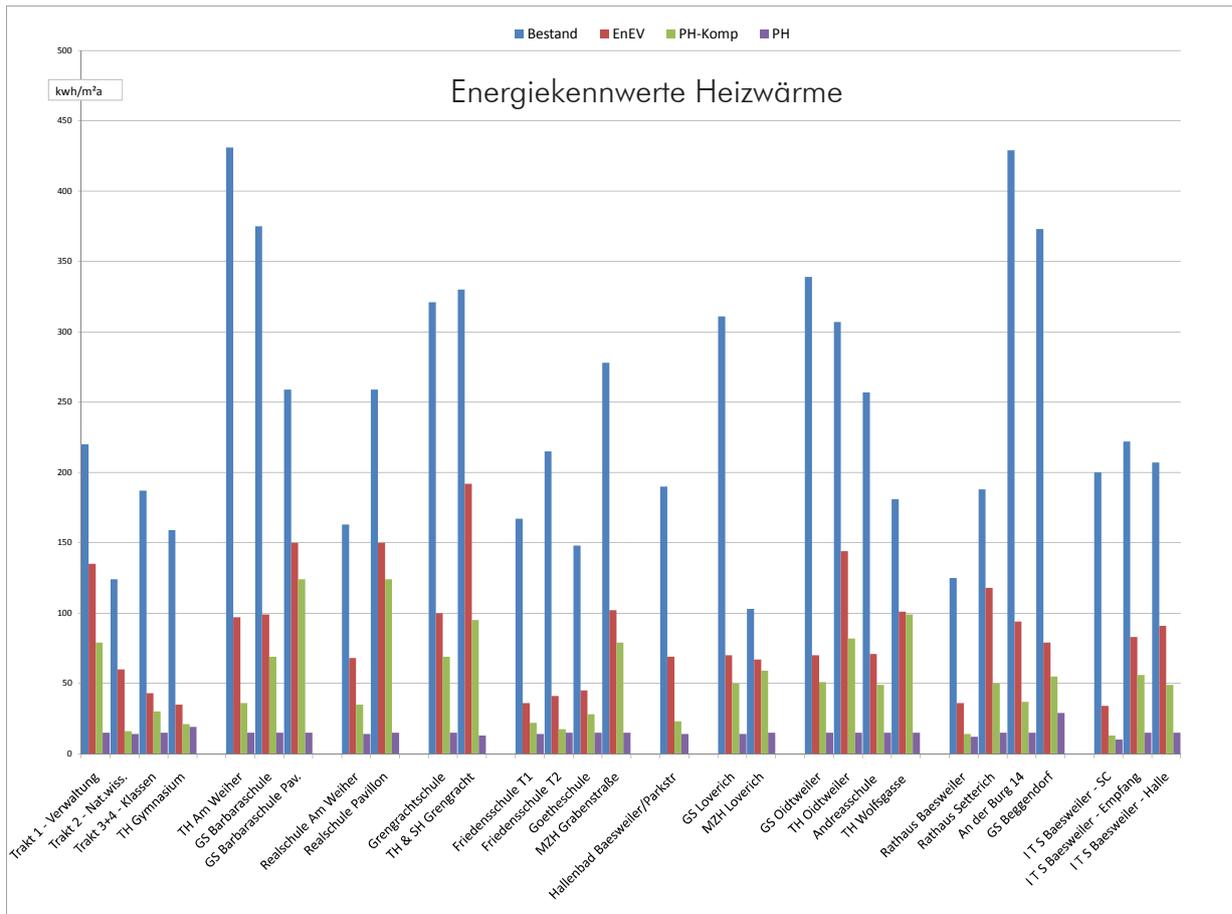


Abb. 3.6 Energiekennwerte Heizwärme Gebäudepool

4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

4.1 Randbedingungen

Für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit werden Kosteneinsparungen, Energiekosten, Gesamtkosten und Investitionskosten gegenübergestellt. Für die Betrachtungsweise einer angenommenen Preissteigerung werden zusätzlich die Investitionskosten unter Berücksichtigung des Kapitaldienstes dargestellt.

Für die Amortisation einer Maßnahme ist die Lebensdauer der Anlagentechnik oder des Gebäudeteils von Interesse. Prinzipiell

kann davon ausgegangen werden, dass die thermische Gebäudehülle wie u.a. Fassade und Fenster, eine Lebensdauer von über 30 Jahren hat. Anlagentechnik hingegen ist meist schon nach 15 Jahren sanierungsbedürftig.

Für ein erstes Basisszenario wurde mit 6% Zinsen der Kapitalisierung gerechnet. Dies wurde so mit der Stadt Baesweiler vereinbart. Eine Preissteigerung der Energiepreise wurde zunächst mit 5% angesetzt.

Kalkulationszinssatz:	6,0 %
Betrachtungszeitraum	10 bis 30 Jahre
Wärme: Arbeitspreis - brutto	0,055 €/kWh
Strom: Mischpreis - brutto	0,165 €/kWh
Wasser: Mischpreis - brutto	2,2 €/m ³
Investitionskosten	Nettopreise
Energiepreissteigerung (Energieeinkauf) Fernwärme, Strom	5,0 %

Abb. 4.1 Parameter Wirtschaftlichkeitsberechnung

4.1.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Um „belastbare“ seriöse Aussagen für eine erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der im Einzelnen untersuchten Gebäude treffen zu können, wurden zunächst die Herstellungskosten und die zu den jeweiligen energetischen Standards zu erwartenden Energieeinsparungskosten ermittelt.

In den Herstellungskosten sind sämtliche zur Erzielung des jeweils energetisch untersuchten Gebäudestandards erforderlichen Kosten -und damit auch alle „Sowiesokosten“, die z. B. für die jeweilige Bauteilerneuerung auch ohne Verbesserung der Wärmedämmqualität ohnehin anfallen würden enthalten.

Dann wurde für jedes Gebäude der erforderliche Investitionsaufwand je jährlich einzusparenden € Energiekosten ermittelt und zwar ab dem 1. Jahr -also zunächst ohne Annahme von Energiepreissteigerungen.

Bei einem Kapitaldienst von angenommen 5 % (Zinsen inkl. Tilgung) auf die Investkosten würde dies bedeuten, dass sich Investitionen bis 20 € je eingesparten € Energiekosten jährlich vom ersten Tag an „rechnen“ würden.

Bei diesen Berechnungen sind unberücksichtigt geblieben:

- Mögliche Inanspruchnahme von Fördermaßnahmen (Investitionszuschüsse; zinsverbilligte Darlehen, z. B. aus KfW-Programmen u. a.)
- Energiekostensteigerungen

Da bei Bauteilerneuerung nach gültiger Energieeinsparverordnung ohnehin die Pflicht zur gleichzeitigen energetischen Qualitätsverbesserung des jeweiligen

Bauteils -und zwar auf Neubaustandard besteht, erübrigt sich ein Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen einer reinen Instandsetzungsmaßnahme ohne energetische Qualitätsverbesserung und einer Instandsetzungsmaßnahme mit gleichzeitiger energetischer Qualitätsverbesserung auf Standard EnEV 2009. Wenn nämlich ein Bauteil im Rahmen einer ohnehin anstehenden reinen Instandsetzungsmaßnahme zu erneuern ist, stellt sich nicht die Frage nach dem Mindestenergiestandard, der heißt dann in jedem Fall: „Standard nach EnEV 2009“.

Für die Stadt Baesweiler und auch andere Kommunen sind daher vielmehr die Fragen:

- Sanierung auf Standard EnEV 2009?
oder
- Sanierung mit Passivhauskomponenten?
oder
- Sofortige Komplettsanierung auf Passivhausstandard?

von Bedeutung.

Deshalb macht es Sinn, nur die vorgeannten Standards in ihrer jeweils wirtschaftlichen Konsequenz miteinander zu vergleichen. Die Kosten für die im Rahmen des natürlichen Instandsetzungszyklus ggf. sowie anstehenden Sanierungsmaßnahmen, die „Sowiesokosten“ sind in den Kostenansätzen enthalten.

Die Spalte „Relation/ Kosten“ in Tabelle 4.2 ermöglicht unter den oben beschriebenen Annahmen einen ersten schnellen Vergleich der drei Qualitätsstandards EnEV 2009 schrittweise Sanierung mit PH-Komponenten und Passivhausstandard.

Nach dieser Tabelle wäre die aus rein ökonomischer Sicht effektivste Maßnahme die energetische Modernisierung der Turn-/Schwimmhalle Gengracht. So müssten im Falle einer Modernisierung dieser Turn-/Schwimmhalle auf Standard EnEV 2009 insgesamt 21,05 € investiert werden, um vom ersten Tag an jährlich 1 € Energiekosten einzusparen. Diese Maßnahme würde sich also bei einem maximalen Kapitaldienst von 4,89% (Zinsen incl. Tilgung) vom ersten Tag an „rechnen“.

Für eine Sanierung mit Passivhauskomponenten müssten gegenüber Modernisierung auf Standard EnEV 2009 lediglich 0,85 € mehr investiert werden. Das würde auf höchsten energetischen Qualitätsstandard modernisierte Bauteile mit der Option, das jeweilige Gebäude jederzeit insgesamt auf Passivhausstandard aufrüsten zu können, bedeuten. Und auch langfristig betrachtet wäre damit keinerlei Fehlinvestition getätigt, die den energetischen Standard für Jahrzehnte auf heutigen Mindeststandard für Neubauten festschreiben würde. Im Falle einer Sanierung auf Passivhaus-Standard oder einer schrittweisen Sanierung mit Passivhauskomponenten würden künftig steigende Energiekosten, die in Tabelle 4.2 und 4.3 unberücksichtigt geblieben sind, die Wirtschaftlichkeit von Jahr zu Jahr erhöhen.

Objektliste DBU	Sanierung auf Standard EnEV 2009			Sanierung mit Passivhaus-Komponenten			Sanierung auf Passivhausstandard		
	Kosten 300 + 400 incl. 18% NK	KG Energieersparnis/a	Relation Kosten / Ersparnis	Kosten KG 300 + 400 incl. 18% NK	Energieersparnis/a	Relation Kosten / Ersparnis	Kosten 300 + 400 incl. 18% NK	KG Energieersparnis/a	Relation Kosten / Ersparnis
Gymnasium Baesweiler	€	€		€	€		€	€	
Trakt 1 - Verwaltung									
Trakt 2 - Nat.wiss.									
Trakt 3+4 - Klassen									
TH Gymnasium									
Gymnasium gesamt, ungefördert	5.727.651	83.459	68,63	6.601.567	102.986	64,10	7.147.000	113.473	62,98
Gymnasium gesamt, gefördert							2.347.000	113.473	20,68
MZH Grabenstraße	431.863	6.644	65,00	629.056	7.673	81,98	1.148.487	10.537	109,00
Goetheschule	1.468.955	19.776	74,28	1.620.533	22.966	70,56	1.954.098	25.406	76,91
Friedensschule T1									
Friedensschule T2									
Friedensschule gesamt	646.212	13.766	46,94	689.216	15.462	44,57	690.394	15.818	43,65
Hallenbad Parkstraße									
Realschule Setterich									
Realschule Pavillion Setterich									
Realschule Setterich gesamt	2.756.415	28.334	97,28	2.891.974	38.457	75,20	5.579.550	42.452	131,43
Turnhalle 'Am Weiher'	1.078.701	12.218	88,29	1.468.043	19.020	77,18	2.572.859	21.361	120,45
Grundschule Barbaraschule									
WC-Pavillion									
Pavillion1 Barbaraschule									
Pavillion2 Barbaraschule									
Pavillion3 Barbaraschule									
Barbaraschule gesamt	1.173.099	11.159	105,13	1.338.614	15.354	87,18	3.571.331	x ¹⁾	0,00
Turn-/Schwimmbhalle Grengracht	968.922	46.031	21,05	1.041.700	47.560	21,90	2.154.961	x ¹⁾	0,00
Grengrachtschule	1.843.031	19.109	96,45	2.081.721	27.559	75,54	2.296.700	x ¹⁾	0,00
Turnhalle Oidweiler	645.041	1.698	379,88	771.902	5.217	147,96	1.126.361	9.020	124,87
Andreasschule	1.192.054	20.110	59,28	1.339.430	23.362	57,33	1.533.493	x ¹⁾	0,00
Grundschule Beggendorf	268.254	11.162	24,03	317.468	11.741	27,04	352.049	x ¹⁾	0,00
Grundschule Oidweiler	489.845	4.558	107,47	526.997	5.540	95,13	809.151	x ¹⁾	0,00
Grundschule Loverich	606.304	8.013	75,67	673.798	9.865	68,30	891.289	x ¹⁾	0,00
Mehrzweckhalle Loverich	475.356	8.770	54,20	571.631	9.252	61,78	870.844	x ¹⁾	0,00
Turnhalle Wolfsgasse	569.813	10.140	56,19	698.337	10.563	66,11	1.167.743	x ¹⁾	0,00
Rathaus Baesweiler	716.795	21.282	33,68	1.125.446	25.141	44,77	1.155.081	25.503	45,29
Rathaus Setterich	567.597	6.925	81,96	819.780	13.652	60,05	934.720	17.115	54,61
Wohnhaus 'An der Burg 14'	53.462	645	82,89	87.480	989	88,45	102.339	x ¹⁾	0,00
ITS Empfangsgebäude									
ITS Hallen									
ITS Servicezentrum									
ITS gesamt	2.343.540	40.913	57,28	3.972.072	53.347	74,46	5.038.181		0,00
	20 Objekte			20 Objekte			20 Objekte		
Gesamtwerte	24.022.910	374.712	64,11	29.266.765	465.706	62,84	41.096.631	280.685	146,42

Abb. 4.2 Verhältnis einmalige relative Investitionskosten zu potentiell einzusparenden Energiekosten in Höhe von 1 € ab dem 1. Jahr ²⁾

¹⁾Erläuterung:

Die Energieersparnis ist zu gering und unwirtschaftlich im Verhältnis zu den Investitionen und deshalb in dieser Betrachtung nicht relevant.

²⁾Erläuterung:

Die Tabelle zeigt an, wie hoch bei dem jeweils untersuchten Objekt die einmal erforderlichen relativen Investkosten sind, um ab dem 1. Jahr 1 € Energiekosten einzusparen. Energiekostensteigerungen sind dabei unberücksichtigt geblieben.

Die Tabelle 4.2 zeigt auch, dass bei Objekten mit sehr hohen erforderlichen Investkosten um jährlich 1 € Energiekosten einzusparen (die sich auf den ersten Blick also nicht von Anfang an „rechnen“) eine Sanierung mit Passivhauskomponenten gegenüber einer Sanierung auf Standard EnEV 2009 z. T. sehr viel geringere Investkosten erfordert. Ein hoher Anteil der Investitionskosten steckt bei diesen Objekten in den „Sowiesokosten“, also in den für die Aufwändungen ohnehin anstehenden Instandsetzungsmaßnahmen selbst. Für folgende Objekte hat die Untersuchung ergeben, dass eine Komplettisanierung mit Passivhauskomponenten sich gegenüber einer Sanierung auf Standard EnEV 2009 von Anfang an „rechnen“ würde:

- Goetheschule
- Realschule Setterich
- Turnhalle „Am Weiher“
- Barbaraschule
- Grengrachtschule
- Andreasschule
- Grundschule Oidtweiler
- Grundschule Loverich
- Friedensschule
- Turnhalle Oidtweiler
- Rathaus Setterich
- Gymnasium

Im Fall der Turnhalle Oidtweiler allerdings sind beispielsweise nach heutigen Rahmenbedingungen (derzeitige Energiekosten usw.) für die Sanierung auf Standard EnEV 2009

Investkosten (einschließlich der Sowiesokosten für die ohnehin anstehenden In-

standsetzungsmaßnahmen) von 379,88 € je einzusparenden €/a erforderlich. Demgegenüber stehen 147,96 € Investitionskosten je einzusparenden €/a bei Sanierung mit Passivhauskomponenten und 124,87 € Investkosten je einzusparenden €/a bei Komplettisanierung auf Passivhausstandard.

Natürlich kann weder unter Betrachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte noch mit Blick auf Nachhaltigkeit die Empfehlung an die Stadt Baesweiler dahin gehen, im Falle der Turnhalle Oidtweiler bspw. für eine sofortige Komplettisanierung auf Passivhausstandard Investitionskosten in Höhe von 123,49 € zu tätigen um unter heutigen Bedingungen dann ab dem ersten Jahr 1 €/a an Energiekosten einzusparen. Das wäre wirtschaftlich nämlich nur bei einem Kapitaldienst (Zinsung + Tilgung) von insgesamt 0,8% der Fall.

Die in Tabelle 4.2 zusammengefassten Untersuchungsergebnisse belegen aber deutlich, dass es keinerlei Sinn macht, den energetisch anzustrebenden Standard bei ohnehin notwendigerweise anstehenden Instandsetzungsmaßnahmen auf Standard EnEV 2009 zu begrenzen (s. hierzu auch Abschnitt Empfehlungen).

Objektliste DBU	Sanierung auf Standard EnEV 2009			Sanierung mit Passivhaus-Komponenten			Sanierung auf Passivhausstandard		
	Kosten 300 + 400 incl. 18% NK	KG Energieeinsparung	Relation Kosten / Ersparnis	Kosten KG 300 + 400 incl. 18% NK	Energieeinsparung	Relation Kosten / Ersparnis	Kosten 300 + 400 incl. 18% NK	KG Energieeinsparung	Relation Kosten / Ersparnis
	€	kWh/a	€/kWh(a)	€	kWh/a	€/kWh(a)	€	kWh/a	€/kWh(a)
Gymnasium Baesweiler									
Trakt 1 - Verwaltung									
Trakt 2 - Nat.wiss.									
Trakt 3+4 - Klassen									
TH Gymnasium									
Gymnasium gesamt, ungefördert	5.727.651	1.107.331	5,17	6.601.567	1.407.736	4,69	7.147.000	1.655.500	4,32
Gymnasium gesamt, gefördert							2.347.000	1.655.500	1,42
MZH Grabenstraße	431.863	96.719	4,47	629.056	115.432	5,45	1.148.487	167.504	6,86
Goetheschule	1.468.955	353.255	4,16	1.620.533	411.260	3,94	1.954.098	455.617	4,29
Friedenschule T1									
Friedenschule T2									
Friedenschule gesamt	646.212	211.967	3,05	689.216	242.794	2,84	690.394	249.283	2,77
Hallenbad Parkstraße									
Realschule Setterich									
Realschule Pavillion Setterich									
Realschule Setterich gesamt	2.756.415	398.277	6,92	2.891.974	582.326	4,97	5.579.550	654.977	8,52
Turnhalle 'Am Weiher'	1.078.701	130.487	8,27	1.468.043	254.159	5,78	2.572.859	296.734	8,67
Grundschule Barbaraschule									
WC-Pavillion									
Pavillion1 Barbaraschule									
Pavillion2 Barbaraschule									
Pavillion3 Barbaraschule									
Barbaraschule gesamt	1.173.099	196.692	5,96	1.338.614	272.963	4,90	3.571.331	537.032	6,65
Turn-/Schwimmbad Grengracht	968.922	669.358	1,45	1.041.700	692.878	1,50	2.154.961	491.318	4,39
Grengrachtschule	1.843.031	286.536	6,43	2.081.721	842.345	2,47	2.296.700	1.022.848	2,25
Turnhalle Oidtweiler	645.041	15.140	42,61	771.902	69.285	11,14	1.126.361	127.796	8,81
Andreasschule	1.192.054	298.259	4,00	1.339.430	348.284	3,85	1.533.493		0,00
Grundschule Beggendorf	268.254	166.909	1,61	317.468	175.815	1,81	352.049		0,00
Grundschule Oidtweiler	489.845	70.127	6,99	526.997	85.232	6,18	809.151		0,00
Grundschule Loverich	606.304	110.371	5,49	673.798	138.863	4,85	891.289		0,00
Mehrzweckhalle Loverich	475.356	117.511	4,05	571.631	124.924	4,58	870.844		0,00
Turnhalle Wolfsgasse	569.813	144.427	3,95	698.337	150.934	4,63	1.167.743		0,00
Rathaus Baesweiler	716.795	267.176	2,68	1.125.446	326.708	3,44	1.155.081	332.120	3,48
Rathaus Setterich	567.597	106.540	5,33	819.780	210.036	3,90	934.720	263.306	3,55
Wohnhaus 'An der Burg 14'	53.462	9.930	5,38	87.480	15.219	5,75	102.339		0,00
ITS Empfangsgebäude									
ITS Hallen									
ITS Servicezentrum									
ITS gesamt	2.343.540	629.427	3,72	3.972.072	820.723	4,84	5.038.181		0,00
Gesamtwerte	24.022.910	5.386.439	4,46	29.266.765	7.287.916	4,02	41.096.631	6.254.035	6,57

Abb. 4.3 Verhältnis einmalige relative Investkosten zu einer potentiell jährlich einzusparenden Heizenergie von 1 kWh/a

*Erläuterung:

Die Tabelle gibt an, wie hoch bei dem jeweils untersuchten Objekt die einmalig erforderlichen relativen Investkosten sind, um 1 kWh Heizenergie im Jahr einzusparen.

4.2 Investitionen

Für die unterschiedlichen Sanierungsstandards ergeben sich für die einzelnen Gebäude Investitionsaufwendungen, die in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit den Nutzungsdauern der Einzelmaßnahmen eingehen. Zusammenfassend sind

sie in folgenden Diagrammen als Gesamtinvestition, Investitionen aufgeteilt auf Gebäudehülle und Gebäudetechnik und als jeweils auf den m² bezogene spezifische Werte aufgeführt.

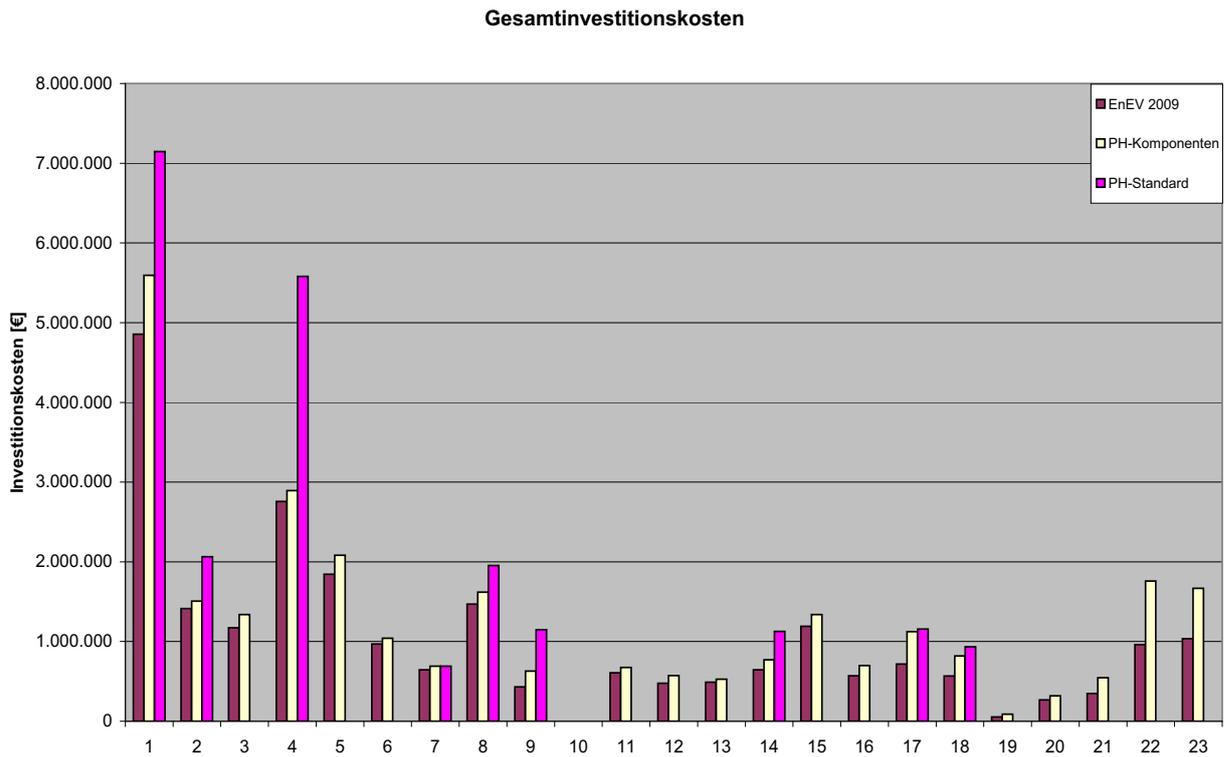


Abb. 4.4 Gesamtinvestitionskosten nach Gebäude und Sanierungsstandard

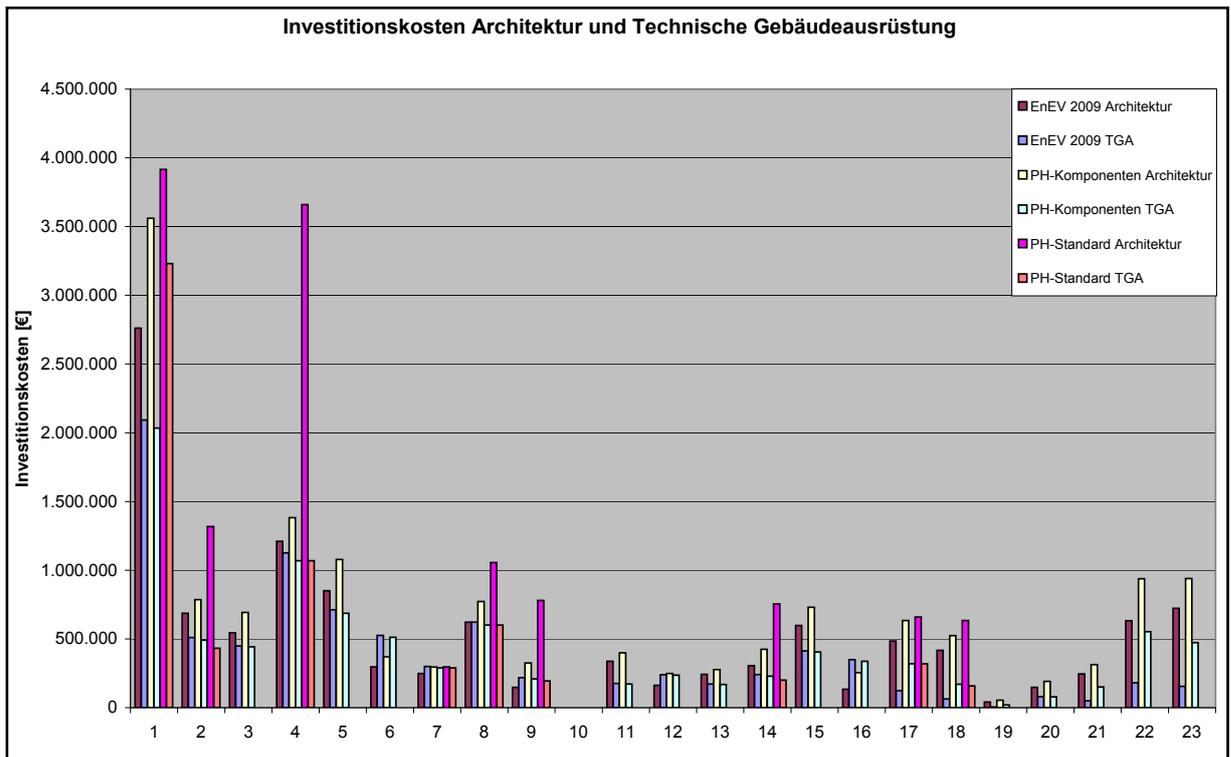


Abb. 4.5 Gesamtinvestitionskosten nach Gebäudehülle und TGA

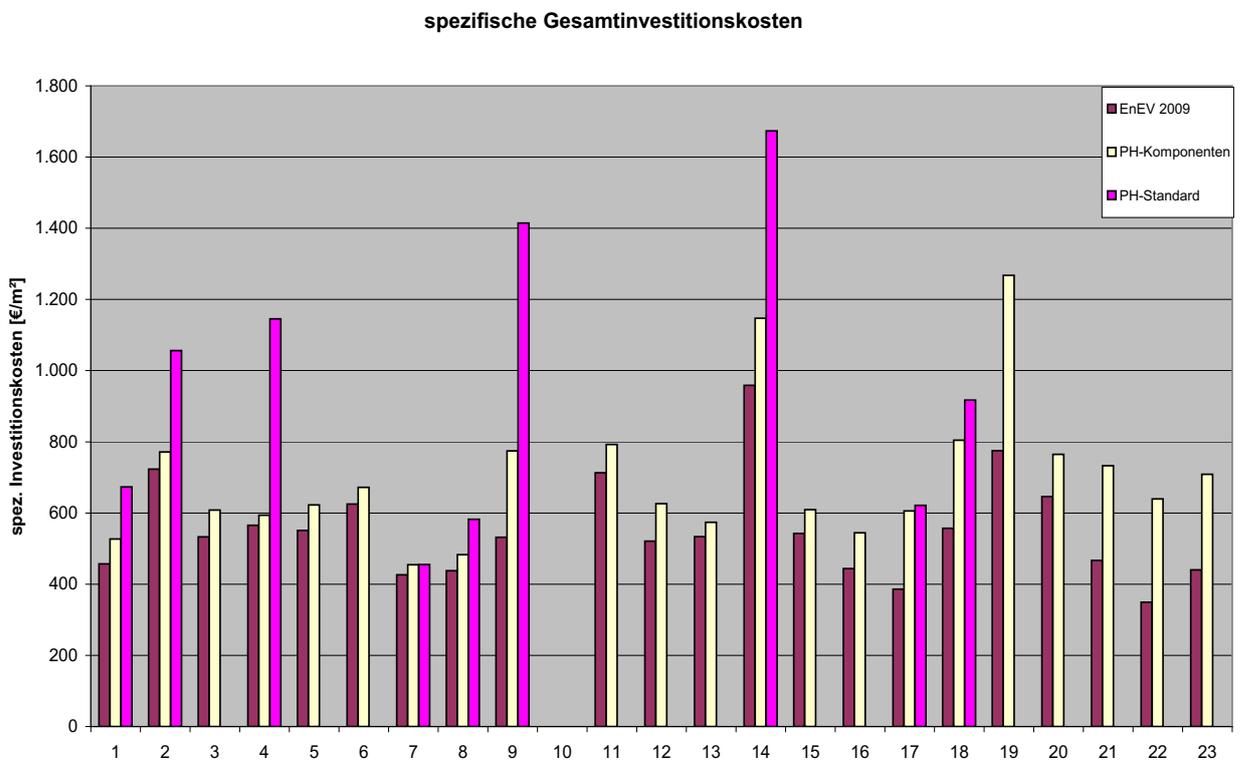


Abb. 4.6 spezifische Gesamtinvestitionskosten nach Gebäude und Sanierungsstandard

Flächenbezug (m²) ist die Energiebezugsfläche nach PHPP

spezifische Investitionskosten Architektur und Technische Gebäudeausrüstung

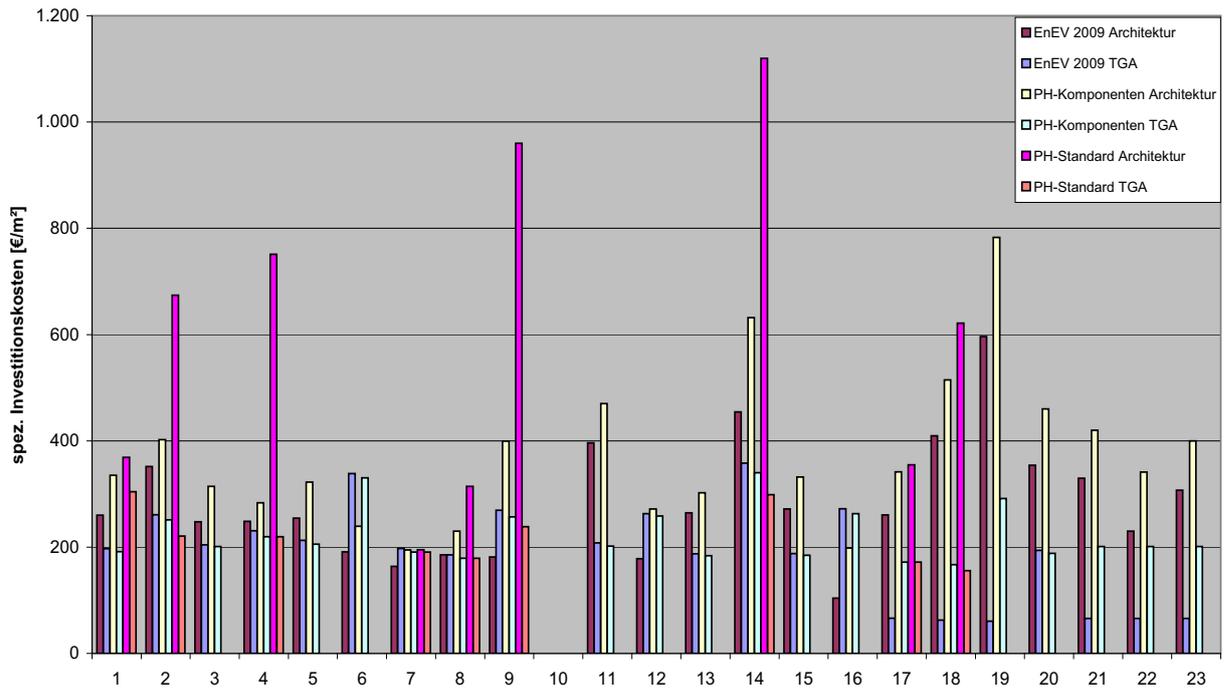


Abb. 4.7 spezifische Gesamtinvestitionskosten nach Gebäudehülle und TGA

Flächenbezug (m²) ist die Energiebezugsfläche nach PHPP

4.2.1 Wirtschaftlichkeit Kapitalwertmethode

Die Kapitalwertmethode (auch Barwertmethode oder Net Present Value oder kurz NPV genannt) ist ein Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung. Durch Abzinsung auf den Beginn der Investition werden Zahlungen, die zu beliebigen Zeitpunkten anfallen, vergleichbar gemacht.

Die Kapitalwertmethode erlaubt die Beurteilung einer Erweiterungsinvestition und die Bestimmung des Ersatzzeitpunktproblems. Methodologisch entspricht die Kapitalwertmethode der Discounted Cash Flow Methodik, die bei u.a. Unternehmensbewertungen zum Einsatz kommt.

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn ihr Kapitalwert größer als Null ist.

Kapitalwert = 0: Der Investor erhält sein eingesetztes Kapital zurück und eine Verzinsung der ausstehenden Beträge in Höhe des Kalkulationszinssatzes. Die Investition hat keinen Vorteil gegenüber der Anlage am Kapitalmarkt zum gleichen (risikoäquivalenten) Zinssatz. An dieser Stelle befindet sich der interne Zinsfuß.

Kapitalwert > 0: Der Investor erhält sein eingesetztes Kapital zurück und eine Verzinsung der ausstehenden Beträge, die den Kalkulationszinssatz übersteigen.

Kapitalwert < 0: Die Investition kann eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals zum Kalkulationszinssatz nicht gewährleisten.

Werden mehrere sich gegenseitig ausschließende Investitionsalternativen verglichen, so ist die mit dem größten Kapitalwert die relativ vorteilhafteste. Weiterhin ist es möglich, die Kapitalwerte verschiedener sich nicht gegenseitig ausschließender Investitionen mit unterschiedlichen Kalkulationszinssätzen aufzusummieren, da es sich um ein additives Verfahren handelt.

Abb. 4.8 Definition Kapitalwert nach Wikipedia

4.2.2 Berechnung

Amortisationsberechnung		EnEV 2009	PH-Komponenten	PH-Standard
Amortisationszeit	Jahre	23,65	27,33	27,33
Kapitalwertmethode				
Kapitalwert C	€	- 37.117,25	- 72.235,24	- 72.235,24
Investition sinnvoll (C>0)		nein	nein	nein
Kapitalwert C-Kapital	€	- 211.429,77	- 255.429,94	- 255.429,94
Kapitalwert C-Einsparung	€	174.312,52	183.194,70	183.194,70

Abb. 4.9 Berechnungsergebnisse nach Kapitalwertmethode für GS Beggendorf

4.3 Kosten je eingesparte kWh

Investitionskosten je eingesparter kWh

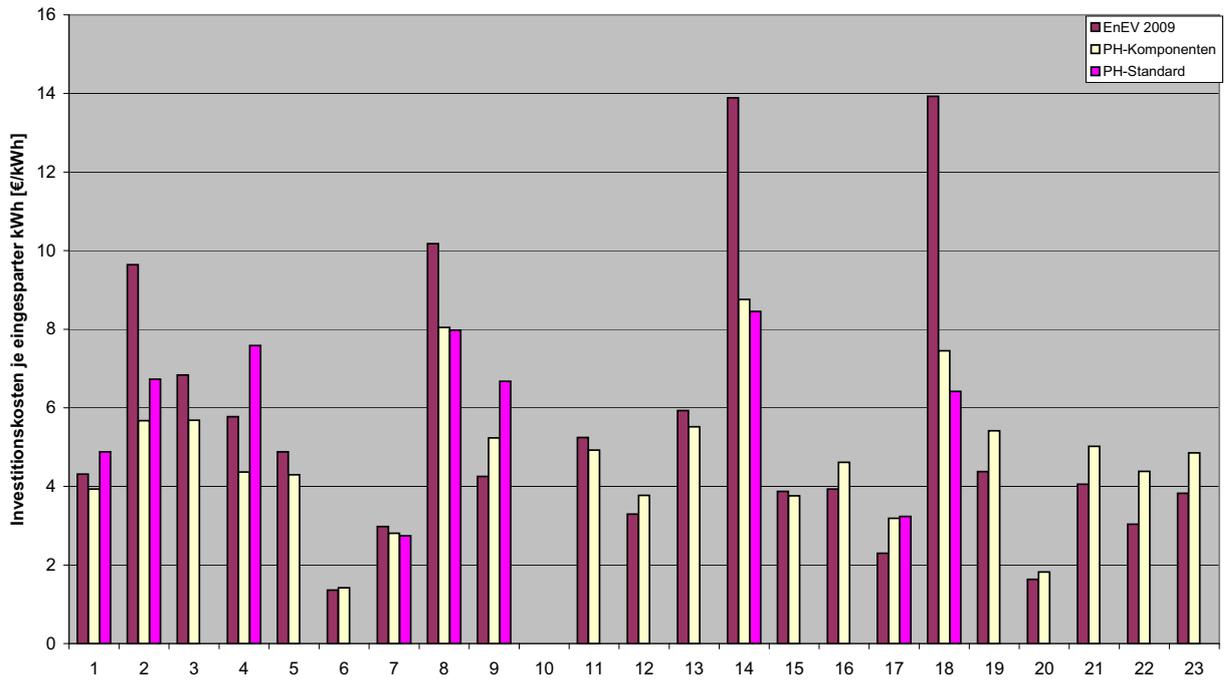


Abb. 4.10 Investkosten je eingesparter kWh

4.4 Lebenszykluskosten mit Restwertbetrachtung

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Lebenszykluskosten von Sanierungsmaßnahmen tritt insbesondere im kommunalen Bereich das Problem auf, dass Instandsetzungen bzw. Erneuerungen von Anlagen- und Bauteilen nach Ablauf der Lebensdauer nicht durchgeführt werden, sondern solange betrieben werden, bis eine Sanierung zwangsweise erfolgen muss. Hierdurch ergibt sich der in den Kommunen bestens bekannte „Sanierungstau“. Bei einer Bewertung von Sanierungsmaßnahmen muss aber im Rahmen des Vergleiches für den Bestand ein fiktiver Ansatz

eines umzusetzenden Mindeststandards bei abgelaufenen Anlagen- und Bauteilen ermittelt und eingesetzt werden.

Am Beispiel der Grengrachtschule in Kap. 7 wird für die drei Gebäudestandards eine dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung der Restwerte von Anlagen- und Bauteile durchgeführt:

- Bestandsgebäude mit abgezinsten Restwerten,
- Sanierung im EnEV 2009 Standard,
- Sanierung im Passivhausstandard.

4.4.1 Restwertbetrachtung

Über einen Diskontierungsfaktor wird in Abhängigkeit vom Kapitalzins und der restlichen Nutzungsdauer des Anlagen- oder Bauteils der Restwert bestimmt, der als Investitionskostenbeitrag für die nicht sanierte Bestandsvariante in Ansatz gebracht wird, um eine Vergleichbarkeit mit den Varianten der Sanierung zu erreichen.

4.5 Sensitivität ‚Energiepreissteigerung‘

Für die Untersuchungsobjekte wurde ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu Grunde gelegt. Jede Annahme von künftig zu erwartenden Energiekosten über einen solch langen Zeitraum kann nur spekulativ sein. Jegliche Annahme von künftigen Energiepreissteigerungen kann nur spekulativ sein. Auch wenn die Energiekosten in den vergangenen Jahren insgesamt kontinuierlich gestiegen sind, kann nicht unbedingt davon ausgegangen werden, dass dieser Trend -und vor allem in welcher Höhe-, insbesondere in Zeiten sinkenden Wirtschaftswachstums, anhält. Genauso ist nicht auszuschließen, dass die Nachfrage an Energie wieder steigen wird und damit auch die Energiekosten in Zukunft noch stärker als bisher ansteigen werden. Die Energieressourcen -zumindest die fossilen Energiequellen- sind endlich und es wird auch immer aufwändiger, neue Energiequellen, z. B. Rohöl, zu erschließen, was zwangsläufig zu Energiepreissteigerungen führen muss.

Energiequellen wie Kernkraft sind keine Alternative, solange die damit verbundenen Gefahren und Risiken nicht vollständig ausgeschlossen werden können. Auch das Erschließen neuer fossiler Brennstoffe wird immer schwieriger und damit verbunden auch kostenintensiver. Die in China inzwischen weit vorangetriebene Entwicklung der Kohleverflüssigung ist auf absehbare Zeit auch keine Alternative zur Energieeinsparung selbst; denn es gilt nicht nur, die Energiekosten einzusparen sondern insbesondere auch den CO₂-Eintrag in die Erdatmosphäre drastisch zu reduzieren, wenn wir unseren Nachkommen noch einiger-

maßen erträgliche Lebensbedingungen auf unserem Mutterplaneten Erde erhalten wollen. Die noch in der Entwicklung befindliche CO₂-Abscheidung ist so lange kein verantwortbarer Weg zur Reduzierung des CO₂-Eintrags in die Erdatmosphäre bis die gefahrlose „Entsorgung“ auch des abgeschiedenen Kohlendioxyds vollständig geklärt und auch sichergestellt ist.

Die Erfahrungen der Vergangenheit und das Wissen um die weltweit immer noch ansteigenden Energieverbräuche einerseits und die gleichzeitig knapper werdenden Energieressourcen lassen mit Blick auf die für die Preisgestaltung wesentlichen Parameter wie Angebot und Nachfrage derzeit alles andere als weiter steigende Energiekosten erwarten.

Nichtsdestotrotz ist es so gut wie unmöglich, auch nur einigermaßen zuverlässig ein Szenario für künftige Energiekostenentwicklungen zu prognostizieren.

Bei den Untersuchungen zu dieser vorgelegten DBU-Studie sind wir von mittleren Energiekostensteigerungen von 5 % ausgegangen.

4.6 Sensitivität ‚Förderung‘

Zu jedem Zeitpunkt einer Entscheidungsfindung für oder gegen einen bestimmten zu erzielenden energetischen Qualitätsstandard sollten die jeweils aktuellen Fördermöglichkeiten abgeprüft werden. Oft wird gerade durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln eine bis dato unwirtschaftliche Maßnahme ad hoc besonders wirtschaftlich.

Im Fall der Stadt Baesweiler war dies besonders bei dem städtischen Gymnasium der Fall, dessen energetische Sanierung auf Passivhausstandard mit einem Zuschuss des Landes Nordrhein-Westfalen in Höhe von ca. 4,8 Mio € für die Stadt Baesweiler besonders attraktiv wurde. Das war letztendlich ausschlaggebend für die Entscheidung, diese ehrgeizige Maßnahme sofort anzugehen (s. hierzu auch Abschn. 6 „Gymnasium Baesweiler – Passivhaussanierung“).

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten TH am Weiher

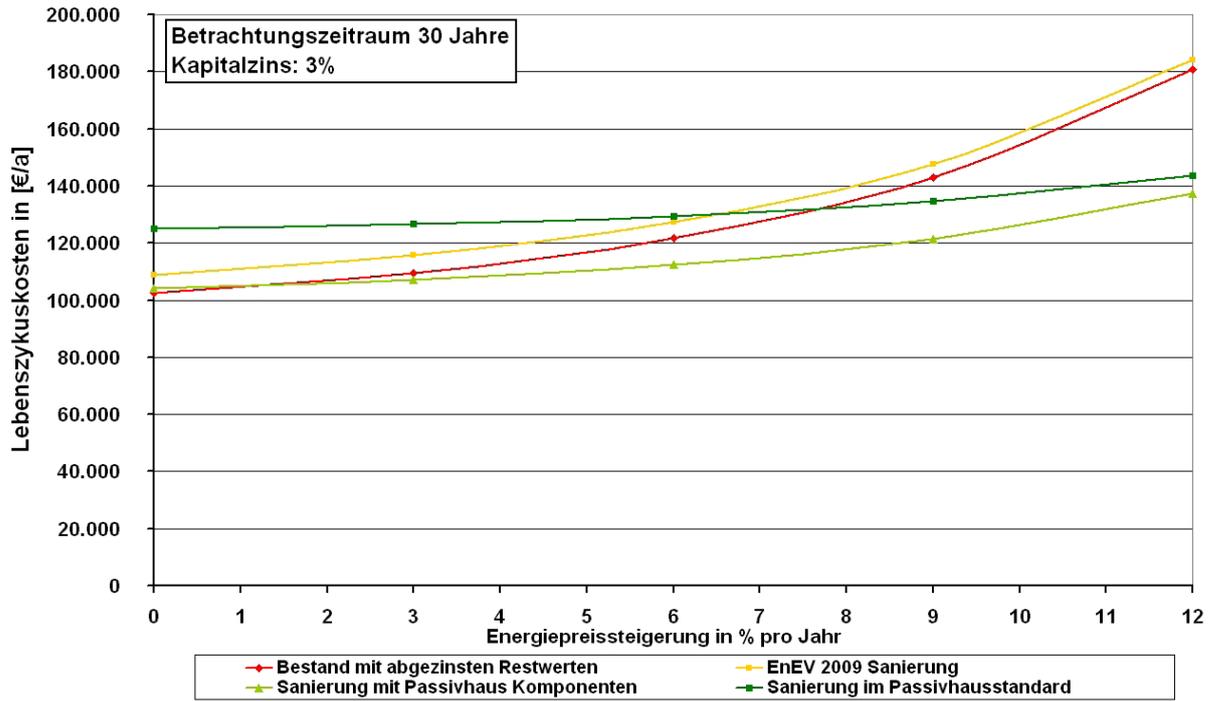


Abb. 4.11 Sensitivitätsanalyse Kapitalzins Turnhalle am Weiher

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten TH am Weiher

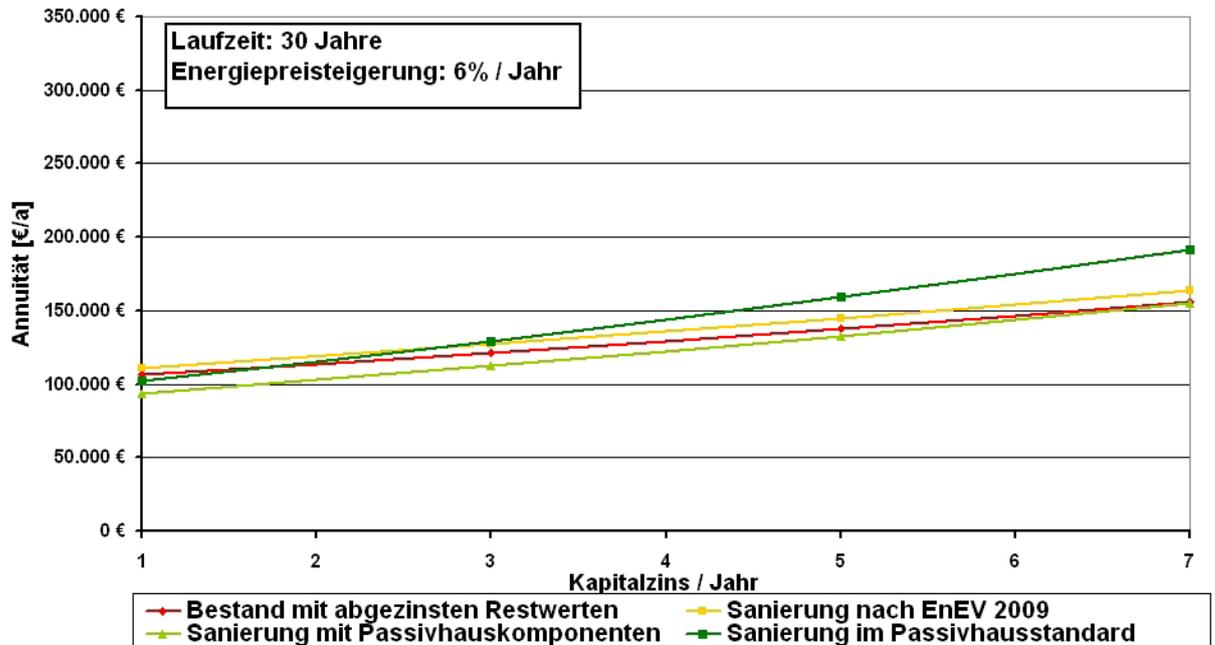


Abb. 4.12 Sensitivitätsanalyse Energiepreissteigerung Turnhalle am Weiher

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten Rathaus Setterich

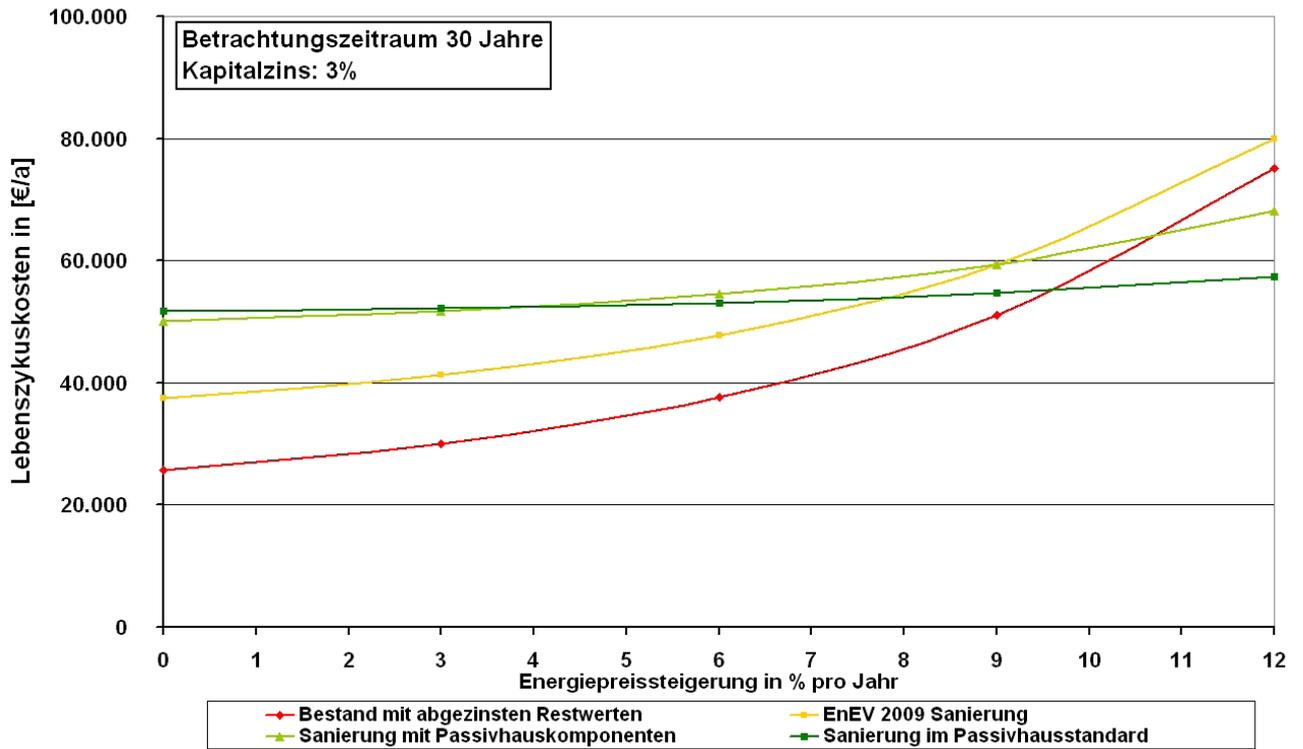


Abb. 4.13 Sensitivitätsanalyse Kapitalzins Rathaus Setterich

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten Rathaus Setterich

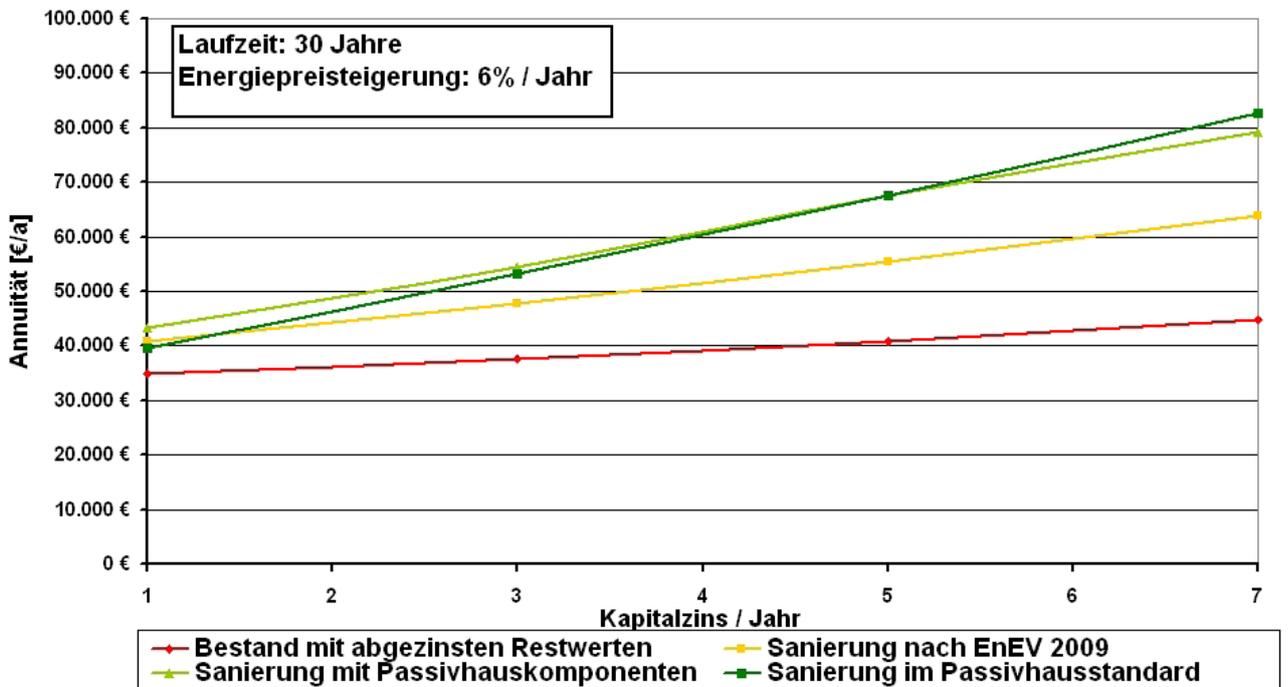


Abb. 4.14 Sensitivitätsanalyse Energiepreisteigerung Rathaus Setterich

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten Grengrechtschule

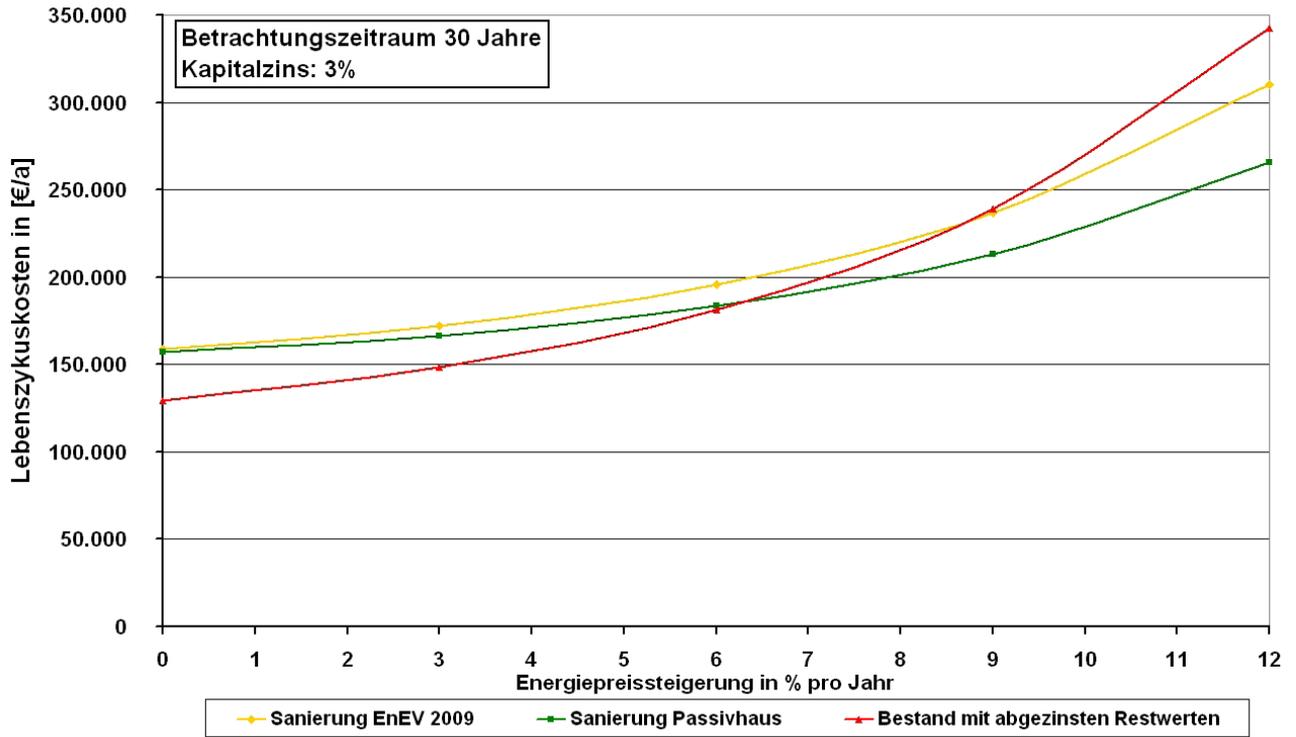


Abb. 4.15 Sensitivität Energiepreissteigerungen Grengrechtschule

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten Grengrechtschule

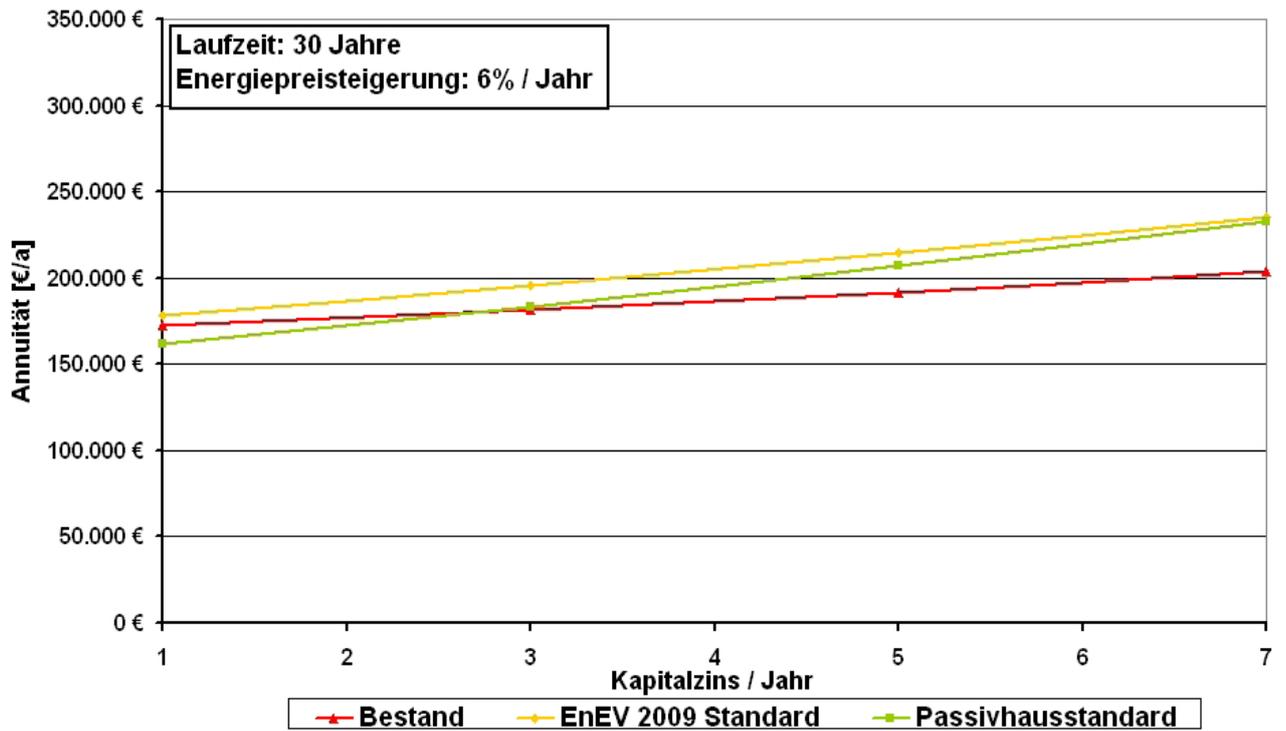


Abb. 4.16 Sensitivität Lebenszykluskosten Grengrechtschule

4.6.1 Aus der Sicht der Kämmerei

Konnten früher nach handelsrechtlichen Maßstäben einzustufende Instandsetzungsmaßnahmen für Gebäude noch als Investitionen beurteilt und damit im Vermögenshaushalt einer Kommune veranschlagt und auch kreditfinanziert werden, so ist das nach dem „Neuen Kommunalen Finanzmanagement (NKF)“ nicht mehr uneingeschränkt möglich.

Gemäß allgemeiner Definition erfolgt eine Aktivierung und somit ein Ausweis in der Bilanz unter der Position des Anlagevermögens nur dann, wenn die Herstellungs-/Anschaffungskosten als Aufwendungen definiert werden können, durch die ein Vermögensgegenstand (grds. Nutzung größer 12 Monate) hergestellt bzw. erweitert wird, oder eine über seinen ursprünglichen Zustand hinaus wesentliche Verbesserung erfährt. Eine Instandhaltungsmaßnahme führt aber nicht unbedingt gleichzeitig zu einer wesentlichen Verbesserung, so dass diese Aufwendungen in der Ergebnisrechnung zu veranschlagen sind und nicht in der Bilanz aktiviert werden dürfen. Dies gilt vor allem dann, wenn diese Aufwendungen die Wesensart des Gegenstandes nicht verändern, den Gegenstand in ordnungsgemäßem Zustand erhalten und regelmäßig in ungefähr gleicher Höhe wiederkehren.

Das heißt, die bisher übliche Praxis der durchgeführten Einzelmaßnahmen ist bilanziell nur noch sehr schwer umsetzbar. Dazu werden sich dann die Kommunen nur noch in Einzelfällen, in denen auf Grund von verbleibender Restnutzungsdauer

oder auf Grund von absehbarem Flächenüberhang (Demografie) eine langfristige Nutzung der Immobilie nicht absehbar ist, aber dennoch ein akuter Instandsetzungsbedarf besteht, entscheiden.

Das Ausführen einzelner Gewerke separat (d.h. keine Gesamtmaßnahme – siehe auch weiter unten) führt demnach normalerweise dazu, dass man die Gewerke für sich betrachtet als ganz normalen Unterhaltungsaufwand seitens der Kämmerei bilanziell einstufen muss. Das bedeutet, dass dieser Instandhaltungsaufwand dem Haushaltsjahr zuzuordnen ist, in dem er entsteht; es kommt zu einer einmaligen Belastung des Jahreshaushalts der entsprechenden Kommune. Der sich daraus ergebende negative Ergebniseinfluss kann erheblich sein.

Können aber mehrere Instandsetzungsmaßnahmen zusammengefasst werden und erhöhen in ihrer Gesamtheit den Gebrauchswert des Gebäudes (= wesentliche Verbesserung), dann muss geprüft werden, ob diese Kosten zu Herstellungskosten / Anschaffungskosten (= investive Maßnahmen) deklariert werden können. Sollte eine investive Maßnahme vorliegen, muss der entstehende Aufwand aktiviert und über eine festzulegende Nutzungsdauer abgeschrieben werden. Damit wird die Ergebnisrechnung im Jahr der Ausführung bzw. der Fertigstellung des Bauprojektes erheblich entlastet. Dem Prinzip der periodengerechten Ergebnisermittlung folgend, erhalten die folgenden Jahresrechnungen (durch das Verbuchen der Abschreibung

als Aufwand in der Ergebnisrechnung) damit ihren Anteil an der Substanzbeanspruchung.

Eine Entscheidung für oder gegen eine investive Maßnahme kann auf jeden Fall nur einzelfallbezogen erfolgen.

Hilfestellung können dabei die steuerlichen Regelungen bzw. höchstrichterlichen Entscheidungen der Finanzgerichte bzw. des Bundesfinanzhofes geben.

So nimmt zum Beispiel das Bundesministerium für Finanzen im Erlass vom 18.07.2003, IV C 3 – S 2211 -94/03 Stellung zu dem Thema einer wesentlichen Verbesserung bei Gebäuden. Entscheidend soll eine Erhöhung des Gebrauchswertes des Gebäudes sein.

Eine deutliche Erhöhung des Gebrauchswertes ist zum Beispiel dann gegeben, wenn der Gebrauchswert des Gebäudes von einem sehr einfachen auf einen mittleren oder von einem mittleren auf einen sehr anspruchsvollen Standard gehoben wird.

Die Zusammenballung von Erhaltungsaufwendungen allein in ungewöhnlicher Höhe (sog. Generalüberholung) ist grundsätzlich keine wesentliche Verbesserung.

Konkretisierend dazu nimmt der Bundesfinanzhof in seinem Urteil vom 12.09.2001 – IX R 39-97 zu einer Änderung des Gebrauchswertes Stellung.

Vor allem die Modernisierung der maßgeblichen Einrichtungen:

- Heizung

- Sanitär
- Elektroinstallation
- Fenster

unter Beachtung des sich ändernden Standards (siehe oben) bestimmen die Definition als Herstellungskosten oder Erhaltungsaufwand.

Laut des oben genannten Erlasses können zudem Maßnahmen über mehrere Jahre in Ihrer Gesamtheit zu einer Änderung des Gebrauchswertes und damit zu einer wesentlichen Verbesserung führen. Man spricht hier von einer Gesamtmaßnahme. Die einzelnen Maßnahmen müssen deshalb in der mittelfristigen Planung bereits ernsthaft geplant sein. Der Erlass spricht hier von einem Fünfjahreszeitraum. Unter diesen Umständen kann eine Einzelbaumaßnahme, die für sich gesehen noch nicht zu einer wesentlichen Verbesserung führt, trotzdem investiv zu beurteilen sein.

Mit einer umfangreichen Sanierung gehen heute in der Regel auch Modernisierungsmaßnahmen einher, die dann bei der Neubewertung des Objektes nach Fertigstellung zu einer neuen verlängerten Restnutzungsdauer des Gebäudes führen und abgeschrieben werden können. Die Beurteilung sollte durch einen internen oder externen Sachverständigen erfolgen.

Unter betriebswirtschaftlicher Betrachtung ist zudem zu beachten, dass Sanierungen von einzelnen Bauteilen / Durchführung von Einzelmaßnahmen zu höheren Gesamtkosten führen können; denn bei der Durchführung mehrerer sinnvoll zusammengestellter Maßnahmen fallen diverse

Nebenkosten wie z. B. Kosten für die Baustelleneinrichtung, Gerüstbaukosten usw. i. d. R. nur einmal und nicht wie bei jeder Einzelmaßnahme wiederholt an.

Die Durchführung diverser Einzelmaßnahmen bringt zwangsläufig auch bauphysikalische und konstruktive Konsequenzen mit sich, wie z.B.

- ggf. erforderliche Verlängerung des Dachüberstandes bei zusätzlicher Wärmedämmung der Fassade,
- späteres Versetzen schon erneuerter Fenster in die Dämmebene,
- zusätzliche Dämmung der Fensterlaibungen bei Fenstererneuerung zur Vermeidung von Tauwasseranfall
- usw.

Unter den oben genannten Gesichtspunkten sollte dies im Rahmen der Projektplanung bereits bedacht werden.

Es macht, um den oben genannten Gründen -nicht nur um dem „Neuen Kommunalen Finanzmanagement (NKF)“ gerecht zu werden- viel mehr Sinn, mehrere Einzelmaßnahmen in einem Projekt (wahrscheinlich auch mehrjährig) zu bündeln. Die Kommunen müssten also künftig viel eher sogenannte „Investive Gesamtanierungsmaßnahmen“ planen und anschließend auch durchführen, damit diese dann unter Umständen über die neue Restnutzungsdauer / den dann neuen Lebenszyklus des Gebäudes abgeschrieben werden können.

Trotz der bilanziellen Möglichkeit der Abschreibung solcher zusammengefasster Gesamt-Investitionsmaßnahmen müssen den Städten diese Finanzmittel zunächst zur Verfügung stehen, zumal die Refinanzierung rein über die Energieeinsparung in der Regel nicht darstellbar ist.

Auch in vergangenen Zeiten, bspw. schon bei der Ersterrichtung zahlreicher kommunaler Gebäude waren die Kommunen meist nur mit finanzieller Unterstützung (z. B. Förderungen) in der Lage, kommunale Baumaßnahmen durchzuführen, geschweige denn die Unterhaltungsaufwendungen in vollem Umfang in der zurückliegenden Vergangenheit zu leisten. Heute befinden sich die Kommunen in einer ähnlichen Situation.

Am Rande sei hier darauf hingewiesen, dass die o.g. investiven Maßnahmen auch Auswirkungen auf einen gebildeten Sonderposten haben können. Dies ist zu bedenken.

Das heißt aber wiederum, dass ein solches Vorgehen ohne Förderung nicht möglich sein wird, selbst nicht bei Maßnahmen, die sich rein energetisch refinanzieren würden. Denn in aller Regel sind heutzutage die finanziellen Mittel in den Kommunen nicht vorhanden, weshalb die Maßnahmen i. d. R. nicht umgesetzt werden können.

Das „Neue Kommunale Finanzmanagement (NKF)“ scheint auch in der politischen Landschaft leider noch nicht überall

angekommen zu sein, wie jüngste Erfahrungen im Rahmen der Verausgabung der Mittel des „Konjunkturpaket II“ zeigen. Einige Kommunen führen mit diesen Geldern wiederum nur notwendige Einzelmaßnahmen, die ausschließlich auf Grund des Finanzsegers finanzierbar geworden sind, durch. In diesen Fällen werden dann die Forderungen und Konsequenzen des „Neuen Kommunalen Finanzmanagement (NKF)“ nicht beachtet.

Die Sanierung von Einzelbauteilen mit Passivhauskomponenten ist technisch unbestreitbar eine über seinen ursprünglichen Zustand hinausgehende wesentliche Verbesserung. Aus der Sicht der Kämmerer ist aus den genannten Gründen allerdings eine schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten unter Umständen eine Einzelmaßnahme (= Erhaltungsaufwand) und damit für die betroffene Kommune wirtschaftlich nicht darstellbar.

Eine frühzeitige Planung und Abstimmung zwecks Optimierung in bilanzieller, liquiditätsmäßiger, betriebswirtschaftlicher sowie technischer Hinsicht ist geboten.

Es bleibt zu prüfen, ob eine Sanierung einzelner Bauteilkomponenten (z. B. die Fassade oder das Dach) mit Passivhauskomponenten nicht auch als „eine erhebliche Verbesserung zu bewerten“ ist (s.o.). Dadurch lassen sich in den meisten Fällen nicht nur energetische Verbesserungen mit dem Faktor 10 sondern am Ende auch

ein Gebäudezustand mit einer erheblich verbesserten Nutzerqualität erreichen (Steigerung der Luftqualität, verbesserter Wohn- und Nutzkomfort, Senkung der CO₂-Konzentration in den Räumen (insbesondere wichtig in Schulen usw.)). Eine frühzeitige Klärung des Einzelfalls mit allen Beteiligten (auch RP-Amt oder Wirtschaftsprüfer bzw. GPA) ist unbedingt angeraten.

4.7 Auswertung nach „Gebäudenutzungen“

Der mit Hilfe des PHPP errechnete Heizwärmebedarf der untersuchten, unbehandelten und nach ihrer Nutzungsart sortierten Gebäude liegt bei den

- Schulen im Bereich zwischen 101 kWh/m²a (Realschule Setterich Pavillon, Bj. 2003 und 373 kWh/m²a (Grundschule Beggendorf, Bj. 1913)
- Turnhallen zwischen 181 kWh/m²a (TH Wolfsgasse, Bj. 1966; 1986 saniert und 431 kWh/m²a (TH Am Weiher, Bj. 1969)
- Hallenbad Parkstraße (Bj. 1975) bei 190 kWh/m²a
- Turn- und Schwimmhalle Grengracht (Bj. 1964) bei 330 kWh/m²a
- Verwaltungsbauten zwischen 125 kWh/m²a (Rathaus Baesweiler, Bj. 1954/1981) und 429 kWh/m²a im ehemaligen Wohnhaus „An der Burg“, Bj. 1965
- Mehrzweckhallen zwischen 103 kWh/m²a (MZH Loverich, Bj. 1996) und 278 kWh/m²a (MZH Grabenstraße, Bj. 1987)

Aus der Nutzungsart alleine lassen sich keine signifikanten Rückschlüsse auf die untersuchten Bestandsgebäude hinsichtlich ihrer Energieeffizienz schließen.

Der aktuell errechnete Heizwärmebedarf der untersuchten Gebäude liegt in der Bandbreite von 101 kWh/m²a (Pavillon der Realschule Setterich, Bj. 2003) und 431 kWh/m²a (Turnhalle am Weiher, Bj. 1969).

Die Grundschule Beggendorf, Bj. 1913, weist einen errechneten Heizwärmebedarf von 373 kWh/m²a auf.

Der Heizwärmebedarf der nach 1995 (nach

dem Inkrafttreten der WSchVO 1995) errichteten Gebäude liegt dagegen nur noch zwischen 101 und 103 kWh/m²a (Pavillon der Realschule Setterich, Bj. 2003 und MZH Loverich, Bj. 1996). Diese im Vergleich zu den anderen Gebäuden relativ effizienten Bauten stammen aus der jüngeren Zeit, in der die gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz zwangsläufig für entsprechend gute Werte gesorgt haben.

Es ist festzuhalten, dass bei den untersuchten Bestandsgebäuden hinsichtlich des Heizwärmebedarfs auf der Grundlage ihrer Nutzungen kaum Rückschlüsse auf deren Energieeffizienz zu ziehen sind.

Die Palette der untersuchten Gebäude reicht von reinen unbedeckten oder verputzten Backsteinbauten über Stahlhallenbauten mit Vorhangschale, zweischalig hinterlüfteten Klinkerbauten, Stahlbetonskelettbauten mit Gasbetonfüllungen bis zu Holzbauten. Nach ihrer Bauart schneiden im Bezug auf Energieeffizienz der Stahlbau mit Gasbetonausfachung der MZH Loverich mit einem Heizwärmebedarf von 103 kWh/m²a und der Holzbau des Pavillon der Realschule Setterich mit einem Heizwärmebedarf von 101 kWh/m²a am besten ab. Dies sind gleichzeitig die beiden einzigen nach 1995 errichteten Gebäude, also schon mit umgesetzten gesetzlichen Forderungen an die Energieeffizienz von beheizten Gebäuden.

Es kann also festgehalten werden, dass die gesetzlichen Forderungen –wie bereits bekannt- hier schon ihre Auswirkungen zeigen. Aber aufgrund der Bau- und Nut-

zungsart lassen sich hinsichtlich der Energieeffizienz der untersuchten Gebäude eher keine Rückschlüsse ziehen (s. hierzu Abb. 2.2)

5 Auswirkungen der Maßnahmen

5.1 Emissionsbilanz

Zur Bildung der Emissionsbilanz wird die Einsparung an äquivalentem CO₂ herangezogen. Dabei wird ein Betrachtungszeitraum von 10 Jahren gewählt. Die in diesem Zeitraum erwarteten Energieeinsparungen bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen führen zu einer Reduktion von CO₂-Emissionen. Bezüglich der vermiedenen Emissionen je kWh wurden CO₂-Äquivalente für Strom und Heizöl nach GEMIS 4.2 angenommen.

Die Emissionsbilanz wird an den detaillierter betrachteten Gebäuden, Grengrechtschule und Gymnasium Baesweiler, dargestellt.

Tabelle 7.9 zeigt die Emissionsbilanz der Grengrechtschule. Es wurden die EnEV 2009 als Sanierungsstandard festgelegt und die Einsparungen durch eine umfassende Sanierung der Gebäudehülle und der Haustechnik betrachtet. Durch diese

Maßnahmen lassen sich über 10 Jahre bis zu 1.252 Tonnen CO₂ einsparen.

Die Emissionsbilanz in Tab. 6.19 des Gymnasium Baesweiler betrachtet lediglich die Einsparungen an CO₂ aufgrund des Ersatzes der bestehenden Niedertemperatur-Ölkessel gegen ein geothermisches Erdsondenfeld mit Wärmepumpe. Der Sanierungsstandard entspricht dem Passivhausstandard. Dabei wird eine Vermeidung von CO₂-Emissionen von bis zu 4.780 Tonnen realisiert.

6 Gymnasium Baesweiler – Passivhaussanierung

6.1 Förderung Investitionspakt I

Das Gymnasium in Baesweiler war bereits zur Antragsstellung bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt als ein erstes Projekt für die Umsetzung im Passivhausstandard vorgesehen. Durch den Erfolg der Antragstellung auf Förderung durch den Investitionspakt I des Landes NRW, der sehr

fundiert durch die Bearbeitung im Rahmen der Studie unterstützt wurde (der Antrag wurde als „der beste Antrag“ im Rahmen des Investitionspaktes I gekürt), standen Geldmittel zur Verfügung, die eine zügige Umsetzung ermöglichten.

Kosten- gruppe nach DIN 276	Gewerk	Trakt 1	Trakt 2	Trakt 3+4	Turnhalle	Energie- zentrale	Mensa	Kosten brutto geschätzt beauftragt abgerechnet
310	Fassade	429.242,97	403.311,86	615.423,70	381.331,44	0,00	59.018,70	1.888.328,67
360	Dach	5.681,00	28.140,00	155.290,50	98.292,60	0,00	21.487,00	308.891,10
330	Fenster	164.761,47	434.832,80	540.406,21	114.332,48	0,00	90.750,00	1.345.082,95
330	Kellerdecken/Bodendämmungen	89.497,52	100.233,40	140.669,55	21.842,80	0,00	0,00	352.243,27
300	begleitende Maßnahmen	228.510,36	153.864,70	291.652,38	112.078,85	0,00	0,00	786.106,29
300	Summe Bauwerk - Baukonstruktionen	917.693,32	1.120.382,76	1.743.442,33	727.878,17	0,00	205.140,20	4.803.411,97
410	Sanitär (Mensa)						32.046,72	32.046,72
	Sanitär (Zusatzmaßnahmen)	31.046,84	88.705,02	127.097,31	73.618,00			320.467,17
420	Heizung (energetische M.)	43.370,00	128.505,00	181.780,00	167.400,00	307.500,00		828.555,00
	Heizung (Mensa)						21.364,48	21.364,48
430	Lüftung (energetische M.)	114.980,00	332.650,00	475.480,00	220.600,00	0,00		1.143.710,00
	Lüftung (Mensa)						21.364,48	21.364,48
440	Elektro-Beleuchtung (energ. M.)	37.115,00	97.315,00	143.450,00	75.485,00	0,00		353.365,00
	Elektro (Zusatzmaßnahmen)	31.046,84	88.705,02	127.097,31	73.618,00			320.467,17
	Elektro (Mensa)						32.046,72	32.046,72
	Zusatz netto 1,5 Mio/1,18/1,19	62.093,68	177.410,04	254.194,62	147.236,00	0,00		
	Mensa netto 500000/1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	106.822,39	
400	Summe TGA	257.558,68	735.880,04	1.054.904,62	610.721,00	307.500,00	74.775,67	3.041.340,01

Abb. 6.1 Gesamtkosten Sanierung Gymnasium Baesweiler

Der Heizwärmebedarf des Bestandes liegt bei ca. 161 kWh/m²a und soll nach der Sanierung mit einem Energiebedarf von maximal 15 kWh/(m²a) und flankierenden

Maßnahmen zur Energieeinsparung die äquivalenten CO₂- Emissionen um einen Faktor 20 verringern.

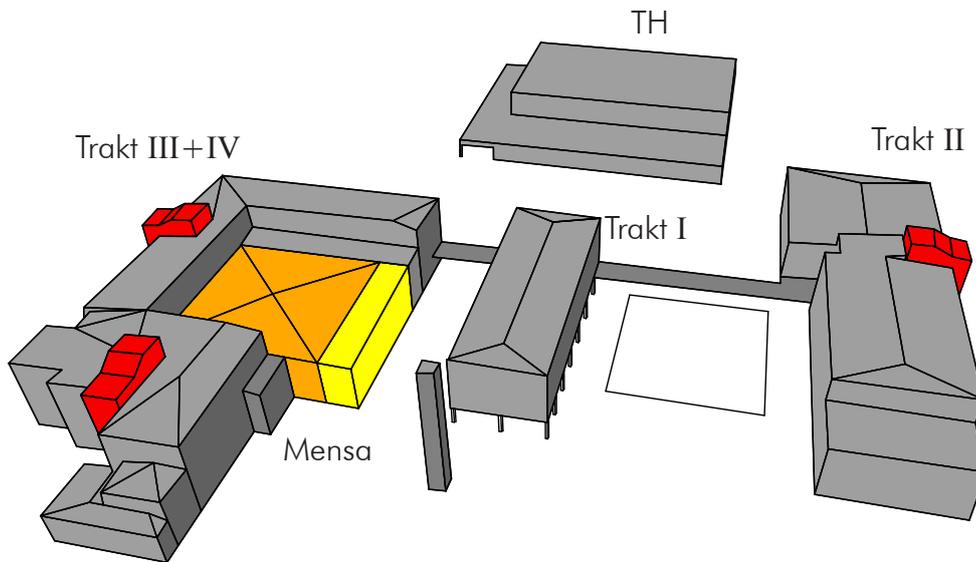


Abb. 6.2 Gebäudeisometrie Gymnasium Baesweiler



Abb. 6.3 Architekturkonzept – vorher / nachher



Abb. 6.4 Architekturkonzept Trakt 3 und 4 Nord-Ost-Seite

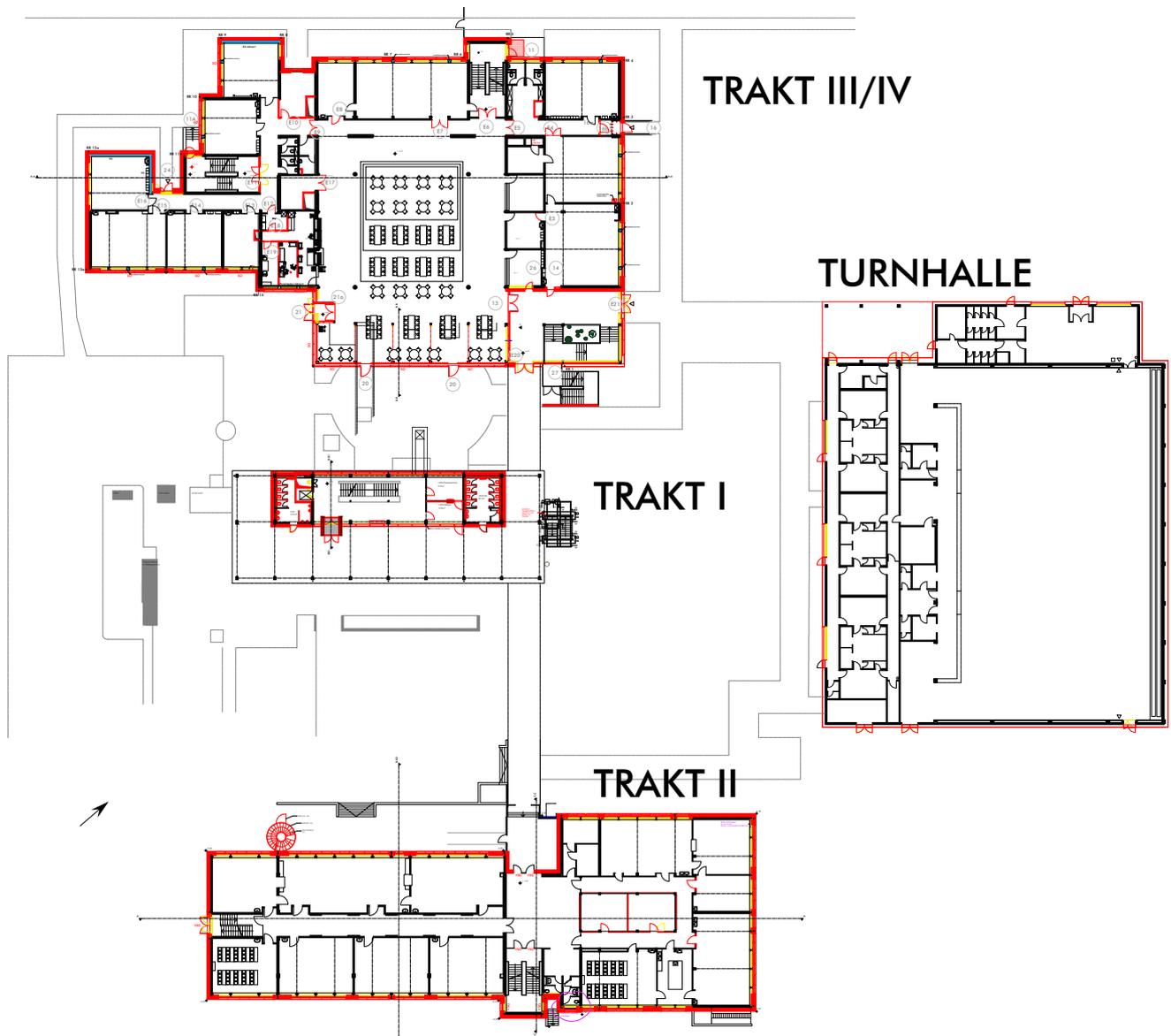


Abb. 6.5 Grundriss Übersicht Gymnasium Baesweiler

6.2 Energiekonzept

Die Umsetzung der einzelnen Trakte auf Passivhausstandard mit den wesentlichen Bausteinen

- Sanierung der Gebäudehülle (Dämmen, Herstellen der Luftdichtheit, Reduzierung der Wärmebrücken)
- Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung (ergänzendes Heizkörpersystem für die Lastspitze) werden ergänzt durch die flankierenden Maßnahmen
- Erneuerung der Beleuchtung mit Einrichtung einer Tageslichtsteuerung
- Sanierung der zentralen Wärmeversorgungsanlage durch eine geothermische Anlage mit Anbindung der einzelnen Trakte über eine neue Nahwärmeerschließung
- Ergänzung der Warmwasserbereitung der Turnhalle durch eine thermische Solaranlage

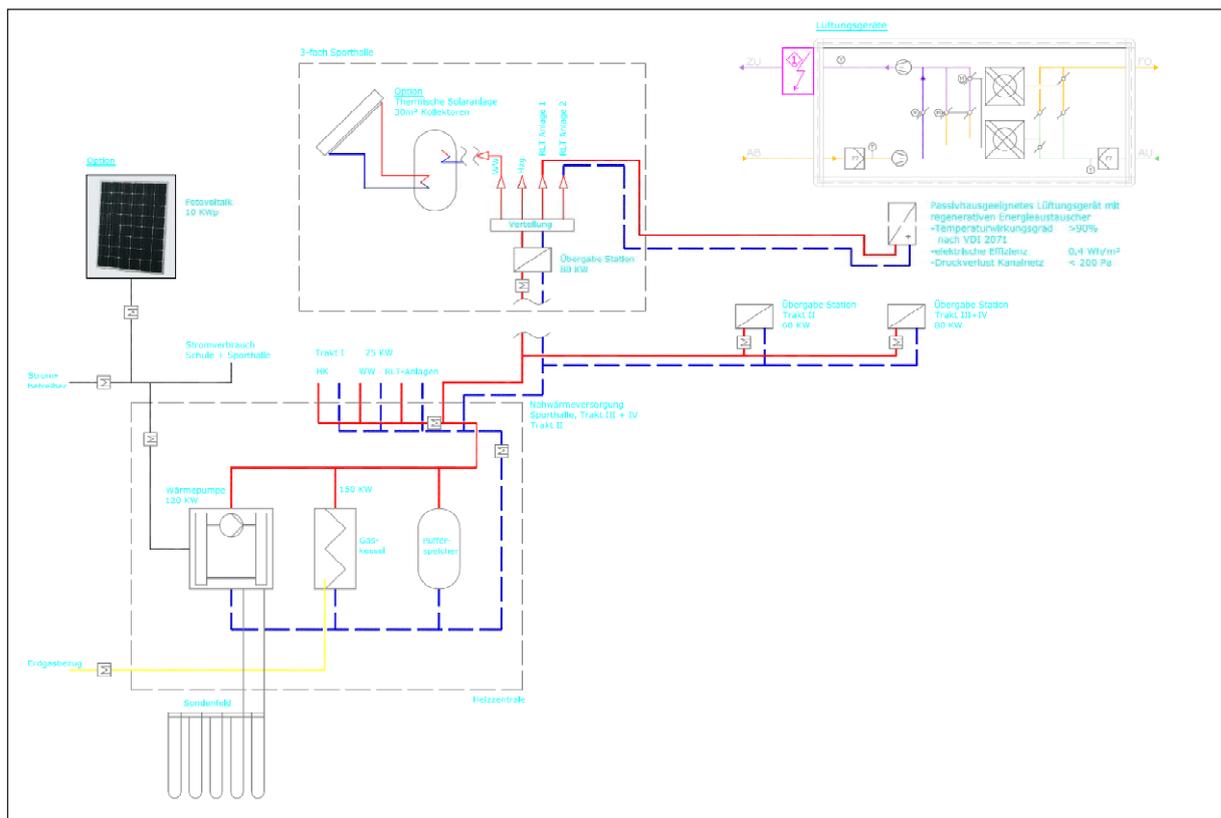


Abb. 6.6 Energiekonzept

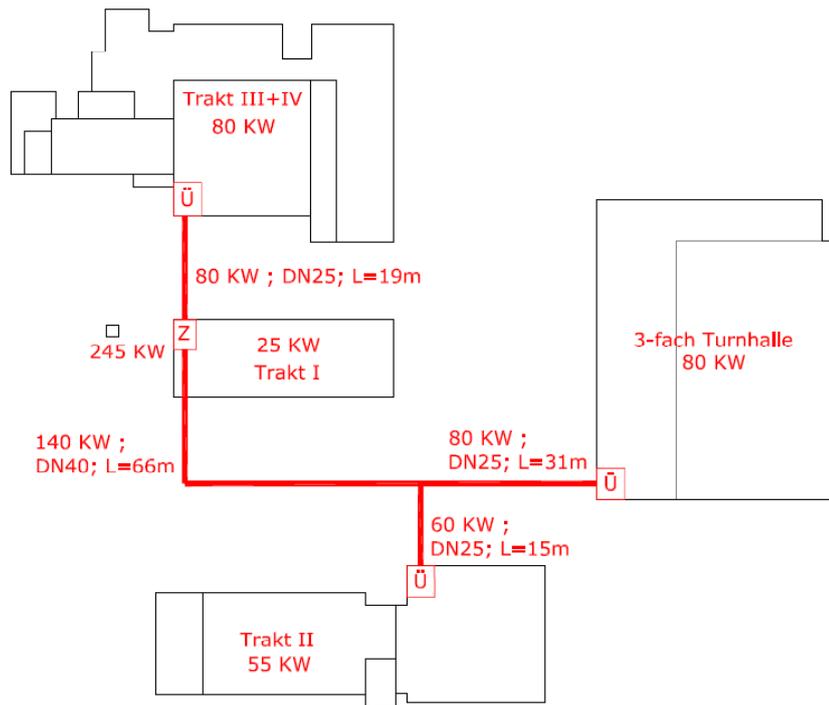


Abb. 6.7 Nahwärmekonzept

6.2.1 Energiezentrale mit geothermischer Nutzung

Die bestehende Heizzentrale wird saniert. Durch die massive Reduzierung des Wärmebedarfes kann die erforderliche Heizleistung von 1.600 kW auf 245 kW, also um über 85 % reduziert werden. Zur Energieerzeugung wird eine Erdsondenanlage vorgesehen, die mit einer Sondenlänge von ca. 1.700 m direkt zur Kühlung (Natural Cooling) und in Verbindung mit einer

Wärmepumpenanlage für die Beheizung genutzt wird. Damit wird der Schwerpunkt auf die Nutzung erneuerbarer Energien gelegt. Für die Lastspitzen wird ein Niederdruckkessel ergänzt, der mit Erdgas betrieben wird. Im Rahmen der Sanierung werden alle hydraulischen Armaturen und Pumpen optimiert und erneuert.

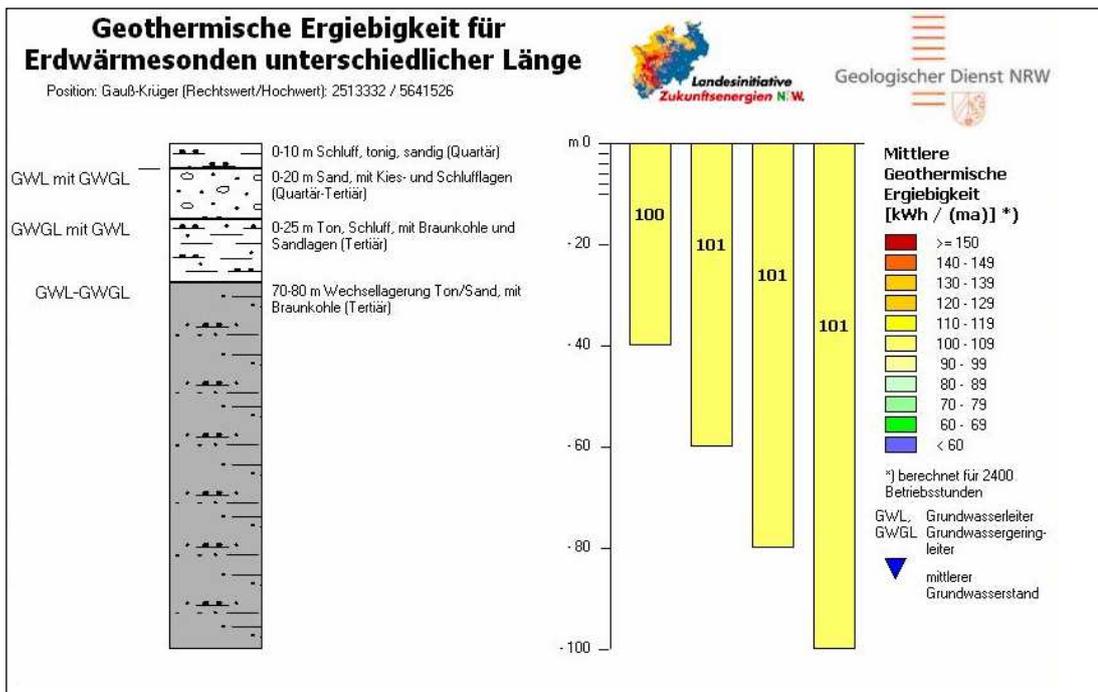


Abb. 6.8 Geothermische Ergiebigkeit der Sondenanlage

6.2.2 Sommerliche Kühlung

Im Sommer wird die Bauweise der Passivhaus-Schule zur „Kühlung“ genutzt. Der Sonnenschutz verhindert ein Überhitzen der Räume. Die Gebäudemasse wird tagsüber die entstehende Wärme zwar aufnehmen und speichern, durch ein automatisch geregeltes Öffnen der Fenster bzw.

durch den Betrieb der Lüftungsanlage wird die Gebäudemasse jedoch mit der kalten Nachtluft wieder abgekühlt und steht am folgenden Tag wieder als Speichermasse zur Verfügung (sog. Nachtauskühlung). Zusätzlich wird die Zuluft über die Erdsondenanlage vorgekühlt.

6.3 Trakt 1 – erster Bauabschnitt

Mit Trakt 1 beginnt im Juni 2009 die bauliche Umsetzung der Maßnahme. Das komplette Sanierungspaket wurde ausgeschrieben und mit der Vergabesumme

der Einzelgewerke liegen nun gesicherte Kostendaten vor, die eine Überprüfung der Lebenszykluskosten aus der Vorkalkulation möglich macht.

6.3.1 Nachweis Passivhausstandard

Über die Berechnungen des PHPP wurde der Nachweis geführt, dass das Gebäude über die geplanten Sanierungsschritte den Passivhausstandard erreicht.

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche				
Energiebezugsfläche:	1091,6 m ²			
	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	15	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,6	h⁻¹	0,6 h ⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	102	kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	49	kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)		
Heizlast:	13	W/m ²		
Übertemperaturhäufigkeit:	8	%	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Kühllast:	8	W/m ²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV				
Nutzfläche nach EnEV:	1726,3 m ²			
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	31	kWh/(m²a)	Anforderung: 40 kWh/(m²a)	ja

Abb. 6.9 Ergebnisblatt Berechnungen PHPP

6.3.2 Gebäudehülle

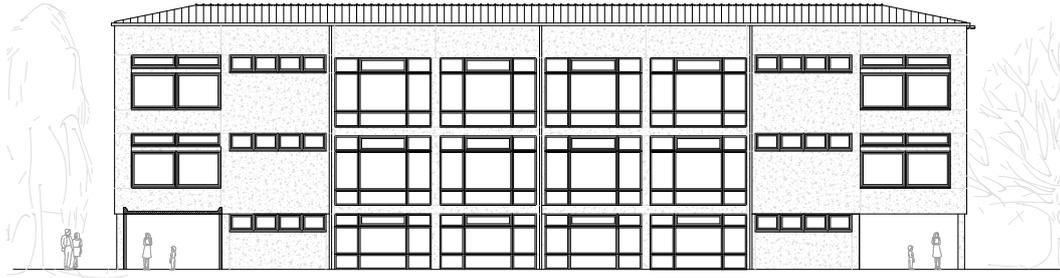


Abb. 6.10 NW-Ansicht Bestand Trakt 1

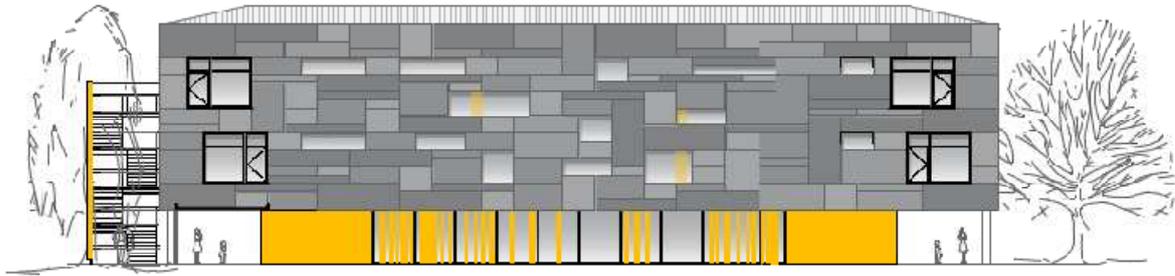


Abb. 6.11 NW-Ansicht neu Trakt 1

Das Gymnasium wird nicht nur energetisch optimiert. Auch seine inneren Funktionsabläufe werden erheblich verbessert, die Schule um eine neue Mensa ergänzt. Durch die Errichtung der Mensa wird ein qualifizierter Schulbetrieb als Ganztagschule möglich.

Desweiteren wird mit der baulichen Umsetzung der Maßnahme auch ein Selbstlernzentrum eingerichtet, ein vergrößertes Lehrerzimmer, ein zusätzlicher Arbeitsraum für Lehrer sowie der Computer-Arbeitsraum optimiert.

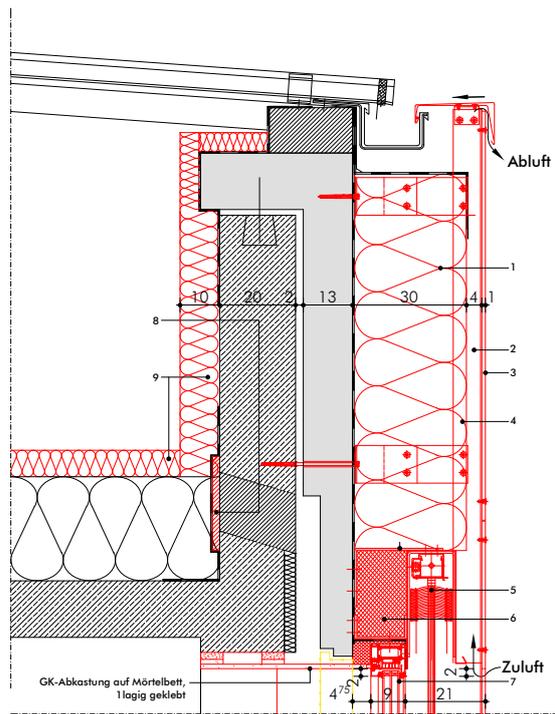
Der naturwissenschaftliche Bereich wird klarer strukturiert (bislang finden der Physik- und der Chemieunterricht in ein und demselben Raum statt).

In Trakt 1 (Verwaltungstrakt) wird ein Aufzug eingebaut, um einen barrierefreien Zugang auch zu den Räumen im Obergeschoss zu schaffen. In den Klassentrakten kann dies bei Bedarf durch organisatorische Maßnahmen (z.B. Verlegung der jeweiligen Räume ins Erdgeschoss) gesichert werden.

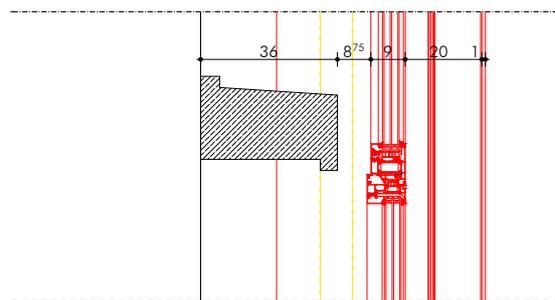
Außerdem werden die Sanitäreanlagen erneuert und z. T. auch erweitert.

Nicht zuletzt wird auch die gestalterische Qualität des Gymnasiums deutlich aufgewertet.

1 Aussenwand SO Fassade - Trakt 1



- 1 Wärmedämmung WLG 032
- 2 Hinterlüftung, mind. 2 cm
- 3 Paneel-Fassadenbekleidung sichtbar verschraubt,
- 4 Vertikales Tragprofil
- 5 Raff-Rolladenkasten mit Schienenführung
- 6 Dämmeinlage WLG 025
- 7 Passivhaus-Kunststofffenster mit Aluschale,
- 8 Vorhandene Zuluftöffnungen verschließen
- 9 Bestandsdämmung ergänzen, WLG 035



- 10 Vertikales Tragprofil
- 11 Wärmedämmung WLG 032, 30 cm
- 12 Hinterlüftung, mind. 2 cm
- 13 Paneel-Fassadenbekleidung, sichtbar verschraubt
- 14 Dämmeinlage WLG 025
- 15 GKBI-Platte, 2lagig oder OSB-Platte einlagig
- 16 Dämmeinlage WLG 032
- 17 Fensterbank, neu, Multiplex-Platte, 22 mm
- 18 Dämmschaum WLG 025

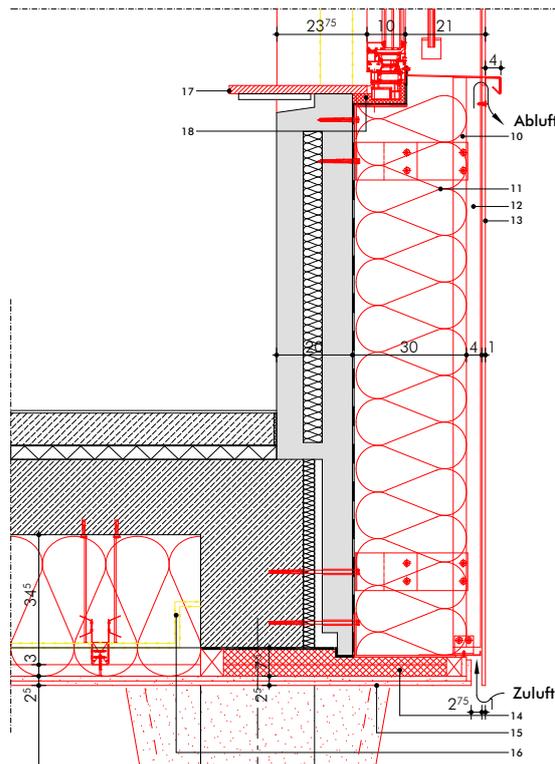


Abb. 6.12 Fassadenschnitt Gymnasium Baesweiler

schwarz - Bestand
rot - Sanierung

6.3.3 Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung

Das Herzstück des Systems ist die Lüftungsanlage für die kontrollierte Be- und Entlüftung der Passivhauschule. Nach Auslegung der Luftmengen ergibt sich für Trakt 1 eine erforderliche Gesamtluftmenge von ca. 5.000 m³/h, die über eine zentrale

Lüftungsgerät im Kellergeschoss bereit gestellt wird. Das Lüftungsgerät ist mit einem rekuperativen Wärmetauscher ausgestattet und erreicht einen Jahreswirkungsgrad von 75%.

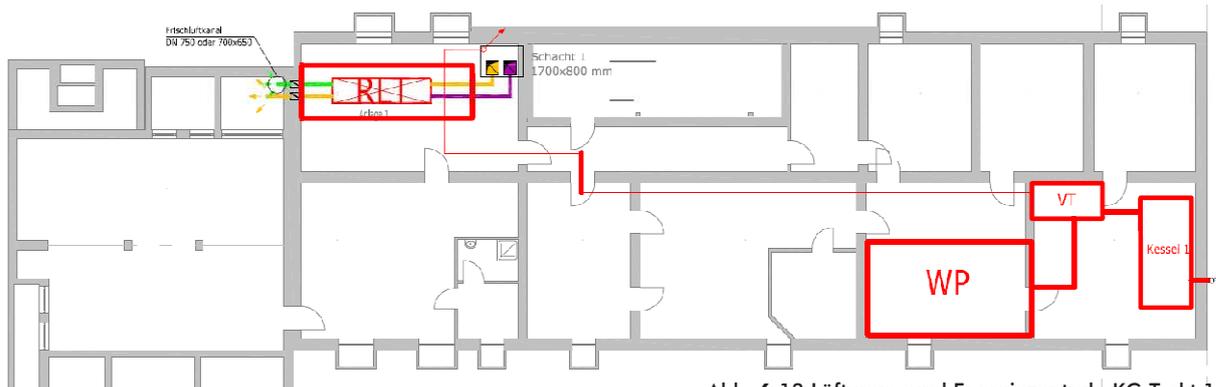


Abb. 6.13 Lüftungs- und Energiezentrale KG Trakt 1

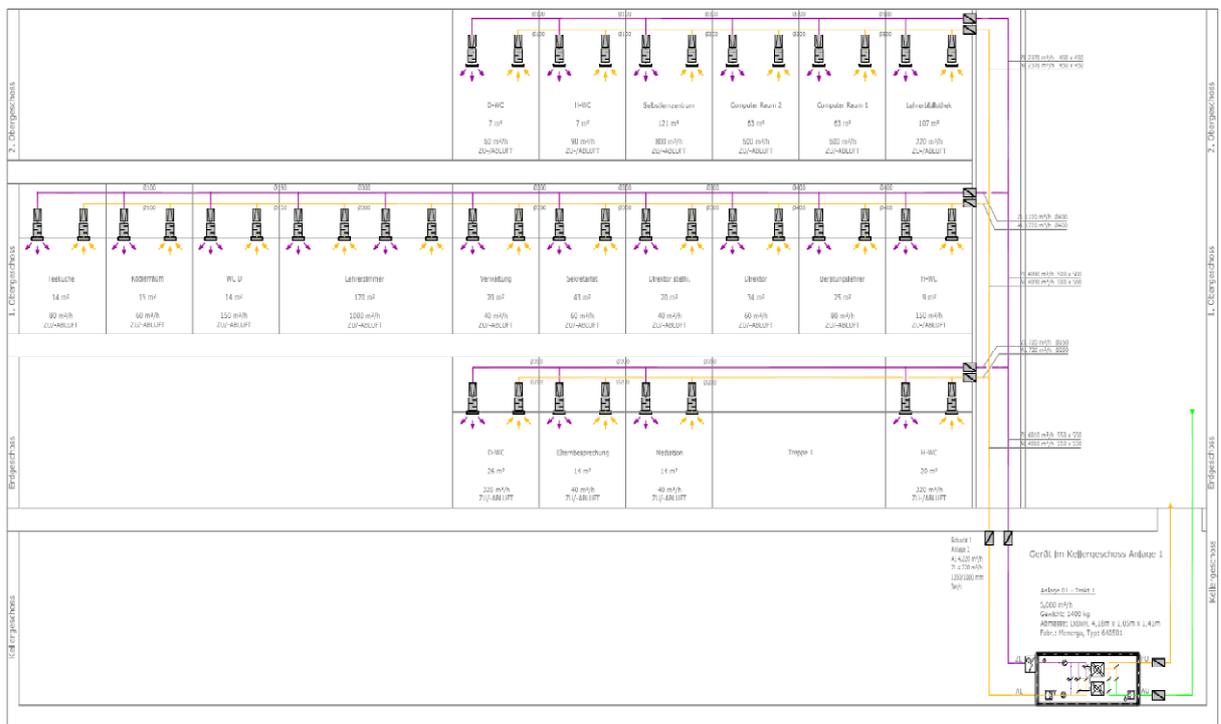


Abb. 6.14 Lüftungsschema Trakt 1

Die Etagenverteilung erfolgt aus einem zentralen Lüftungsschacht. Die Steuerung in den einzelnen Räumen erfolgt bei relativ konstanter Belegung der Klassenräume über Konstantvolumenstromregler, die über ein Zeit-

programm gefahren werden. Variabel genutzte Räume werden dagegen mit angepassten variablen Volumenströmen nach Luftqualitätsanforderungen versorgt.



Abb. 6.15 Etagenverteilung Lüftung Trakt 1

6.3.4 Wassernutzung - Hinweis

- Durchflussbegrenzer bzw. Sparduschköpfe einbauen.
- Ggf. von 9 auf 6 l Spülmenge umstellen, auf den Gebrauch vorhandener Spartasten hinweisen (Eignung des WC-Beckens prüfen, Hochbauamt).
- Urinalspülung: Änderung der Betriebszeiten der Zentralspüleinrichtung: Beschränkung auf Pausenzeiten, unbedingt Abschaltung nach Unterrichtschluss.

Die Verbrauchswerte sind zu den Vergleichswerten als gut bis sehr gut einzustufen. Dennoch ist auf oben genannte Punkte zu verweisen.

6.3.5 Erneuerung Beleuchtung

Die bestehende Beleuchtung wird je nach Nutzungsanforderungen durch Langfeldleuchten T5 mit EVGs ersetzt. Über Bewegungsmelder können die Zonen, die nur sporadisch genutzt werden, in Abhängigkeit der Nutzung geschaltet werden. In kontinuierlich genutzten Zonen wie Klassenzimmer, Verwaltung,

Pausenbereiche und Turnhalle, die über ausreichend Tageslichtangebot verfügen, wird die Beleuchtung in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Tageslichtes über Sensoren gedimmt und wenn nicht benötigt, ausgeschaltet.

6.4 Trakt 1 Ergebnisse

6.4.1 Wirtschaftlichkeit und Sensitivität

Spezifische Kosten nach Vergabe

Aus dem Vergabeverfahren der Einzelgewerke ergeben sich für die Maßnahmen, die zur Erreichung des Passivhausstandards erforderlich sind, tatsächliche Kostenansätze, die in untenstehender Grafik auf Kosten pro m² BGF normiert sind.

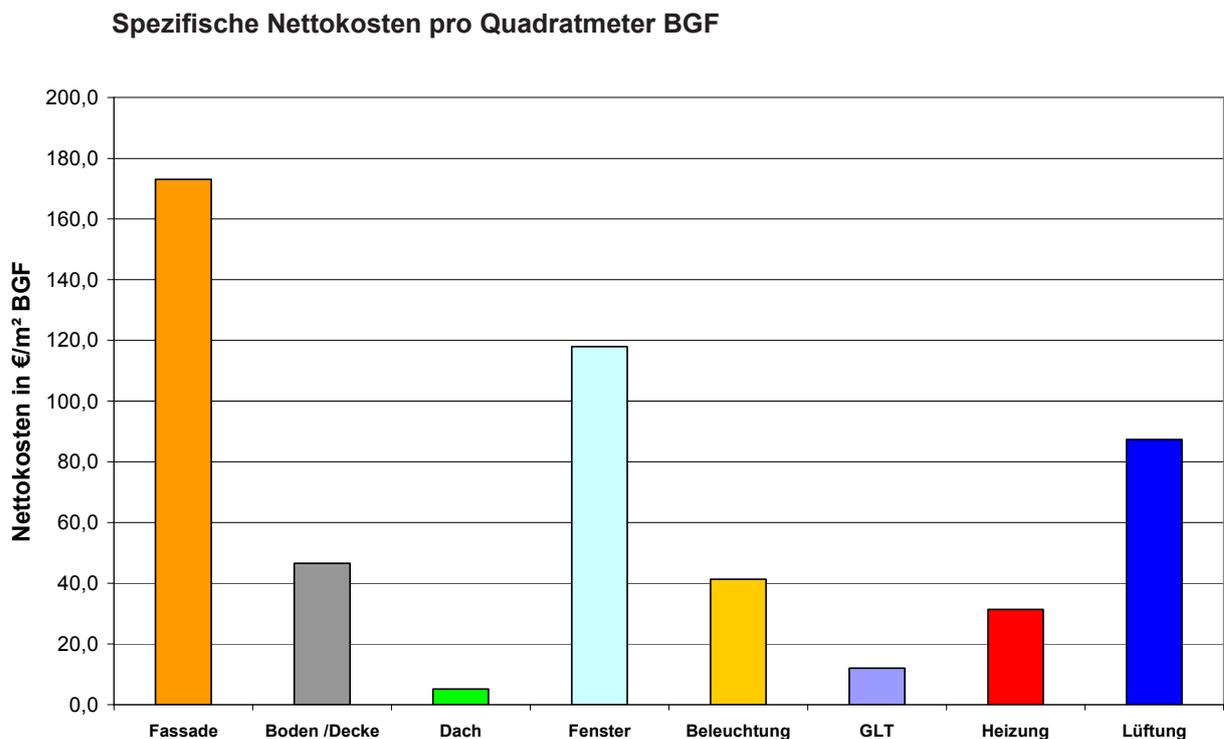


Abb. 6.16 spezifischen Kosten nach Vergabe für Trakt 1

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit tatsächlichen Kosten

Mit den Vergabesummen wird die Wirtschaftlichkeit der energetischen Sanierung im Passivhausstandard gemäß Sensitivitätsberechnung (Verfahren nach Kapitel 4) im Vergleich zu Bestandsvarianten durch-

geführt. Die Maßnahme wird, wie eingangs erwähnt, über den Investitionspakt I gefördert, so dass die Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Förderquote bewertet wird. Die Berechnung wurde mit 3% und 6% jährlicher Energiepreissteigerung durchgeführt.

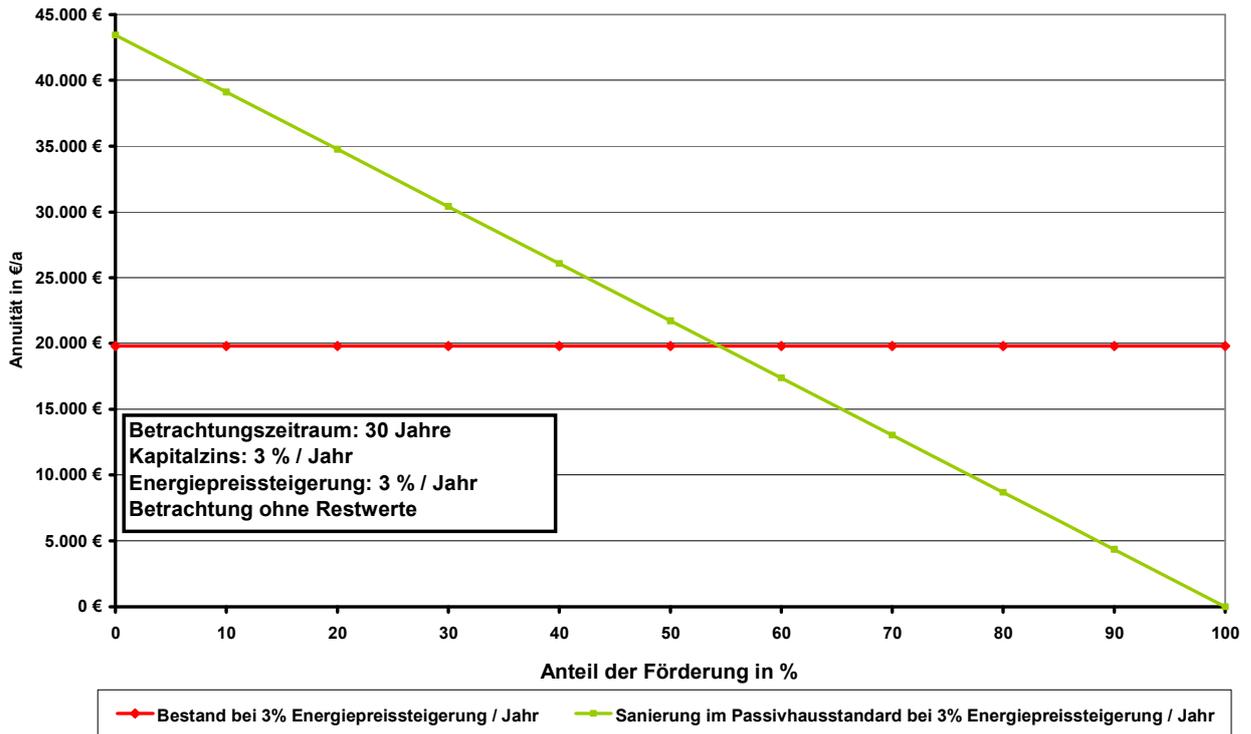


Abb. 6.17 Sensitivität der Annuität in Abhängigkeit der Förderquote bei 3% Energiepreissteigerung

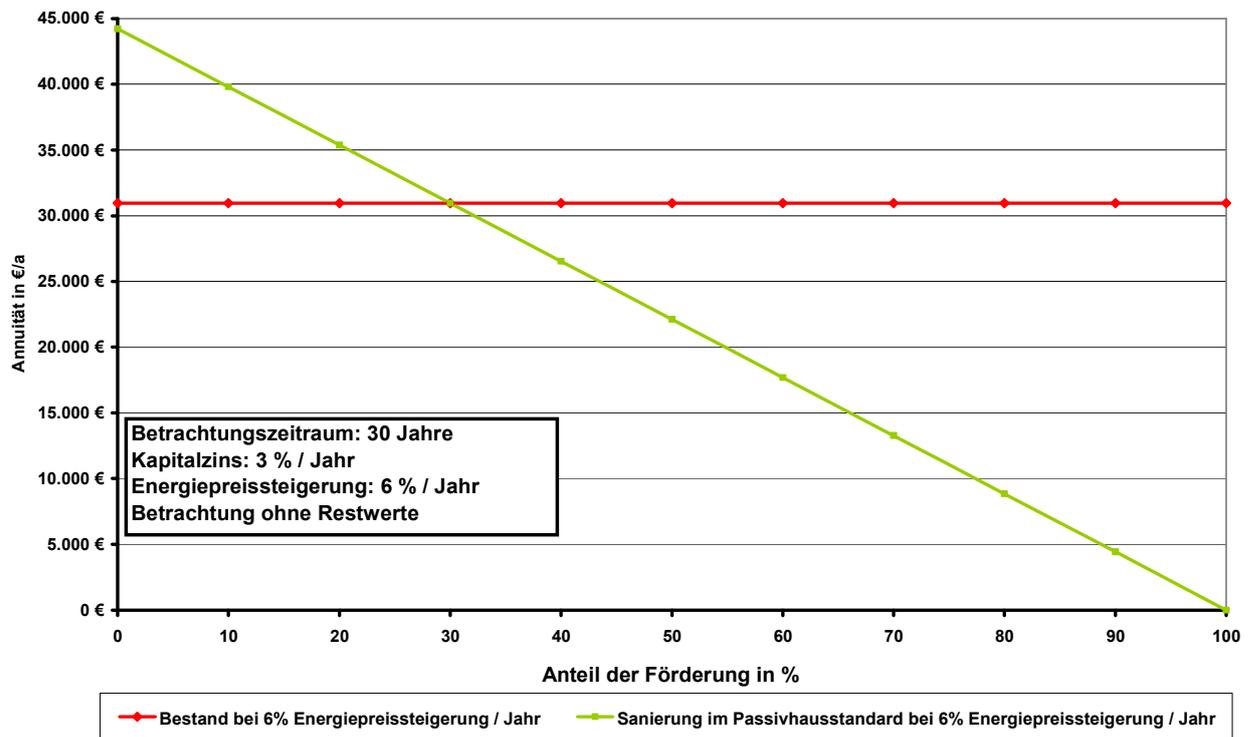


Abb. 6.18 Sensitivität der Annuität in Abhängigkeit der Förderquote bei 6% Energiepreissteigerung

Das Ergebnis der Sensitivitätsbetrachtungen zeigt deutlich, dass selbst ohne Bewertung von Restwerten des Bestandes die Umsetzung im Passivhausstandard sich mit den gewährten Förderungen amortisiert. Selbst bei einer Förderquote von 30 – 60% in Abhängigkeit der jährlichen Energiepreissteigerungen wird eine Wirtschaftlichkeit erreicht.

Bei Bewertung des Restwertes des Bestandes erreicht die Maßnahme selbst ohne Förderung in Bezug auf die Annuität der Lebenszykluskosten eine Wirtschaftlichkeit, allerdings zeigt die Umsetzung, dass ohne Anschubförderung für die Kommune die Bereitstellung der gesamten Investitionssumme nur schwer zu stemmen ist.

6.4.2 Emissionsbilanz Gymnasium

Zur Bildung der Emissionsbilanz wird die Einsparung an äquivalentem CO₂ herangezogen. Dabei wird ein Betrachtungszeitraum von 10 Jahren gewählt. Die in diesem Zeitraum erwarteten Energieeinsparungen bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen führen zu einer Reduktion von CO₂-Emissionen. Bezüglich der vermiedenen Emissionen je kWh wurden CO₂-Äquivalente für Strom und Heizöl nach GEMIS 4.2 angenommen.

Die Emissionsbilanz wird an den detaillier-

ter betrachteten Gebäuden, Grengrachtsschule und Gymnasium Baesweiler, dargestellt.

Tabelle 6.19 zeigt die Emissionsbilanz des Gymnasiums. Es wurde die EnEV 2009 als Sanierungsstandard festgelegt und die Einsparungen durch eine umfassende Sanierung der Gebäudehülle und der Haustechnik beachtet. Durch diese Maßnahmen lassen sich über 10 Jahre bis zu 1.252 Tonnen CO₂ einsparen.

Emissionsbilanz Gymnasium Baesweiler (nur Heizenergie)	
Betrachtungszeitraum	10 Jahre
Zusätzliche Energiemenge Strom	390 MWh
Eingesparte Energiemenge Wärme	16.100 MWh
Emissionsfaktor – Strom: CO ₂ -Äquivalent	622 g/kWh
Emissionsfaktor – Heizöl: CO ₂ -Äquivalent	312 g/kWh
Zusätzliche Emissionen Strom <i>= Energieeinsparung * Emissionsfaktor 390 MWh * 622 g/kWh)</i>	242,58 t
Vermiedene Emissionen Wärme <i>= Energieeinsparung * Emissionsfaktor 16.100 MWh * 312 g/kWh)</i>	5.023,20 t
Vermiedene Emissionen – gesamt	4.780,62 t

Abb. 6.19 Emissionsbilanz Gymnasium EnEV 2009

6.5 Lüftungsanlagen mit WRG - Diplomarbeit

Im Rahmen der Sanierung des Gymnasiums im Passivhausstandard wurde begleitend zur Planung eine Diplomarbeit an der RWTH Aachen durchgeführt, die sich mit dem für die energetische Umsetzung im Passivhausstandard wichtige Lüftungstechnik und dem Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung beschäftigt.

Das Herzstück jedes Passivhauses ist die in der Lüftung integrierte Wärmerückgewinnung (WRG). Durch Übertragen der in der Abluft enthaltenen Wärme an die Zuluft können bis zu 90 % der Energie zurückgeführt werden.

Die Randbedingungen des Passivhausstandard können mit zwei WRG-Systemen erfüllt werden.

- Rekuperativ: Plattenwärmetauscher
- Regenerativ: Rotationswärmetauscher

Kritische Werte bei der Wahl sind: Spezifischer Fan Power (SFP) Wert, sowie der Temperaturwirkungsgrad. Kritisch zu sehen ist der regenerative Wärmetauscher, da hier geringe Mengen Abluft wieder an die Zuluft übertragen werden. Der Plattenwärmetauscher liegt jedoch im Wirkungsgrad immer etwas tiefer als der regenerative Wärmetauscher.

Aus hygienischen Gründen wird nur der rekuperative Plattenwärmetauscher betrachtet.

Die hier interessante Frage ist, wie weit die Luft konditioniert werden muss, um behagliche Luftzustände in den Klassenräumen zu realisieren. Das heißt, wie viel Energie muss der Raumluft zugeführt werden, um behagliche Raumluftzustände zu realisieren, bzw. steht der zusätzliche

Energiebedarf um optimale Raumluftzustände bezüglich der Raumluftfeuchte zu erhalten in einem angemessenen Verhältnis und welcher Temperaturwirkungsgrad wird tatsächlich erreicht?

Dazu wurde im Rahmen der Untersuchung des Gymnasiums Baesweiler ein Mustertrakt entworfen. Der Mustertrakt vereinbart alle technischen Randbedingungen für eine Umsetzung im Passivhausstandard bezüglich Wärmedämmung und Lüftungstechnik.

Die Qualität der Luft wird durch ausreichende Luftwechselzahlen von 2,5 bis 3 h⁻¹ gewährleistet. Die Anzahl der Schüler beträgt 500. Der Trakt besteht aus 20 Schulklassen à 25 Schüler. Die Klassenräume haben eine Fläche von 60 m² und sind 3,3 m hoch. Aus diesen Angaben ergibt sich ein Raumvolumen von ca. 4.000 m³.

Durch die Lüftungsanlage soll ein 2,5-facher Luftwechsel gewährleistet werden, um den CO₂-Gehalt unter dem für Schulen empfohlenen Grenzwert von 800-1.000 ppm (Der Grenzwert nach Arbeitsstättenrichtlinien liegt bei 1.500 ppm) zu halten. Daraus ergibt sich ein erforderlicher Volumenstrom der Lüftungsanlage von 10.000 m³/h.

Aus Gründen der Behaglichkeit sind für die Raumluftzustände die Grenzen der Raumtemperatur zwischen 2° C bis 26° C, sowie die Raumluftfeuchtigkeiten zwischen 30 % bis 80 % gesetzt. Diese Werte resultieren aus dem folgenden Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946.

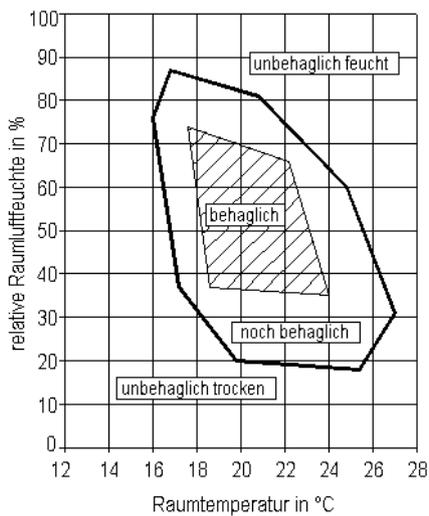
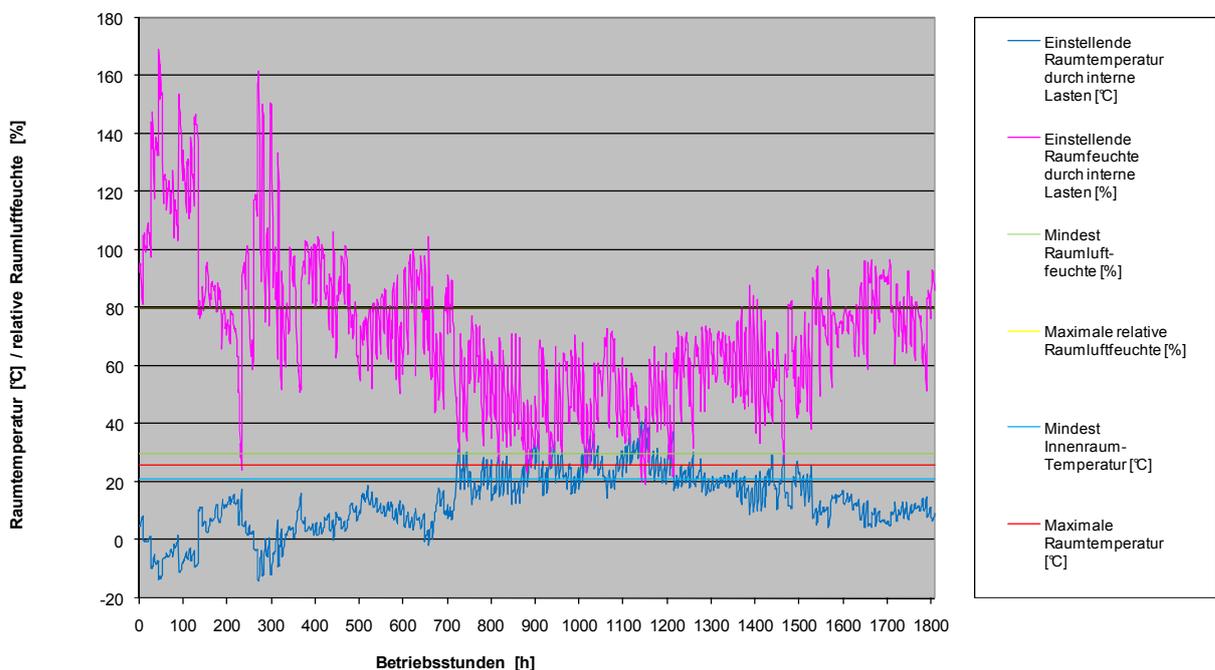


Abb. 6.20 Behaglichkeitsfeld der Raumluft in Abhängigkeit der Temperatur und Luftfeuchte

Betriebszeiten der Lüftungsanlage sind in der DIN V 18599-10 Tabelle A.8 festgelegt. Damit liegt die tägliche Betriebszeit an 200 Tagen im Jahr von 6.00 Uhr bis 15.00 Uhr, das entspricht 1.800 Betriebsstunden.

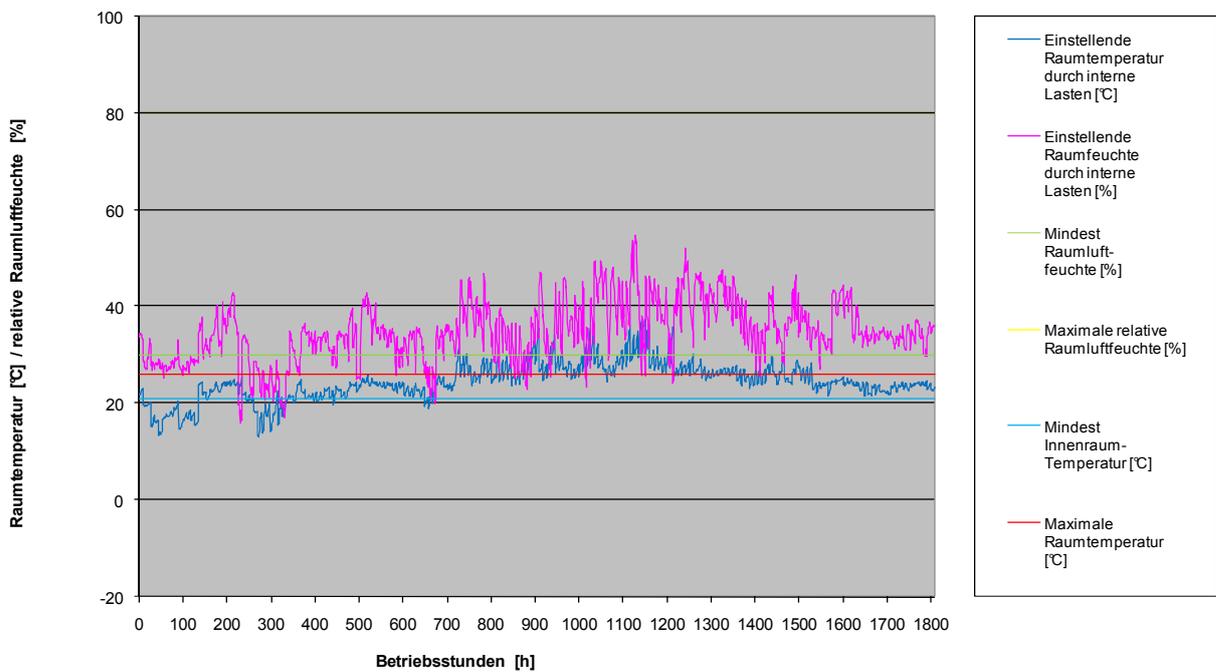
Die internen Lasten werden mit 60 W/ Person * h und 30 g Wasser/ Person*h angenommen. Wärmeverluste entstehen durch Transmission durch die Gebäudehülle. Der Wärmedurchgangskoeffizient für das gut gedämmte Gebäude ist mit 0,25 W/m²K als Durchschnittswert angenommen. Da die Wärmerückgewinnung stark von der Außentemperatur abhängig ist, dienen als Grundlagendaten die Außentemperatur und relativen Feuchtigkeitswerte nach Testreferenzjahr (TRY).

Durch Simulation des Raumtemperaturverlaufes ohne WRG in der Lüftungsanlage werden Übertemperaturen der Räume sichtbar. Dadurch können notwendige Kühlleistungen der Raumluft bestimmt werden.



Ohne Wärmerückgewinnung wird die Raumlufttemperatur von 26° C an 227 h mit einem Höchstwert von 41,9° C im Jahr überschritten. Für diese Zeit müssen 3.567 kWh/a an Kühlleistung aufgebracht werden. Eine akzeptable Raumtemperatur

stellt sich an 241 Stunden im Jahr ein. Das Zuschalten der WRG gibt Aufschluss darüber, ob die gewünschte Raumtemperatur erreicht werden kann. Ist dies nicht der Fall, ergibt sich der Bedarf an Heizenergie, der aufgebracht werden muss.



Die Simulation ergibt, dass die Raumtemperatur in 248 Stunden unterschritten wird. In diesen 248 Stunden werden 2.533 kWh/a an Heizenergie benötigt, um gewünschte Raumtemperaturen zu erhalten. Die Anzahl der Stunden, in denen sich eine akzeptable Raumlufttemperatur einstellt, beträgt hier 955 Stunden.

Daraus folgt, dass die Lüftungsanlage durch zu- und abschalten der WRG, 241 h + 955 h = 1.196 Stunden von 1.800 Stunden ohne zusätzliches Heiz und Kühlsystem betrieben werden kann, um die Raumlufttemperatur zu realisieren. Die verbleibenden 604 Betriebsstunden teilen sich in 248 Heizstunden, 227 Kühlstunden und in 129 Übergangsstunden auf.

Die Übergangsstunden zeigen einen Bereich auf, in dem die WRG zwar benötigt wird, um gewünschte Raumtemperaturen zu erhalten, jedoch nicht voll ausgeschöpft werden sollte. Das heißt, dass die volle Ausnutzung des Wirkungsgrades eine Übertemperatur im Raum verursachen würde. Um dies zu vermeiden ist eine glei-

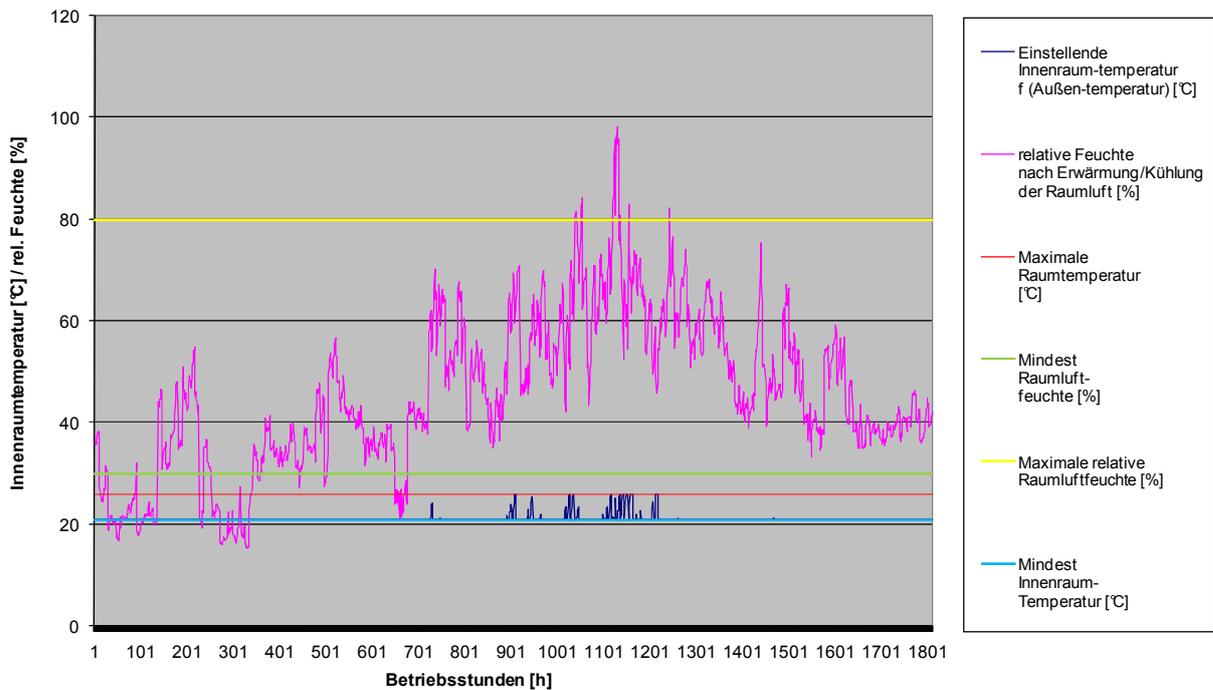
tende Fahrweise (variabler Wirkungsgrad) der WRG angebracht.

Die Realisierung des variablen WRG - Grades kann mittels eines Bypasses an der Lüftungsanlage bewerkstelligt werden. Ein Teil des Luftstromes würde durch die WRG und der andere Teil an der WRG vorbei geführt werden.

Dies ist jedoch auch unter wirtschaftlichen Aspekten zu prüfen, da durch den Bypass ein investiver Mehraufwand entsteht, der durch eingesparte Energie refinanziert werden muss.

Die Raumlufttemperatur wird durch die entsprechende Fahrweise und Zufuhr der Heiz- und Kühlenergie realisiert.

Bleibt noch die Betrachtung der sich dann einstellenden Raumluftfeuchte. Der Verlauf der Raumluftfeuchte ist im nächsten Diagramm dargestellt.



Einstellende relative Raumlufffeuchte nach Realisierung der Raumlufftemperatur

Die Innenraumfeuchte überschreitet die maximal zulässige Raumlufffeuchte von 80 % in 24 Stunden des Jahres, was drei Schultagen entspricht. Der Höchstwert beträgt 98,3 %.

Die Luft für diese Zeit zu entfeuchten, ist nicht sinnvoll. Ebenfalls durch Fensterlüftung wird für die betreffenden Stunden keine Besserung des Luftzustandes erreicht, da die Außenluftfeuchte recht hoch sein kann (z.B. bei Regenwetter). Die Unterschreitung der minimalen Feuchte von 30 % trifft auf 390 Stunden im Jahr zu. Der niedrigste Wert stellt sich mit 16 % ein, meist liegt der Wert aber um die 20 %. 18 Stunden im Jahr liegen unter 20 % relative Luftfeuchte. Auch hier ist die Befeuchtung der Luft nicht nötig, da gemäß Behaglichkeitsfeld auch ein Bereich von 20 % relativer Luftfeuchte noch in einem vertretbaren Bereich liegt.

Unterschreitungen der Raumlufffeuchte kann mit Pflanzen oder anderen Feuchtequellen in den einzelnen Räumen entgegengewirkt werden.

Sollte aber dennoch eine Befeuchtung eingesetzt werden, sind zur Befeuchtung zusätzlich 2.324 kWh/a an Heizenergie aufzuwenden, also ein fast gleich hoher Wert wie zur Beheizung (2.533 kWh/a) der Raumluff erforderlich ist.

Um die Entfeuchtung zu realisieren, werden nochmals 316 kWh/a an Heizenergie und 1.083 kWh/a an Kühlenergie benötigt. Der sich einstellende Temperaturwirkungsgrad über das Jahr durch variable Fahrweise der WRG stellt sich mit 74,7 % bei sehr guten Ausgangswerten des Herstellers von 81 % bis 91 % bei gegebenen Außenluftzuständen.

Hier wird also die Vorgabe der WRG durch das Passivhausinstitut von min. 75 % erreicht.

6.6 Planungsmehraufwand

Im Gegensatz zu den übrigen Objekten wurden für das Gymnasium (Trakte 1-4) einschließlich der Turnhalle schon im Vorfeld zahlreiche Ausführungsdetails - insbesondere zur Wärmebrückenminimierung und Erzielung möglichst geringer Transmissionswärmeverluste- geplant, um die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung des Passivhausstandards einschätzen und beurteilen zu können. Dazu wurden auch z.B. Überlegungen angestellt, welche Flächenanteile mit in die Passivhausberechnung einfließen (können). Wie kann ich das A/V-Verhältnis optimieren? Ist es z.B. günstiger, einen Teil des Kellers mit zu nutzen und damit der Passivhaushülle zuzuschla-

gen oder lässt man besser diesen Teil außen vor, um so ein günstigeres A/V-Verhältnis zu bekommen. Ist es ratsam, die vielen Vor- und Rücksprünge zurückzunehmen, oder belässt man sie (ggfls. aus Kostengründen) und lebt mit dem schlechteren A/V-Verhältnis.

Für das Gymnasium bedeutet das konkret, dass der Keller außen vor gelassen wird und damit auch das Foyer im Erdgeschoss, da dort keine thermische Trennung möglich ist. Mindestens ein Rücksprung in der Fassade wird dem Grundriss zugeschlagen, der andere bleibt aus Kostengründen und weil er in der Passivhausbilanzierung nicht sehr zu Buche schlägt.

Passivhaus-Projektierung FLÄCHENERMITTLUNG

Objekt:

Heizwärme: kWh/(m²a)

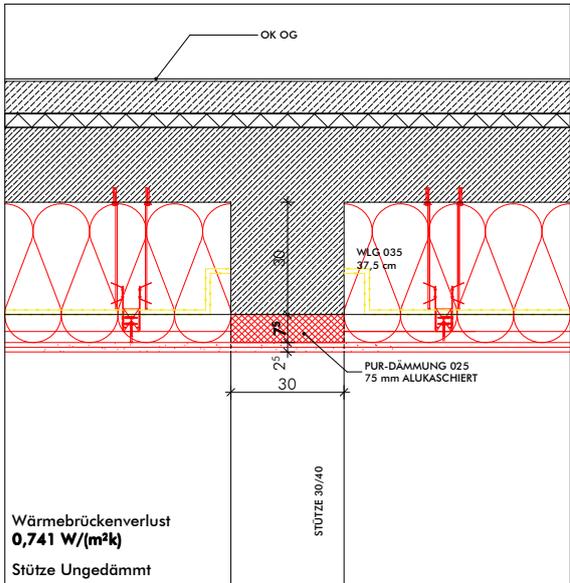
Zusammenstellung						Bauteil-Übersicht	U-Mittelwert [W/(m²K)]
Gruppe Nr.	Flächengruppe	Temperaturzone	Fläche	Einheit	Bemerkung		
1	Energiebezugsfläche		4308,22	m²	Wohnfläche nach Wofiv bzw. Nutzfläche nach DIN 277 innerhalb der thermischen Hülle		
2	Fenster Nord	A	271,98	m²	Ergebnisse kommen aus dem Blatt "Fenster"	Fenster Nord	0,839
3	Fenster Ost	A	240,44	m²		Fenster Ost	0,845
4	Fenster Süd	A	307,16	m²		Fenster Süd	0,830
5	Fenster West	A	167,94	m²		Fenster West	0,834
6	Fenster horizontal	A	0,00	m²		Fenster horizontal	
7	Außentür	A	0,00	m²		Fläche der Außentür bitte selbst im entsprechenden Bauteil abziehen	Außentür
8	Außenwand Außenluft	A	2716,58	m²	Fensterflächen werden bei den Einzelflächen abgezogen, die im Blatt "Fenster" angegeben sind.	Außenwand Außenluft	0,101
9	Außenwand Erdreich	B	248,78	m²	Temperaturzone "A" ist Außenluft	Außenwand Erdreich	0,127
10	Dach/Decken Außenluft	A	3400,81	m²	Temperaturzone "B" ist Erdreich	Dach/Decken Außenluft	0,107
11	Bodenplatte	B	618,42	m²		Bodenplatte	2,549
12			0,00	m²	Temperaturzone "A", "B", "P" und "X" dürfen verwendet werden. NICHT "I"		
13			0,00	m²	Temperaturzone "A", "B", "P" und "X" dürfen verwendet werden. NICHT "I"		
14		X	0,00	m²	Temperaturzone "X": Bitte Temperaturgewichtfaktor hier selbst eingeben (0 < f _t < 1): <input type="text" value="75%"/>		
						WBV - Übersicht	▼ [W/(m²K)]
15	Wärmebrücken Außenluft	A	0,00	m	Einheit in lfm	Wärmebrücken Außenluft	
16	Wärmebrücken Perimeter	P	0,00	m	Einheit in lfm; Temperaturzone "P" ist Perimeter (siehe Erdreichblatt)	Wärmebrücken Perimeter	
17	Wärmebrücken Bodenplatte	B	0,00	m	Einheit in lfm	Wärmebrücken Bodenplatte	
18	Wand zum Nachbarn	I	0,00	m²	kein Wärmeverlust, nur für die Heizlastauslegung berücksichtigen	Wand zum Nachbarn	
Summe thermische Hülle						Mittel thermische Hülle	0,385

Objekt:

Heizwärme: kWh/(m²a)

Zusammenstellung						Bauteil-Übersicht	U-Mittelwert [W/(m²K)]
Gruppe Nr.	Flächengruppe	Temperaturzone	Fläche	Einheit	Bemerkung		
1	Energiebezugsfläche		3724,83	m²	Wohnfläche nach Wofiv bzw. Nutzfläche nach DIN 277 innerhalb der thermischen Hülle		
2	Fenster Nord	A	197,94	m²	Ergebnisse kommen aus dem Blatt "Fenster"	Fenster Nord	0,745
3	Fenster Ost	A	211,90	m²		Fenster Ost	0,747
4	Fenster Süd	A	319,43	m²		Fenster Süd	0,733
5	Fenster West	A	182,02	m²		Fenster West	0,741
6	Fenster horizontal	A	0,00	m²		Fenster horizontal	
7	Außentür	A	0,00	m²		Fläche der Außentür bitte selbst im entsprechenden Bauteil abziehen	Außentür
8	Außenwand Außenluft	A	2064,14	m²	Fensterflächen werden bei den Einzelflächen abgezogen, die im Blatt "Fenster" angegeben sind.	Außenwand Außenluft	0,136
9	Außenwand Erdreich	B	279,91	m²	Temperaturzone "A" ist Außenluft	Außenwand Erdreich	0,123
10	Dach/Decken Außenluft	A	4154,03	m²	Temperaturzone "B" ist Erdreich	Dach/Decken Außenluft	0,075
11	Bodenplatte	B	237,45	m²		Bodenplatte	0,113
12			0,00	m²	Temperaturzone "A", "B", "P" und "X" dürfen verwendet werden. NICHT "I"		
13			0,00	m²	Temperaturzone "A", "B", "P" und "X" dürfen verwendet werden. NICHT "I"		
14		X	0,00	m²	Temperaturzone "X": Bitte Temperaturgewichtfaktor hier selbst eingeben (0 < f _t < 1): <input type="text" value="75%"/>		
						WBV - Übersicht	▼ [W/(m²K)]
15	Wärmebrücken Außenluft	A	783,19	m	Einheit in lfm	Wärmebrücken Außenluft	0,166
16	Wärmebrücken Perimeter	P	225,75	m	Einheit in lfm; Temperaturzone "P" ist Perimeter (siehe Erdreichblatt)	Wärmebrücken Perimeter	0,158
17	Wärmebrücken Bodenplatte	B	292,44	m	Einheit in lfm	Wärmebrücken Bodenplatte	0,176
18	Wand zum Nachbarn	I	0,00	m²	kein Wärmeverlust, nur für die Heizlastauslegung berücksichtigen	Wand zum Nachbarn	
Summe thermische Hülle						Mittel thermische Hülle	0,202

Abb. 6.21 Beispiel Flächenberechnung mit und ohne Teilkeller



In der späteren, der konkreten Entwurfsplanung folgenden Ausführungsplanung mussten / müssen die Ausführungsdetails dann notwendigerweise den konkreten Planungsanforderungen entsprechend angepasst (korrigiert, ergänzt) werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen dazu entsprechende Beispiel-Details.

Die Abbildung 6.22 zeigt, wie sich der Wärmebrückenverlust mit zunehmender Länge der Manteldämmung bei den Außenstützen reduziert. So tasten wir uns an ein wirtschaftliches und energetisch notwendiges Maß bei der Wärmebrückenreduzierung heran.

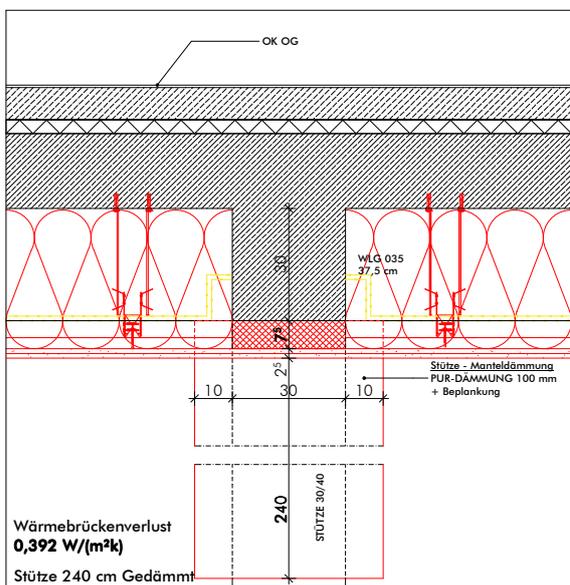
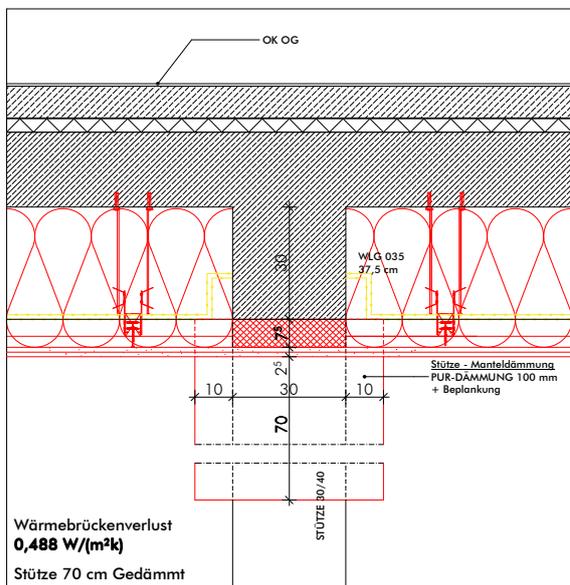


Abb. 6.22 Beispiel Stützendetail Wärmebrückenverluste

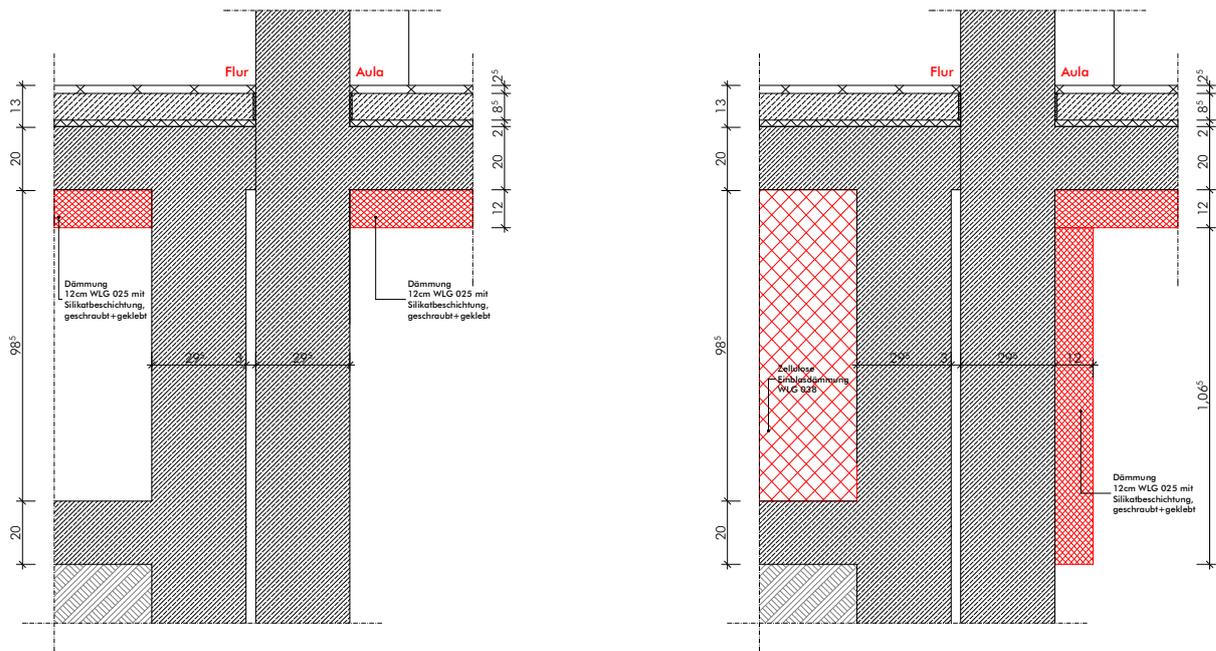


Abb. 6.23 Beispiel Flächenberechnung mit und ohne Teilkeller

Abb. 6.23: In den ersten Annahmen wurde bei der Kellerdeckendämmung von einer Stärke von 12 cm ausgegangen. In der späteren Vertiefung – auch unter Einbeziehung der Wärmebrücken- stellte sich dann heraus, dass sehr viel mehr getan werden muss, um die Wärmebrückenverluste über die vielen Unterzüge und Innenwände aufzufangen, da sie in den meisten Fällen konstruktiv nicht zu beseitigen sind.

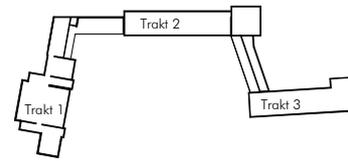
7 Details + Varianten 'Grengrachtschule'

7.1 Objektbeschreibung

In einem weiteren Szenario soll die Grengrachtschule detaillierter untersucht werden. Hierbei handelt es sich um eine sechszügige Grundschule mit Kindergarten.

Die Schule wurde 1959-1962 in Stahlbetonskelettbauweise errichtet und teils mit Betonschalen und teils mit Klinkerschalen bekleidet. Drei Trakte sind untereinander mit Flurgebäuden verbunden (WC-Trakt, Lehrer-gang, Verbindungsgang Trakt 2 und 3.

Das Gebäude ist in Teilen saniert. Die Fenster wurden in weiten Teilen schon ausgetauscht. Die Rückseite des Trakt 1 und die Mehrzweck-halle in Trakt 3 weisen noch die alte Einfach-verglasung auf. Die Dächer sind in einem Trakt schon mit Mineralwolle gedämmt, für die anderen Trakte ist die Dämmung schon



bestellt. Der Trakt 1 wird momentan um zwei Klassenräume erweitert. Bei den U-Werten orientierte man sich allerdings an der EnEV 2009.

Bei der Untersuchung soll u.a. der sanierungsfall Ist-Bestand dem fiktiven, noch vollkommen unsanierten Bestand gegenübergestellt werden. Nur der Vergleich des vollommen unsanierten Bestandes bringt eine klare Aussage, ob eine Sanierungsmaßnahme wirtschaftlich ist oder nicht, da Aussagen über Transmissionswärmeverluste oder energetische Gewinne sonst prozentual verschoben sind, und sich unwirtschaftlicher darstellen als sie tatsächlich sind.

7.1.1 Grengrachtschule – Tatsächlicher Bestand

In dieser Betrachtung werden die schon vorgenommenen Investitionen nach tatsächlichem Sanierungsstand (z.B. Erneuerung der Fenster) in der Berechnung der Lebenszykluskosten berücksichtigt.

Folgende Maßnahmen mit Investitionskosten, Nutzungsdauern und Restwerten wurden für die zwei Sanierungsstandards ermittelt:

U-Wand [W/m ² K]	U-Boden [W/m ² K]	U-Decke [W/m ² K]	U _{Fenster} [W/m ² K]		Heizwärmebedarf [kWh/m ² a]
1,927	2,1814	0,387		Bestand vorgefunden	321
0,232	1839	0,161	1,44	EnEV	100
6,104	1,787	0,108	1,24	PH-Komp.	69
0,104	0,183	0,112	0,8	PH	15

Abb. 7.1 Bestand Grengrachtschule

Die Entwicklung der jährlichen Annuität wurde nun in Abhängigkeit unterschiedlicher Energiepreissteigerungen und unterschiedlicher Kapitalzinsen sensitiv betrachtet. Dies ermöglicht einen Varian-

tenvergleich der Lebenszykluskosten aus dem hervorgeht bei welchem Energiepreisszenario, welche Variante am besten abschneidet.

7.1.2 Grengrachtschule – Fiktiver Bestand (unsaniert)

In dieser Betrachtung werden die schon vorgenommenen Investitionen nach tatsächlichem Sanierungsstand (z.B. Erneuerung

der Fenster) in der Berechnung der Lebenszykluskosten unberücksichtigt gelassen.

U-Wand [W/m ² K]	U-Boden [W/m ² K]	U-Decke [W/m ² K]	U _{Fenster} [W/m ² K]		Heizwärmebedarf [kWh/m ² a]
1,937	2,814	0,925	2,98	Bestand ohne "vorweggenommene Maßnahme"	368
0,232	1839	0,161	1,44	EnEV	100
6,104	1,787	0,108	1,24	PH-Komp.	69
0,104	0,183	0,112	0,8	PH	15

Abb. 7.2 Bestand unsanierte Grengrachtschule

Folgende Maßnahmen mit Investitionskosten, Nutzungsdauern und Annuitäten

wurden für die zwei Sanierungsstandards ermittelt:

Sanierung nach EnEV 2009		Betrachtungszeitraum 30 Jahre / Kapitalzins 3%			
Maßnahme	Investitionskosten	Nutzungsdauer	Ersatzhäufigkeit	Annuität	
	[€]	[a]			[€/a]
Fassade	435.588	50	0		18.561
Kellerdecke	34.968	40	0		1.600
Decken	32.132	40	0		1.471
Fenster	347.727	35	0		16.697
Investkosten TGA	798.466	20	1		61.783
Investkosten Wärmeerzeugung	84.082	20	1		6.506
Sanierung nach Passivhausstandard					
Sanierung nach Passivhausstandard		Betrachtungszeitraum 30 Jahre / Kapitalzins 3%			
Maßnahme	Investitionskosten	Nutzungsdauer	Ersatzhäufigkeit	Annuität	
	[€]	[a]			[€/a]
Fassade	546.874	50	0		23.303
Kellerdecke	55.123	40	0		2.523
Decken	74.412	40	0		3.405
Fenster	401.000	35	0		19.255
Investkosten TGA	769.196	20	1		59.519
Investkosten Wärmeerzeugung	84.371	20	1		6.528
Bewertung des Bestands					
Bewertung des Bestands		Betrachtungszeitraum 30 Jahre / Kapitalzins 3%			
Maßnahme	Investitionskosten	Nutzungsdauer	Ersatzhäufigkeit	Annuität	
	[€]	[a]			[€/a]
Investkosten wurden über Restlaufzeit und Zinssatz abgezinst					
Fassade	375.900	50	0		16.018
Kellerdecke	14.406	50	0		614
Decken	24.002	50	0		1.023
Heizkessel (Austausch)	200.904	20	1		15.545
Heizungspumpen (Austausch)	16.541	10	2		2.304
Fenster Alu 65 % der Fläche; Restlaufzeit 35 Jahre	92.926	40	0		4.253
Fenster Alu 5% der Fläche; Restlaufzeit 5 Jahre	7.148	40	0		327
Fenster Holz 30%; Restlaufzeit 3 Jahre	42.889	38	0		1.998
Lüftung (Neuinstallation)	475.762	20	1		36.813

Abb. 7.3 Lebenszykluskosten-Annahmen

In der Berechnung der Lebenszykluskosten wurden sämtliche schon vorweggenommene Interventionen (Fenstererneuerung, Dämmung oberste Geschossdecke usw.) unberücksichtigt gelassen. Die

Entwicklung der jährlichen Annuität wurde nun in Abhängigkeit unterschiedlicher Kapitalzinsen sensitiv betrachtet.

Sensitivitätsanalyse: Kapitalzins Grengrechtschule

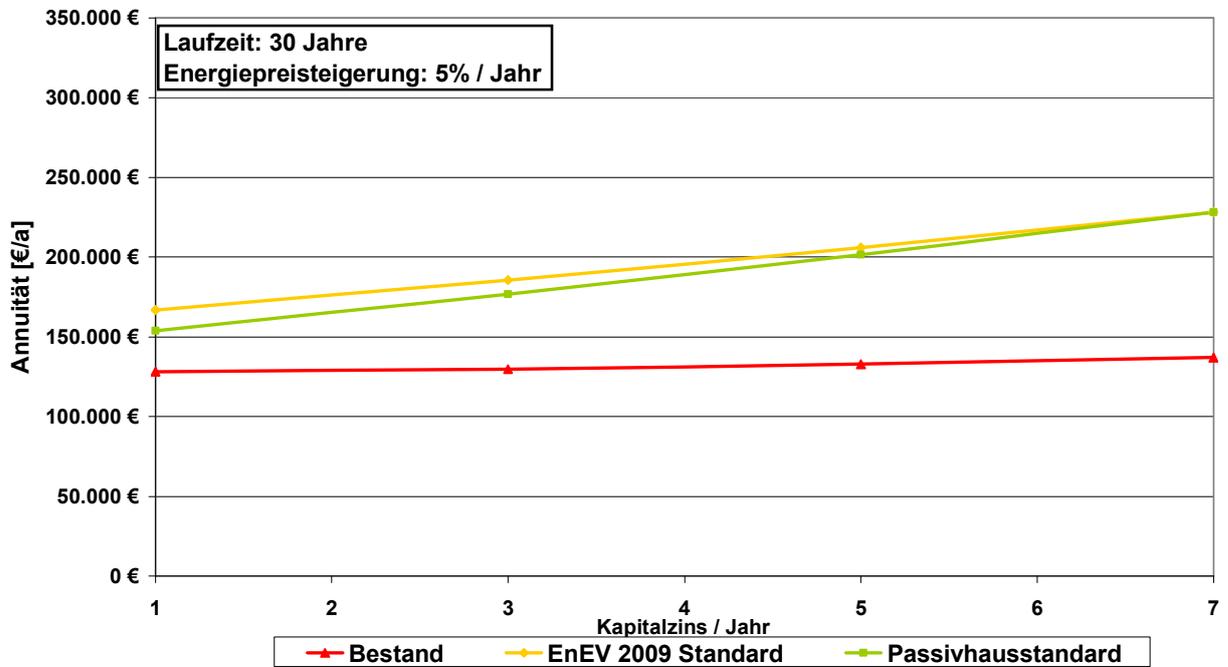


Abb. 7.4 Sensitivität Kapitalzins Grengrechtschule

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten Grengrechtschule

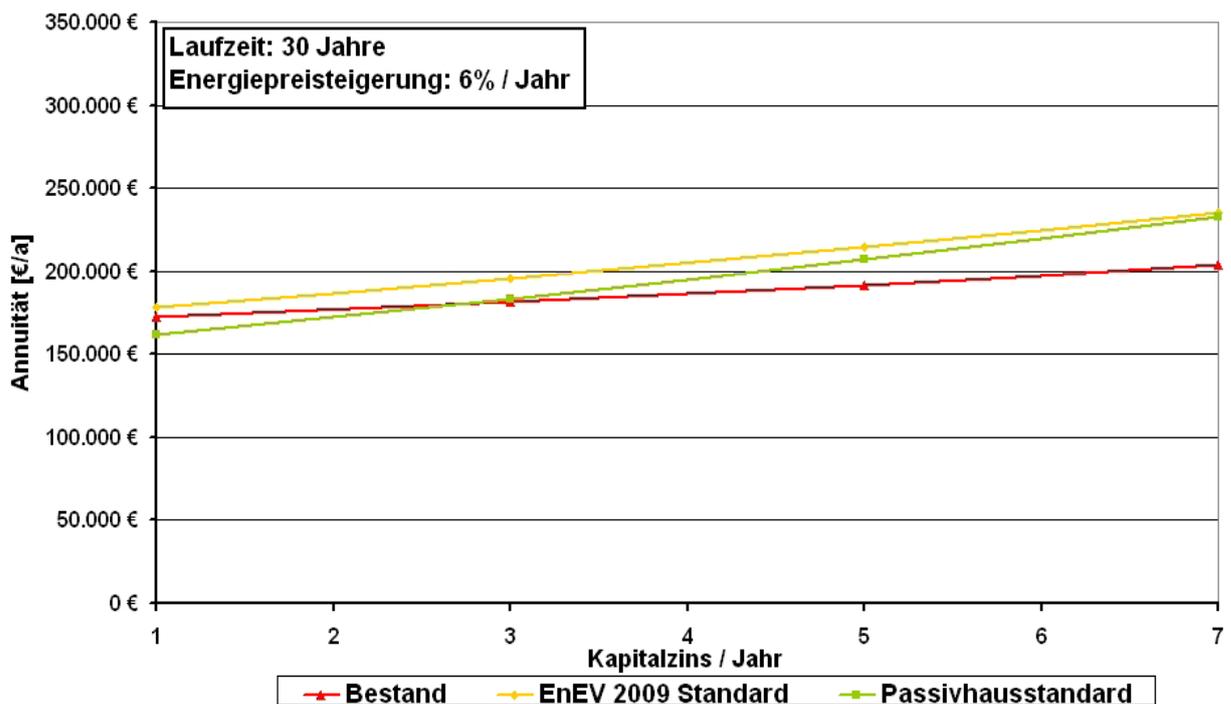


Abb. 7.5 Sensitivität Kapitalzins Grengrechtschule

Sensitivitätsanalyse: Lebenszykluskosten Grengrechtschule

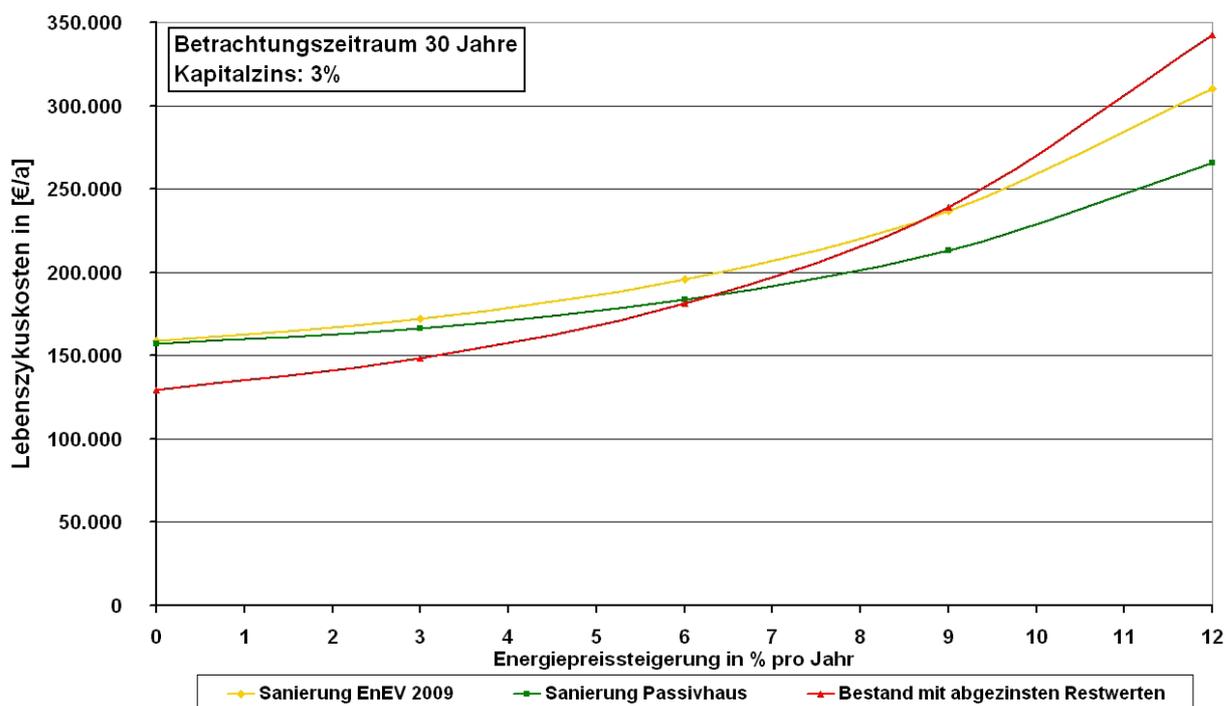


Abb. 7.6 Sensitivität Energiepreissteigerungen Grengrechtschule, Restwerte abgezinst

Emissionsbilanz Grengrechtschule	
Betrachtungszeitraum	10 Jahre
Eingesparte Energiemenge Strom	234 MWh
Eingesparte Energiemenge Wärme	3.544 MWh
Emissionsfaktor – Strom: CO ₂ -Äquivalent	622 g/kWh
Emissionsfaktor – Heizöl: CO ₂ -Äquivalent	312 g/kWh
Vermiedene Emissionen Strom = <i>Energieeinsparung * Emissionsfaktor</i> 234 MWh * 622 g/kWh)	146 t
Vermiedene Emissionen Wärme = <i>Energieeinsparung * Emissionsfaktor</i> 3544 MWh * 312 g/kWh)	1.106 t
Vermiedene Emissionen – gesamt	1.252 t

Abb. 7.7 Emissionsbilanz Grengrechtschule EnEV 2009

7.2 Projektsteckbrief Grengrechtschule



Projektdaten

Energiebezugsfläche	3.343 m ²
Gebäudevolumen	17.661 m ³
Baujahr	1961
Personenzahl	350
Heizenergieverbrauchskennwert	206 kWh/m ² a
Stromverbrauchskennwert	40 kWh/m ² a
Wasserverbrauchskennwert	594 l/m ² a
Heizwärmeversorgung	Heizöl
Nutzungsart	Schulgebäude - Grundschule

Messungen

Temperaturverlauf im Raum 1.001 vom 02.03.09 (17:44) bis 04.03.09 (7:27)

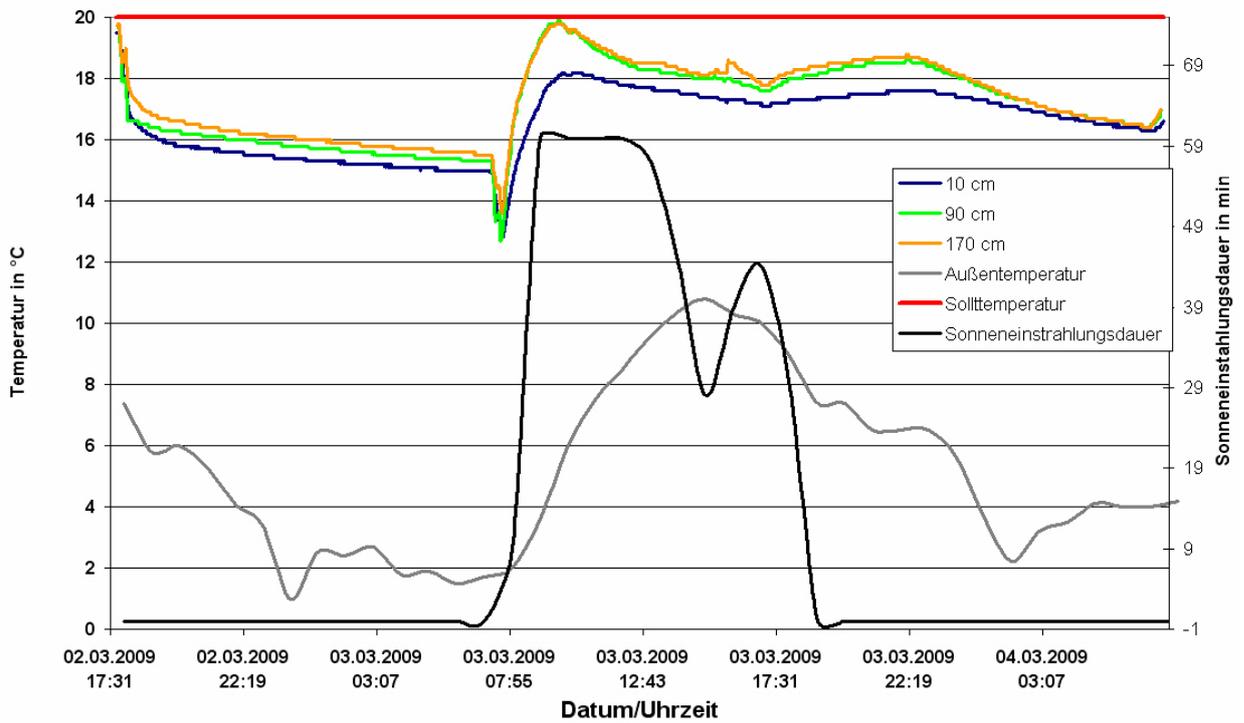


Abb. 7.8 Temperaturverlauf Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter

Feuchteverlauf in Raum 1.001 vom 02.03.09 (17:44) bis 04.03.09 (7:24)

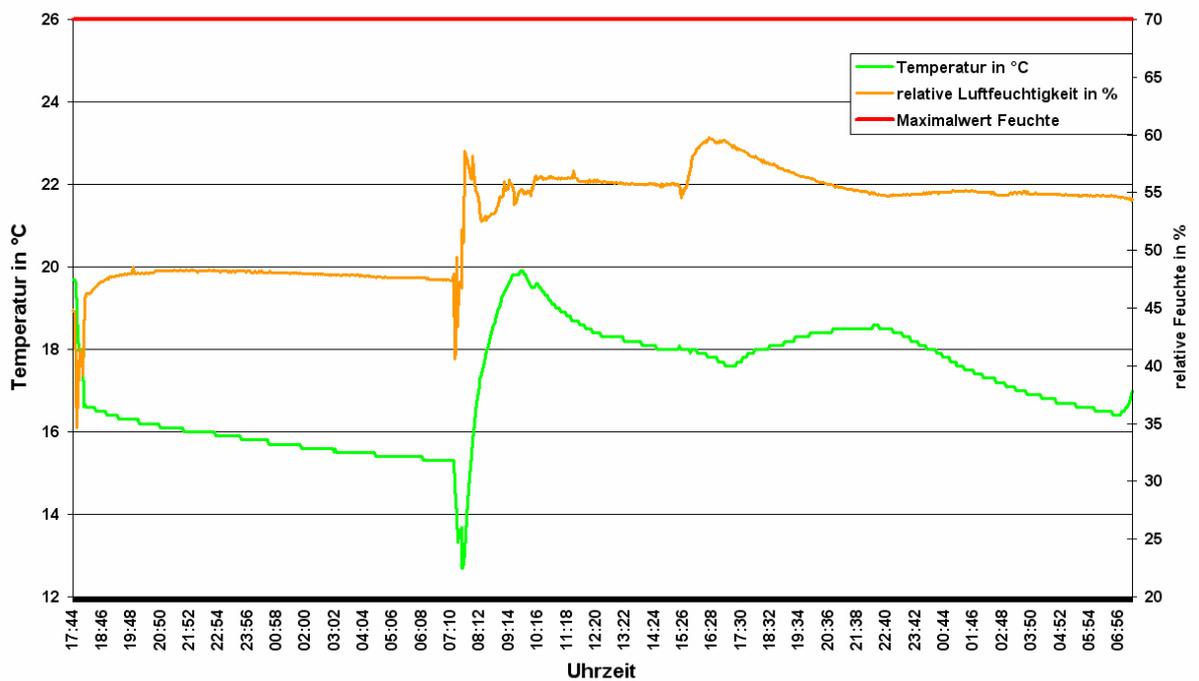


Abb. 7.9 Verlauf Relative Luftfeuchte Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter

CO₂-Verlauf in Raum 1.001 vom 02.03.09 (7:37) bis 03.03.09 (7:20)

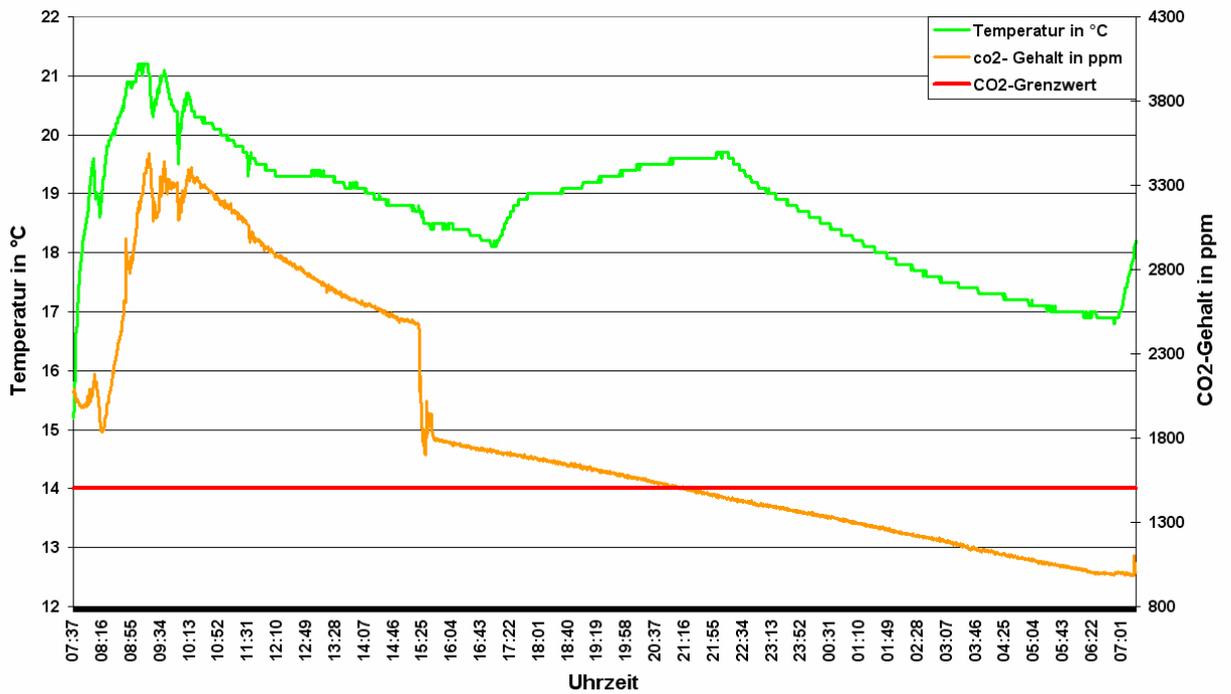


Abb. 7.10 Verlauf CO₂-Gehalt Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter

m/s-Verlauf in Raum 1.001 vom 02.03.09 (7:37) bis 03.03.09 (7:20)

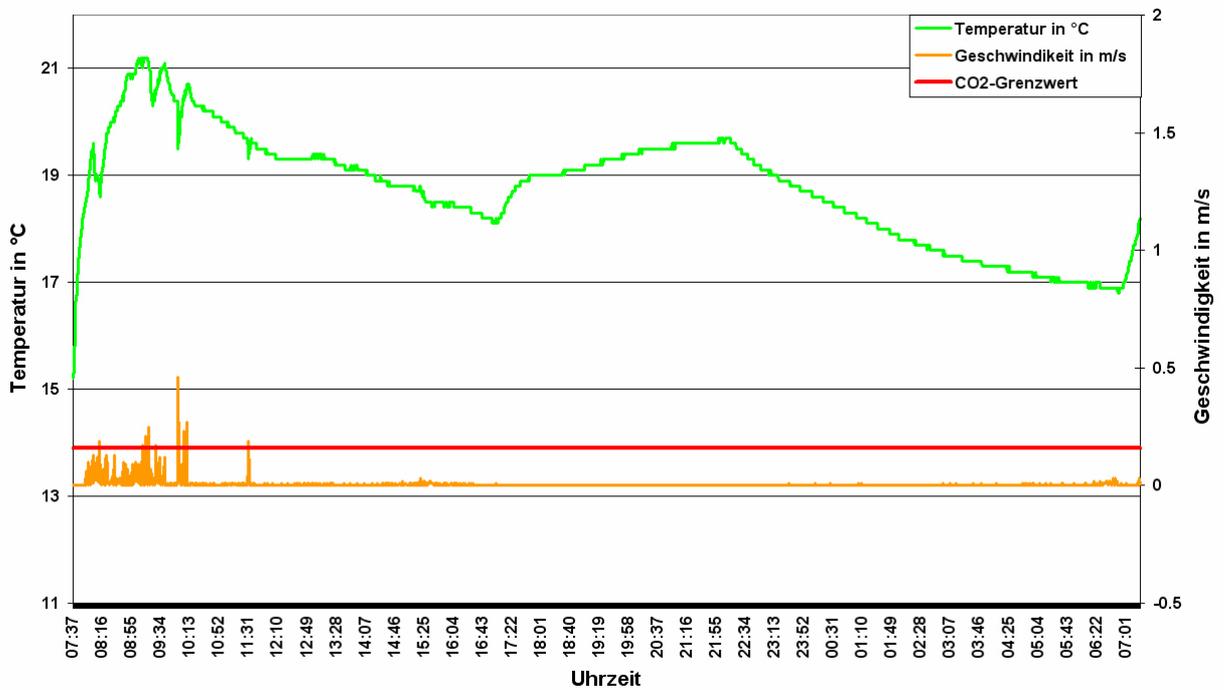
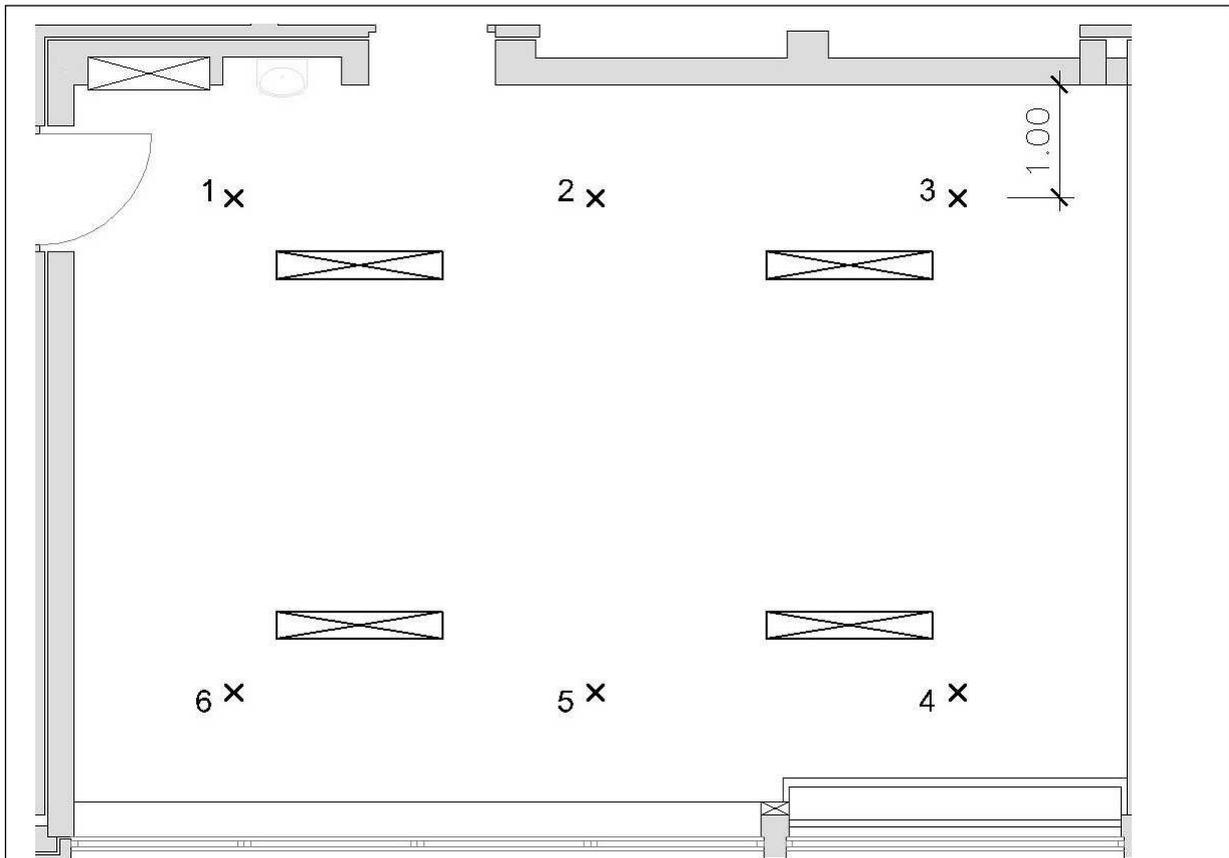


Abb. 7.11 Raumluftgeschwindigkeit Raum 1.001 der GGS Grengracht im Winter



Di, 07.04.2009 / 17:00 Uhr / bewölkt / Messhöhe OKF + 1,00m

Schaltung: - 1 Modus _ alle Lichtbänder

Messwerte in Lux

Messpunkt- Nr./Modus	1	2	3	4	5	6
Licht aus	75	88	77	741	337	193
Licht an	276	242	270	972	421	343

Abb. 7.12 Messergebnis Beleuchtung im Raum 3.104 der GGS Grengracht im Winter

Nutzerbefragung

Wie beurteilen Sie die Raumluftqualität in den Klassenräumen?

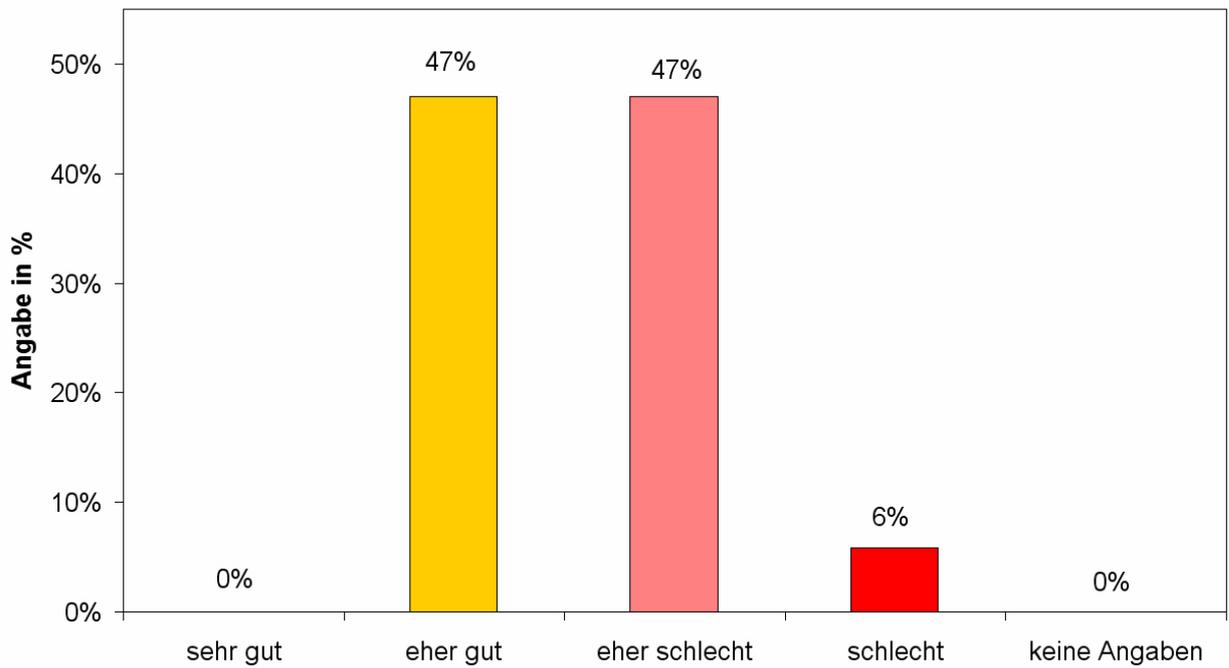


Abb. 7.13 Raumluftqualität in den Klassenräumen der GGS Grengrecht im Winter

Wie beurteilen Sie die Beleuchtungssituation in den Klassenräumen?

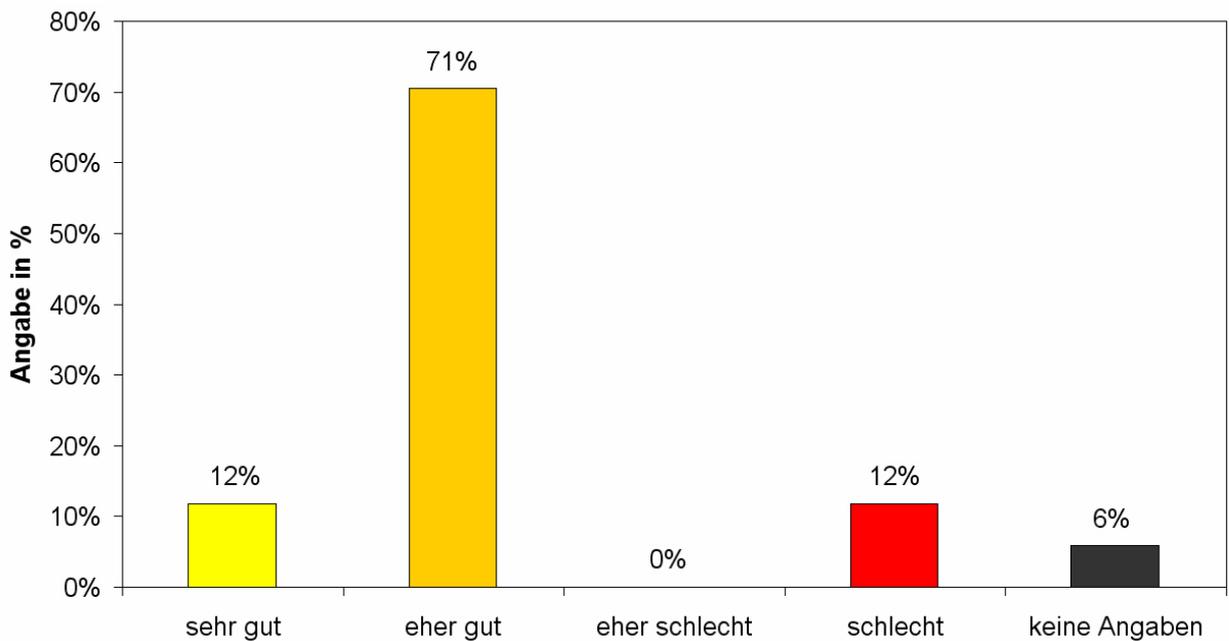


Abb. 7.14 Beleuchtungssituation in den Klassenräumen der GGS Grengrecht im Winter

Wie beurteilen Sie die winterliche Raumtemperatur in den Fachräumen?

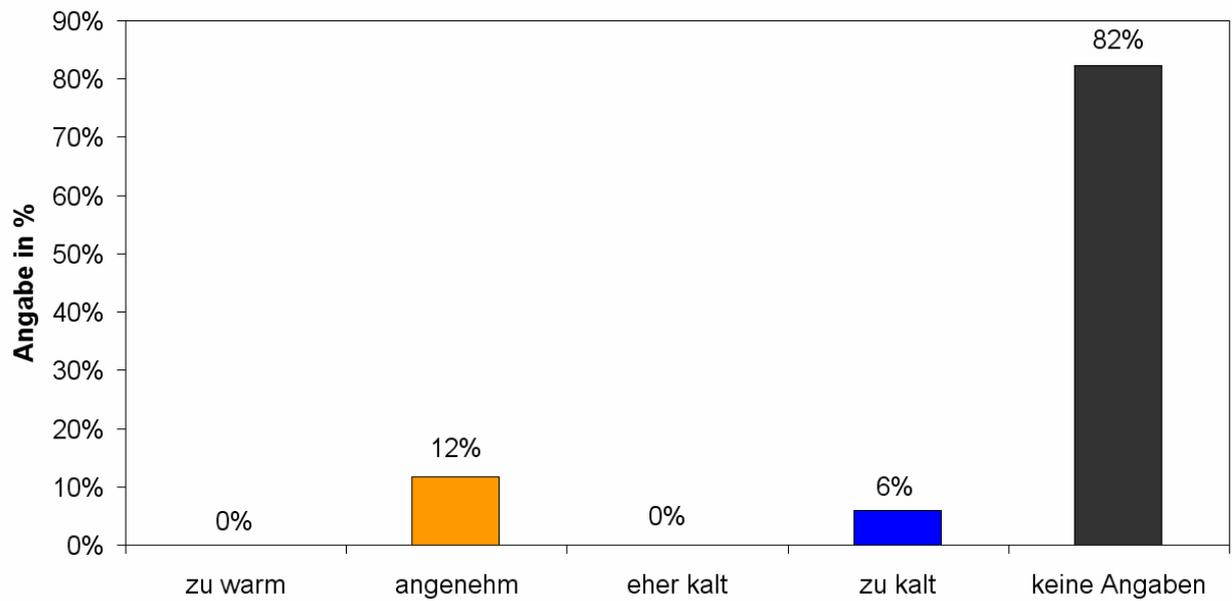


Abb. 7.15 Winterliche Raumtemperatur in den Fachräumen der GGS Grengracht

Sanierungsmaßnahmen Architektur

Außenwände

Dämmung der Fassaden des Neubau-
 teils in Wärmedämmverbundsystem mit
 stoßfester Oberfläche, WLG 035 in unter-
 unterschiedlichen Stärken (EnEV 2009: 12cm;
 PH-Komponenten: 30 cm (WLG 032); PH-
 Standard: 30 cm (WLG 032)

Im Bereich Erdreich Innendämmung gips-
 kartonverkleidet; Hartschaumplatten WLG
 030 (10/12/12 cm). Im Stützenbereich zur
 Wärmebrückenreduzierung mit 2 cm
 Vakuumdämmung bekleidet.

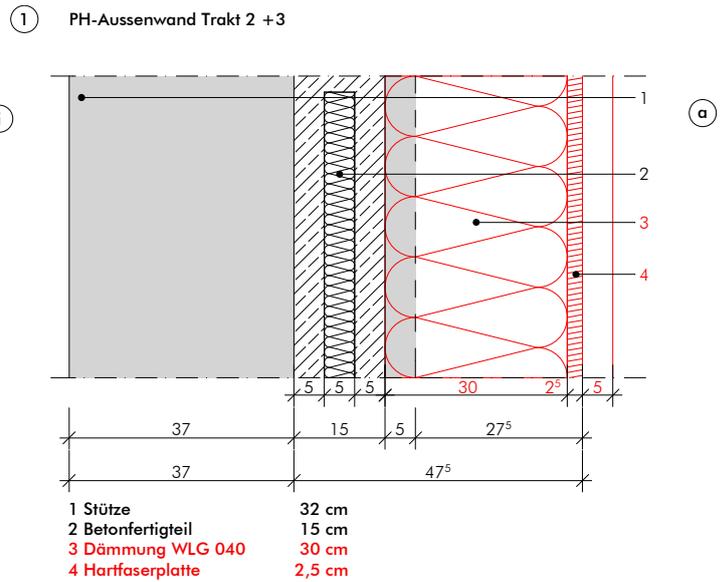


Abb. 7.16 Außenwand Grengrechtschule

Bodenplatte

Bei EnEV-Standard Erneuerung und bei PH-
 Komponenten: Bestand bleibt vorerst un-
 behandelt. Der Passivhausstandard kann
 nur mit Austausch des vorh. Fußbodens
 erreicht werden. (Entweder mit 2 cm Vaku-
 umdämmung oder Erhöhung des Fußbo-
 denaufbaus, mit anderer Dämmung, mit
 einer Trittstufe bei mit en entsprechenden
 Konsequenzen (Türhöhen ändern; Gelän-
 der Treppe anpassen etc.)

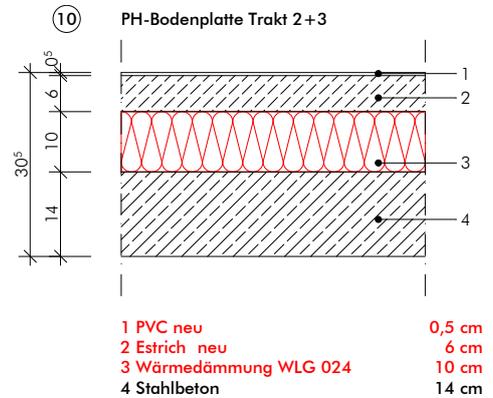


Abb. 7.17 Bodenplatte Grengrechtschule

Kellerdecke

Unterseitige Schaumplattendämmung,
8 cm PIR WLG 025, Silikatoberfläche für
EnEV- Standard;

Bei Sanierung mit PH-Komponenten bzw.
auf PH-Standard: 30 cm WLG 032

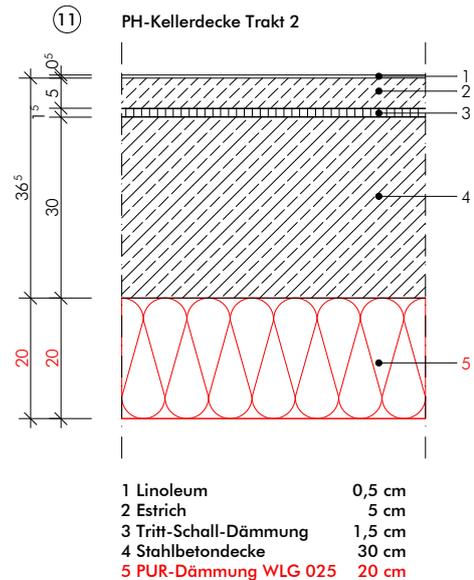


Abb. 7.18 Kellerdecke Grengrachtsschule

Dach

In der Regel ergänzende Mineralwolldämmung
WLG 035 (10 cm); Teilflächen auch
mit geringerer Zusatzdämmung; zwei Trakte
sind noch unsaniert und werden mit 30
cm belegt (siehe Abb. 7.18).

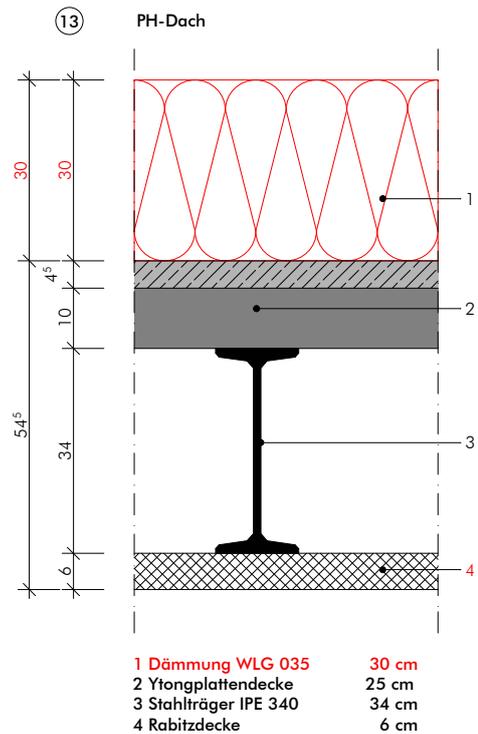


Abb. 7.19 Decke/ Dach Grengrachtsschule

Decke über EG zu Außenluft

In einigen Teilbereichen müssen Decken im OG, die zur Außenluft abgrenzen, z. B. mit zusätzlicher PUR-Dämmung WLG 024 (22 cm) gedämmt werden.

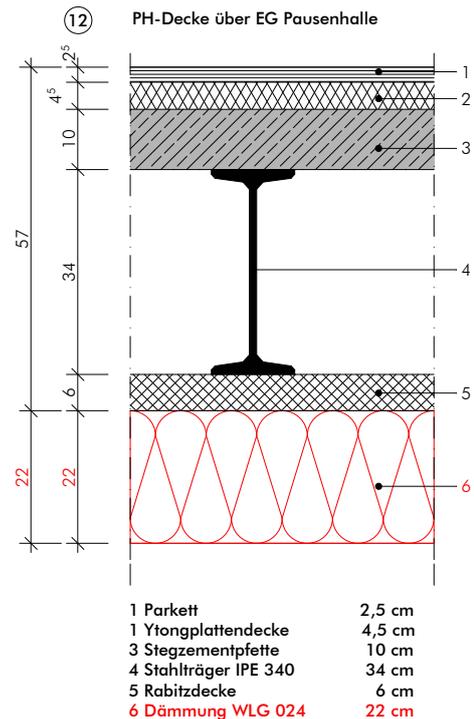


Abb. 7.20 Decke über EG Grengrechtschule

Fenster

EnEV-Standard: Erneuerung der noch nicht sanierten Fenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung

($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) bzw. Komplettaustausch im PH-Standard mit Passivhausfenstern, dreifachverglast ($U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Im Fall PH-Komponentensanierung im Austausch der verbliebenen unsanierten Fenster mit Dreifachglass-Fenstern ($U_w \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Lüftungstechnik

Das gesamte Schulgebäude wird mit einer mechanischen Be- und Entlüftungsanlage ausgestattet. Jeder Trakt wird separat über seine eigene Lüftungszentrale versorgt. Das Herzstück der Lüftungstechnik ist ein rekuperatives Lüftungsgerät mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung sowie druckgesteuerten, stufenlos geregelten energieeffizienten Ventilatoren. Das Luftkanalnetz wird auf einen Gesamtvolumen-

strom von 9.500 m³/h für Trakt 1, 8.500 m³/h für Trakt 2 und 5.000 m³/h für Trakt III ausgelegt. Die Zuluft wird in die Klassen- und Aufenthaltsräume eingebracht und dort wieder abgesaugt. Damit werden ein hygienische einwandfreier Luftwechsel und eine hohe Luftqualität garantiert. Diese Maßnahme ist sowohl für den Standard EnEV 2009 als auch für die Sanierung mit PH-Komponenten vorgesehen.

Heizungstechnik

In den Klassen- und Aufenthaltsräumen werden die Heizkörper erneuert. Sie dienen als Leistungsergänzung zur mechanischen Lüftungsanlage. Die Anbindung an die Kesselanlage wird realisiert.

Die Gesamtheizlast beträgt beim EnEV 2009-Standard 230 kW und beim PH-Standard 155 kW. Eine Erneuerung der Kessel aufgrund des Gerätealters ist nötig, dies kann jeweils auch als Einzelmaßnahme umgesetzt werden. Die Kessel werden durch Gasbrennwertkessel oder als Alter-

native durch einen Holzpellet-Kessel ersetzt. Die Abkopplung der TH+SH Grenzgracht vom Wärmenetz der Schule wird empfohlen.

Bei einer Gesamterneuerung der Heiztechnik werden ebenfalls die Heizpumpen ausgetauscht. Der Heizpumpenaustausch kann auch jeweils als Einzelmaßnahme erfolgen. Hierbei werden unregelmäßig alte Pumpen gegen neue hocheffiziente lastgeregelte Heizpumpen ausgetauscht.

Beleuchtung

Die bestehenden Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) werden gegen moderne Leuchten mit gleicher Lichtleistung und elektronischen Vor-

schaftgeräten (EVG) ausgetauscht. Diese Maßnahme kann als Einzelmaßnahme erfolgen.

Sanitär

Wassersparende Umrüstungen an WC's führen zur Reduzierung des Wasserverbrauchs.

Diese Maßnahme kann als Einzelmaßnahme erfolgen.

Kosten Sanierungsmaßnahmen

I Gebäudehülle				
Fassade	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.
Wand Außenwand T2/3	U-Wert	W/m ² K	0,232	0,101
	Menge	m ²	1153	1153
	spezifische Kosten	€/m ²	197	227
	Investitionskosten	€	227.141	261.731
	Nutzungsdauer	Jahre	40	40
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Wand T1	U-Wert	W/m ² K	0,187	0,187
	Menge	m ²	108,1	108,1
	spezifische Kosten	€/m ²	0	0
	Investitionskosten	€	0	0
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Wand T1 Pausenhalle	U-Wert	W/m ² K	0,237	0,098
	Menge	m ²	573	573
	spezifische Kosten	€/m ²	171	227
	Investitionskosten	€	97.983	130.071
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Wand T1 WC	U-Wert	W/m ² K	0,216	0,1
	Menge	m ²	119,2	119,2
	spezifische Kosten	€/m ²	175	227
	Investitionskosten	€	20.860	27.058
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Wand T1 EG über WC	U-Wert	W/m ² K	0,223	0,096
	Menge	m ²	71,1	71,1
	spezifische Kosten	€/m ²	171	227
	Investitionskosten	€	12.158	16.140
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Wand T2 Außenwand	U-Wert	W/m ² K	0,234	0,098
	Menge	m ²	408,3	408,3
	spezifische Kosten	€/m ²	161	0
	Investitionskosten	€	65.736	92.684
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0

Wand	U-Wert	W/m ² K	0,26	0,153
T1 Erdreich	Menge	m ²	151,1	151,1
	spezifische Kosten	€/m ²	77,5	127
	Investitionskosten	€	11.710	19.190
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Bodenplatte	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.
Bodenplatte	U-Wert	W/m ² K	3,75	3,75
T1	Menge	m ²	303,9	303,9
	spezifische Kosten	€/m ²	0	0
	Investitionskosten	€	0	0
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Bodenplatte	U-Wert	W/m ² K	0,309	0,309
T1 Neubau	Menge	m ²	145,3	145,3
	spezifische Kosten	€/m ²	0	0
	Investitionskosten	€	0	0
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Bodenplatte	U-Wert	W/m ² K	3,586	3,586
T2/3	Menge	m ²	485,5	485,5
	spezifische Kosten	€/m ²	0	0
	Investitionskosten	€	0	0
	Nutzungsdauer	Jahre	20-40	20-40
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Kellerdecke	U-Wert	W/m ² K	0,278	3,586
T2	Menge	m ²	773,3	485,5
	spezifische Kosten	€/m ²	45,22	0
	Investitionskosten	€	34.969	55.214
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0

Dach	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.
Decke über EG T1/2	U-Wert	W/m ² K	0,239	0,1
	Menge	m ²	223,8	223,8
	spezifische Kosten	€/m ²	38	58
	Investitionskosten	€	8.504	12.980
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Decke Dach 13 T1	U-Wert	W/m ² K	0,231	0,1
	Menge	m ²	787,6	787,6
	spezifische Kosten	€/m ²	30	78
	Investitionskosten	€	23.628	61.433
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Decke Dach 14 T1	U-Wert	W/m ² K	0,129	0,13
	Menge	m ²	196,2	196,2
	spezifische Kosten	€/m ²	0	0
	Investitionskosten	€	0	0
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
Decke Dach 15 T1	U-Wert	W/m ² K	0,111	0,111
	Menge	m ²	1314,8	1314,8
	spezifische Kosten	€/m ²	0	0
	Investitionskosten	€	0	0
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0
	Wartung	€	-	-

Fenster	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.
Fenster	U-Wert	W/m ² K	1,3	0,8
	Menge	m ²	484,3	484,3
	spezifische Kosten	€/m ²	718	828
	Investitionskosten	€	347.727	401.000
	Nutzungsdauer	Jahre		
	Instandsetzung	€	0	0
	Wartung	€	0	0

Gesamt	Investitionskosten	€	850.417	1.077.501
	spezifische Kosten	€/m ²	254	322
	Baunebenkosten	€	153.075	193.950
	Instandsetzung	€	-	-
	Wartung	€	-	-

II Gebäudetechnik	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.	
Lüftung	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.	
	Wärmerückgewinnung	%	75	75	
	Menge	m ²	3343	3343	
	spezifische Kosten	€/m ²	142	142	
	Investitionskosten	€	475.762	475.762	
	Nutzungsdauer	Jahre	20	20	
	Instandsetzung	€/a	4.758	4.758	
Wartung	€/a	4.758	4.758		
Wärmeerzeugung	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.	
	Heizflächen & Heizkessel	Menge	m ²	3343	3343
		spezifische Kosten	€/m ²	60	53
		Investitionskosten	€	200.904	176.099
		Nutzungsdauer	Jahre	20	20
		Instandsetzung	€/a	4.018	3.522
		Wartung	€/a	2.009	1.761
Beleuchtung	Maßnahme		EnEV 2009	PH-Komp.	
	Menge	Leuchten	234	234	
	spezifische Kosten	€/m ²	10	10	
	Investitionskosten	€	34.808	34.808	
	Nutzungsdauer	Jahre	15	15	
	Instandsetzung	€/a	157	157	
	Wartung	€/a	-	-	

Priorisierung Maßnahmen

Priorität 1: Sofortige Umsetzung

Baukonstruktionen:

- Austausch der noch verbliebenen un-sanerten Fenster mit Einscheibenverglasung
- Dämmung Kellerdecke

Technische Gebäudeausrüstung:

- Austausch Heizkessel
- Wassersparende Umrüstungen
- Ersatz Heizungspumpen

Priorität 2: Mittelfristige Umsetzung

Architektur:

- Austausch Alufenster (alter Bestand)
- Dämmung Dach, Erhöhung der vorh. Dämmung
- Erneuerung der Fassade

Technische Gebäudeausrüstung:

- Erneuerung Beleuchtungssystem

Priorität 3: Langfristige Umsetzung

Architektur:

- Austausch Kunststofffenster (aktueller Bestand)
- Dämmung Bodenplatte
- Sanierung mit Passivhauskomponenten

Technische Gebäudeausrüstung:

- Installation Lüftungsanlage
- Anpassung Heizungssystem

8 Empfehlungen

8.1 Ausgangslage

Für die Untersuchungsobjekte wurde ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu Grunde gelegt. Jede Annahme von künftig zu erwartenden Energiekosten über einen solch langen Zeitraum kann nur spekulativ sein.

Energiequellen wie Kernkraft sind, solange die damit verbundenen Gefahren und Risiken nicht vollständig ausgeschlossen werden können, keine Alternative. Auch das Erschließen neuer fossiler Brennstoffe wird immer schwieriger und damit verbunden auch kostenintensiver. Die in China schon weit vorangetriebene Entwicklung der Kohleverflüssigung ist auf absehbare Zeit auch keine Alternative zur Energieeinsparung selbst; denn es gilt nicht nur, die Energiekosten einzusparen sondern insbesondere auch den CO₂-Eintrag in die Erdatmosphäre drastisch zu reduzieren, wenn wir unseren Nachkommen noch einigermaßen erträgliche Lebensbedingungen auf unserem Mutter-planeten Erde erhalten wollen. Die noch in der Entwicklung befindliche CO₂-Abscheidung ist so lange kein verantwortbarer Weg zur Reduzierung des CO₂-Eintrags in die Erdatmosphäre bis die gefahrlose „Entsorgung“ des abgeschiedenen Kohlendioxids vollständig geklärt ist.

Nach logischer Abwägung aller Für und Wi-

der spricht nichts für ein Stagnieren oder gar Sinken der Energiekosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes, nämlich der nächsten 30 Jahre.

Die Erfahrungen der Vergangenheit und das Wissen um die weltweit immer noch ansteigenden Energieverbräuche einerseits und die gleichzeitig knapper werdenden Energieresourcen lassen mit Blick auf die für die Preisgestaltung wesentlichen Parameter wie Angebot und Nachfrage derzeit alles andere als weiter steigende Energiekosten erwarten.

Die allgemeingültige Empfehlung kann aus ökonomischer wie auch aus ökologischer Sicht nur heißen:

„Energie sparen“ geht vor „Energie erschließen“

Langfristig sollte für jedes klimatisierte Gebäude das Ziel der energetisch optimale Standard sein. Deshalb ist bei entsprechenden Entscheidungen immer nur die Frage „Sofortige Komplettsanierung auf Passivhausstandard, schrittweise Sanierung oder das Gebäude vorerst insgesamt unbehandelt lassen“ zu beantworten. Die Frage, ob Abriss bzw. Abriss + Neubau die wirtschaftliche Lösung sind, wurde hier nicht untersucht.

8.2 Empfehlungen allgemein

Vielfach entscheiden sich heute immer noch Kommunen mit dem Argument, mit Niedrigenergiestandard erreiche man gegenüber dem Altbau doch schon deutlich höhere Energieeinsparungen, eher für eine Steigerung der Sanierungsrate als für eine Erhöhung der Sanierungsdichte.

Gestützt wird diese Entscheidung oft mit der nicht ganz unberechtigten Erwartung, dass ein größerer Auftragsumfang für die jeweils einzelnen Gewerke bessere Angebotspreise bringen könnte. So werden dann häufig in dem einen Haushaltsjahr bspw. die Fenster mehrerer Immobilien erneuert, auch wenn die Erneuerung bei der einen oder anderen Immobilie noch nicht ganz so dringend ist. Im nächsten Jahr sind dann vielleicht die Dächer an der Reihe usw.

Diese Vorgehensweise ist eine der größten Hindernisse einer nachhaltigen Entwicklung (s. Abb. 8.1 „Szenario mit max. Umsetzung...“PHI)

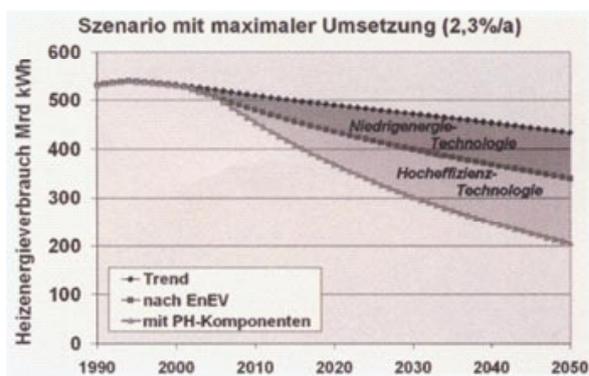


Abb. 8.1 Erreichbare Energieeinsparungen im Szenario mit maximaler Umsetzungsgeschwindigkeit*

*Nur unter Einsatz von höchster Effizienz in jedem Einzelfall ist bis zum Jahr 2040 die erforderliche Einsparung an Heizenergie von 50 % zu erreichen. Die alte Niedrigenergie-Technologie kann nur die Hälfte dieser Zielsetzung erreichen, Quelle: Passivhausinstitut.

Es ist z. B. nicht sinnvoll und auch alles Andere als nachhaltig, ein intaktes Fenster ausschließlich aus Gründen der Energieeffizienz auszutauschen, dazu sind schon alleine die Basiskosten für das Fenster selbst zu hoch.

Bauteile sollten aus ökonomischer wie auch aus ökologischer Sicht also dann optimiert werden, wenn die Bauteilerneuerung im natürlichen Zyklus sowieso erfolgt, d. h., wenn sie ohnehin ersetzt werden müssen oder deren Erhalt im Rahmen eines Umbaus oder einer Umnutzung des Gebäudes keinen Sinn mehr macht.

Erneuerungsinvestitionen ausschließlich aus fördertaktischen Gründen vorzuziehen, macht auch nur wenig Sinn. Dies hätte zur Folge, dass der Energieverbrauch dann letztendlich zwar auf einem höheren Niveau als heute, aber dennoch stagnieren würde. Denn das Effizienzpotential würde bei jeder Einzelmaßnahme nicht vollständig ausgeschöpft. Derzeit ist es nämlich noch keinesfalls selbstverständlich, dass z. B. generell nur noch Dreischeibenverglasungen und Dämmdicken 20 cm zum Einsatz kommen.

Gerade erst durch die Kombination notwendiger Instandsetzungsmaßnahmen im natürlichen Zyklus des jeweiligen Gebäudetypus mit energetischen Verbesserungsmaßnahmen entsteht erst die Basis, bedeutende Verbesserungen einzelwirtschaftlich vertretbar in der Breite umzusetzen. Darüber hinaus wird bei dieser Vorgehensweise

generell die Motivation für energiesparende Maßnahmen angehoben.

Ein Beispiel: Ein häufiger Anlass für eine außenliegende Wärmedämmung kann eine fällige Erneuerung der Außenputzflächen sein. Da die notwendigen „Sowiesokosten“ für das Gerüst, für das Entfernen / Ausbesserung des Altputzes und für den Neuverputz ohnehin anfallen, wären in diesen die zusätzlichen Kosten für eine wirksame Wärmedämmung einzelwirtschaftlich vertretbar. Trotz dieser einmaligen Chance für eine bedeutende Steigerung der Energieeffizienz unterbleibt die Wärmedämmung heute noch in vielen dieser Fälle. Ähnlich ist diese Vorgehensweise bei der Neueindeckung von Dächern oder bei nachträglichem Dachausbau, Innenrenovierungen und auch dem Austausch von Heizkesseln. All diesen Anlässen ist eines gemein: Es werden mit nicht geringen Mitteln Bauteile und Komponenten von bestehenden Gebäuden verändert, die entscheidenden Einfluss auf die Energieeffizienz haben. Durch eine Qualität volle Wahl der jeweiligen Maßnahme lassen sich jeweils zusätzliche Energieeinsparungen in hohem Umfang realisieren. Dafür sind zumeist gewisse Mehrinvestitionen gegenüber den „Ohnehin-Maßnahmen“ erforderlich.

Nach erfolgter Komplettsanierung oder Modernisierung eines Gebäudes ist dessen Energiestandard i. d. R. für mindestens die nächsten Jahrzehnte festgeschrieben. Wird z.B. eine Fassade im Rahmen einer Gebäudesanierung mit einer Wärmedämmung von 10 cm energetisch verbessert, dann erfolgt innerhalb der nächsten 50 Jahre keine nochmalige, weitergehende

energetische Qualitätsverbesserung, die sich unter ökonomischen Gesichtspunkten für den Immobilienbesitzer auch nicht mehr lohnen würde. Die „Sowiesokosten“ einer solchen zweiten, späteren Maßnahme, die alleine im Erstellen eines Gerüsts und der Neuanbringung des Putzes liegen, sind mit mindestens 70 €/m² so hoch, dass deren Ausführung ökonomisch dann keinen Sinn mehr machen kann; denn die Kosten für eine eingesparte Kilowattstunde würden dann bei über 16 Ct/kWh (ausgehend von heutigen Erstellungs- und Energiekosten) liegen.

Die Ausführung einer nur mäßigen Verbesserung an einem bis dahin energetisch mangelhaften Bauteil ist ein Hemmnis, das auf absehbare Zeit die Erschließung weitergehender Einsparpotentiale in jedem Fall verhindert.

8.3 Empfehlungen an die Politik

Die Projektergebnisse zeigen sehr deutlich -insbesondere am Beispiel des Gymnasiums, dessen energetische Sanierung derzeit im Zusammenhang mit anderen Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen realisiert wird, dass

- entsprechende Förderprogramme erforderlich sind, um die Kommunen in die Lage zu versetzen, ihre Immobilien kurz- bis mittelfristig auf einen energetisch optimierten Standard zu bringen und damit sehr zeitnah entsprechende Beiträge zu Klima- und Umweltschutz zu leisten.
- die Forderungen der EnEV unter rein ökonomischen Gesichtspunkten angepasst werden müssten. Die EnEV müsste demnach für Bestandsgebäude, bei denen Instandsetzungsmaßnahmen an der Gebäudehülle oder der Haustechnik anstehen, für diese Bauteile dann die gleichzeitige energetische Sanierung mit Passivhauskomponenten verlangen, zumindest dann, wenn nicht der Nachweis erbracht werden kann, dass eine Sanierung der entsprechenden Bauteile /Bauteilkomponenten auf Standard der aktuellen EnEV wirtschaftlicher ist.
- dass das „Neue Kommunale Finanzmanagement (NKF) dringend überdacht werden muss (s. hierzu auch Abschnitt ... „Aus der Sicht des Kämmerers“).

Bei strenger Auslegung wäre nach dem NKF eine sinnvolle Verausgabung kommunaler Finanzmittel in zahlreichen Fällen nicht mehr möglich; denn auch sinnvoll optimierte Einzelmaßnahmen (z. B. Dachsanierung auf Passivhausqualität) wären demnach keine Herstellungskosten, d. h. „werthaltige“ Vermö-

gensgegenstände und die Kosten müssten damit in der Ergebnisrechnung veranschlagt und dürften nicht in der Bilanz aktiviert werden.

Es liegt nahe, dass das NKF dazu führen wird, dass viele Kommunen auch dann drei der vier vom BFH genannten Maßnahmen

- Heizungsinstallation
- Sanitärinstallation
- Elektroinstallation
- Fenster

durchführen, wenn nicht unbedingt alle drei Maßnahmen erforderlich bzw. sinnvoll sind und vielleicht sogar auf dringendere und sinnvollere Maßnahmen verzichten, weil diese nicht in das „vorgegebene Programm“ passen. Das hat dann mit einem ökonomisch und auch ökologisch orientierten Immobilienmanagement nichts mehr zu tun. Es ist auch nicht nachhaltig, Bauteilkomponenten nur deshalb auszutauschen, weil aus „haushaltstechnischer Sicht“ gerade die dritte Maßnahme fehlt.

Die Sanierung von Einzelbauteilen mit Passivhauskomponenten ist unbestreitbar eine über seinen ursprünglichen Zustand hinausgehende wesentliche Verbesserung. Eine schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten führt in aller Regel (ist nur eine Frage der Zeit) am Ende zum energieoptimierten Standard jeder Immobilie.

Es bleibt also unbedingt zu prüfen, ob eine Sanierung einzelner Bauteilkomponenten (z. B. die Fassade oder das Dach) mit Passivhauskomponenten nicht auch als „eine erhebliche Verbesserung zu bewerten“ ist: Steige-

rung der Luftqualität, verbesserter Wohn- und Nutzkomfort, Senkung der CO₂-Konzentration in den Räumen (insbesondere wichtig in Schulen) usw..

Außerdem sind nur so sind unsere zwingend notwendigen Klimaziele überhaupt zu erreichen!

8.4 Empfehlungen an die Stadt Baesweiler

Die Ergebnisse des Vorhabens versetzen die Stadt Baesweiler eigentlich in die komfortable Lage, anhand eines großen Datenpools jederzeit die aktuell richtige Entscheidung zu ggf. anstehenden Sanierungsmaßnahmen treffen zu können.

Dennoch können aus wirtschaftlicher Sicht mit Blick auf das NKF (Neues Kommunales Finanzmanagement) die aktuellen Empfehlungen an die Stadt Baesweiler nur lauten:

- Wenn die Instandsetzung einer Bauteilkomponente als Einzelmaßnahme (z. B. Fassadensanierung) akut ansteht, sollte geprüft werden inwieweit eine Sanierung mit Passivhauskomponenten als eine „Erhebliche Verbesserung“, die in der Bilanz als „Herstellungskosten“ d. h. „werthaltiger“ Vermögensgegenstand ausgewiesen werden darf, zu bewerten ist (s. hierzu Abschnitt 4.6.1 „Aus der Sicht des Kämmers“.)

Die Sanierung von Einzelbauteilen mit Passivhauskomponenten ist aus der Sicht der Verfasser dieser Studie eine über den ursprünglichen Zustand des Gebäudes hinausgehende wesentliche Verbesserung.

- Sollte eine Bewertung als „Erhebliche Verbesserung“ nicht zu begründen sein, kann der Stadt Baesweiler (dies gilt genau so auch für alle anderen Kommunen) nur angeraten werden, wenn irgendwie möglich Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen an einem Gebäude solange wie möglich aufzuschieben bis mindestens drei der vom Bundesfinanzhof vier genannten Gewerke betroffen sind (s. auch hierzu

Abschnitt... „Aus der Sicht des Kämmers“; es sei denn, es liegt sehr akuter Handlungsbedarf vor, der keinesfalls aufgeschoben werden kann“.

Alles anders ist für einen Kämmerer mit Blick auf das „Neue Kommunale Finanzmanagement (NKF)“ wirtschaftlich nicht vertretbar.

An verschiedenen Gebäuden der Stadt Baesweiler sind schon in der Vergangenheit diverse Verbesserungen des energetischen Standards durchgeführt worden (s.Tab. 2.5). Demzufolge lässt sich bei diesen Gebäuden nur noch in begrenztem Maße weiter Energie einsparen.

Die rein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten -und zwar ausschließlich unter Berücksichtigung der energetischen Qualitätsverbesserung- empfohlene Reihenfolge der nacheinander durchzuführenden Maßnahmen würde lauten:

1. Sofortige Komplettsanierung des Gymnasiums auf Passivhausstandard
2. Sofortige Komplettsanierung auf Passivhausstandard der Friedensschule
3. Sofortige Komplettsanierung auf Passivhausstandard des Rathauses Setterich

Gegenstand der näheren Untersuchungen waren nicht die Auflistung des erforderlichen Instandsetzungsaufwandes und die damit verbundenen Kosten bezogen auf die jeweiligen Gebäude. Dennoch haben sich die Bearbeiter einen groben Überblick

auch über die baulichen Zustände der untersuchten Gebäude verschaffen können (Tab. 2.4).

Für die Objekte, für die aus ökonomischer Sicht eine sofortige Komplettsanierung auf Passivhausstandard nicht in Frage kommt, sollten bei der Festlegung von Prioritäten unbedingt auch die in Tab. 2.4 aufgelisteten Bauschäden und Mängel bei der Entscheidungsfindung gebührend berücksichtigt werden. Es ist auch nicht nachhaltig, den Totalaustausch von im Großen und Ganzen noch intakten Bauteilen zu forcieren, um kurzfristig Energie einzusparen.

Nach erfolgter Entscheidung für die eine oder andere Einzelmaßnahme sollten dann nacheinander die notwendigen Instandsetzungen mit Passivhauskomponenten erfolgen. Nach gewissen Zeitabständen sollten dann die aktuellen Rahmenbedingungen (Kapitalzins, Energiekostenentwicklung, Gesamtherstellungskosten usw.) noch einmal geprüft werden; es ist nicht auszuschließen, dass für das eine oder andere Gebäude die Entscheidung dann eine andere sein kann.

Objektliste DBU	Kosten KG 300 + 400 incl. 18% NK	Energiestand
	€	
Gymnasium gesamt	7.147.000	PH-Standard
MZH Grabenstraße	431.863	EnEV 2009
Goetheschule	1.620.533	PH-Komp
Friedensschule gesamt	690.394	PH-Standard
Hallenbad Parkstraße		
Realschule Setterich gesamt	2.891.974	PH-Komp
Turnhalle 'Am Weiher'	1.468.043	PH-Komp
Barbaraschule gesamt	1.338.614	PH-Komp
Turn-/Schwimmbhalle Grengracht	968.922	EnEV 2009
Grengrachtschule	2.081.721	PH-Komp
Turnhalle Oidtweiler	771.902	PH-Komp
Andreasschule	1.339.430	PH-Komp
Grundschule Beggendorf	268.254	EnEV 2009
Grundschule Oidtweiler	526.997	PH-Komp
Grundschule Loverich	673.798	PH-Komp
Mehrzweckhalle Loverich	475.356	EnEV 2009
Turnhalle Wolfsgasse	569.813	EnEV 2009
Rathaus Baesweiler	716.795	EnEV 2009
Rathaus Setterich	934.720	PH-Standard
Wohnhaus 'An der Burg 14'	53.462	EnEV 2009
ITS gesamt	2.343.540	EnEV 2009

Abb. 8.2 Sanierungsempfehlung an die Stadt Baesweiler Status quo

Nach heutigem Status quo (Dezember 2009) ergibt sich aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten die in der Abb. 8.2 aufgelistete Sanierungsempfehlung. Hier wurden

weder Zins- noch Energiekostenentwicklung berücksichtigt.

Objektliste DBU	Kosten KG 300 + 400 incl. 18% NK	Energiestand
	€	
Gymnasium gesamt	7.147.000	PH-Standard
MZH Grabenstraße	629.056	PH-Komp
Goetheschule	1.620.533	PH-Komp
Friedenschule gesamt	690.394	PH-Standard
Hallenbad Parkstraße		
Realschule Setterich gesamt	2.891.974	PH-Komp
Turnhalle 'Am Weiher'	1.468.043	PH-Komp
Barbaraschule gesamt	1.338.614	PH-Komp
Turn-/Schwimmhalle Grengracht	1.041.700	PH-Komp
Grengrachtschule	2.081.721	PH-Komp
Turnhalle Oidtweiler	771.902	PH-Komp
Andreasschule	1.339.430	PH-Komp
Grundschule Beggendorf	317.468	PH-Komp
Grundschule Oidtweiler	526.997	PH-Komp
Grundschule Loverich	673.798	PH-Komp
Mehrzweckhalle Loverich	571.631	PH-Komp
Turnhalle Wolfsgasse	698.337	PH-Komp
Rathaus Baesweiler	1.125.446	PH-Komp
Rathaus Setterich	934.720	PH-Standard
Wohnhaus 'An der Burg 14'	87.480	PH-Komp
ITS gesamt	3.972.072	PH-Komp

Abb. 8.2.1 Sanierungsempfehlung an die Stadt Baesweiler unter Einbeziehung einer Energiepreissteigerung von 3%

Berücksichtigt man eine Energiekostensteigerung von nur 3% nimmt die Tabelle schon andere Züge an. Dann gilt wieder: mindestens Sanierung mit Passivhauskomponenten (s. Kap. 8.2, insbesondere mit Blick auf Abb. 8.1), zumal in Kombination mit der Preisentwicklung der Bauteilkosten und der Energiepreissteigerung sich die Kostenschere zwischen Sanierung nach EnEV 2009 und Passivhausstandard immer weiter schließt.

Noch ein politisches Argument spricht für die Sanierung im Passivhausstand bzw. mit Passivhaus-Komponenten: die EU hat in den letzten Tagen erklärt, dass der PH-Standard schon 2015 für Neubauten europaweit eingeführt werden soll. Für Altbauten soll dieser Energiestand 2018 zur Pflicht werden – was aber nur heißen kann: Sanierung mit Passivhauskomponenten. (s. Abb. 8.2.1)

8.5 Prioritäten

Für alle untersuchten Gebäude - bis auf wenige Ausnahmen - gilt:

Aus Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsgründen ist unter den derzeit aktuellen Bedingungen die schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten im Rahmen des jeweils natürlichen Instandsetzungszyklus die einzig sinnvolle Alternative!

Es ist nicht auszuschließen, dass sich dies unter veränderten Rahmenbedingungen für das eine oder andere Objekt in Zukunft zu der Empfehlung „Gesamtsanierung auf Passivhausstandard“ hin ändern kann.

Die Einstufung in die jeweilige Priorität erfolgte unter Berücksichtigung folgender Betrachtungen:

- Spezifische Stromverbrauchskennwerte (Abb. 2.24)
- Baumängelliste (Abb. 2.4)
- Einbeziehung der bereits erfolgten Sanierungen (Abb. 2.5)
- Zustandsanalyse Wärmeerzeuger, Beleuchtung, Wasserverbrauch (Abb. 2.6, 2.8, 2.25)
- Energiekennwerte Heizwärme (Abb. 3.6)
- Relation Investkosten (ohne Haustechnik) zu potentiell jährlicher Heizenergieeinsparung (Abb. 4.3)
- Gesamtinvestitionskosten (Abb. 4.4)
- NKF (Neues Kommunales Finanzmanagement)

In Abb. 8.3 wurden die vorgenannten Betrachtungen bewertet und tabellarisch zusammengefasst. Daraus ergaben sich schließlich zwei Prioritätenlisten (s. auch

Abb. 8.3., Spalten 9 und 11):

- Prioritätenliste 1 (s. auch Abb. 8.3., Spalte 9): Unter heutigen Bedingungen empfohlene Reihenfolge der nach und nach zu sanierenden Objekte **unter Berücksichtigung** der Bedingungen des **NKF** (s. Abschnitt 4.6.1 „Aus der Sicht des Kämmerers“)
- Prioritätenliste 2 (s. auch Abb. 8.3., Spalte 11): Unter heutigen Bedingungen empfohlene Reihenfolge der nach und nach zu sanierenden Objekte **ohne Berücksichtigung** der Bedingungen des **NKF**

Unter den jeweils verschiedenen Bedingungen der beiden Listen verschieben sich die Prioritäten z. T. erheblich.

Bei der Prioritätenliste 1 „Prioritäten unter Einbeziehung der Bedingungen des NKF“ galt es dabei, den Objekten mit Maßnahmenpaketen, die mindestens drei der vier vom BFH aufgelisteten Gewerke (Heizungsinstallation, Sanitärinstallation, Elektroinstallation und Fenster) beinhalten (s. Abschnitt 4.6.1 „Aus der Sicht des Kämmerers“) eine höhere Priorität zuzuordnen, damit die Maßnahmen insgesamt als investive Maßnahmen veranschlagt und über die Restnutzungsdauer abgeschrieben werden können. Ansonsten wären die Maßnahmen für die Kommunen aus derzeitiger Sicht wirtschaftlich nicht vertretbar und demzufolge nicht zu empfehlen.

In der tabellarischen Auflistung (Abb. 8.3)

wurden unter den Spalten 1 bis 5 diejenigen Gewerke, die Bestandteil der insgesamt empfohlenen / erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen waren, mit einem „x“ gekennzeichnet. Wenn dann bei mindestens drei Gewerken ein „x“ auftauchte, wurde das Objekt in der Spalte 5 mit drei Punkten (▪ ▪ ▪) bewertet.

Der nächste wesentliche Punkt für eine hohe Priorität war der Bauzustand der untersuchten Objekte. Objekte mit einem sehr akuten Instandsetzungsbedarf rückten in der Priorität nach oben und wurden in der Spalte 6 „Gebäudezustand“ mit zwei Punkten

(▪ ▪) bewertet; denn die Empfehlung, die sich wie ein „roter Faden“ durch das gesamte Projekt zieht, heißt „Sanierung mit Passivhauskomponenten im Rahmen der natürlichen Instandsetzungszyklen“. Objekte mit einem noch nicht sehr dringendem Instandsetzungsbedarf wurden mit einem Punkt (▪) bewertet. Objekte ohne Instandsetzungsbedarf erhielten demzufolge keinen Punkt.

Die Objekte mit den höchsten Punktzahlen (Abb. 8.3, Spalten 8 und 10) erhielten dementsprechend höhere Prioritäten. Bei Objekten mit derselben Punktzahl wurde zusätzlich die Wirtschaftlichkeit der jeweils vorgeschlagenen Maßnahmen zur Festlegung der Rangfolge herangezogen (Abb. 8.3, Spalte 7 „Investkosten/Einzusparende Energiekosten) und zwar ohne Berücksichtigung der Sanierung haustechnischer

Anlagen, da diese bei akutem Instandsetzungsbedarf ohnehin zu sanieren wären (eine Schule ohne funktionsfähige haustechnische Anlagen ist unbenutzbar).

In Abb. 8.3 ist als Zusatzinformation in den Fällen, in denen noch kein akuter Handlungsbedarf bezüglich der Sanierung der Heizungsinstallation besteht, die Restlebensdauer der Heizungsanlage entsprechend dem Alter angegeben.

Die Objekte wurden schließlich, beginnend mit der „1“ für das wirtschaftlichste Objekt in numerischer Reihenfolge mit ansteigenden Ziffern gelistet (Abb. 8.3., Spalten 9 und 11).

Die Pavillons der Grundschule St. Barbara sowie die Turnhalle Oidtweiler weisen neben einem ohnehin sehr schlechten Dämmstandard einen insgesamt allgemein schlechten Bauzustand auf. Für diese Gebäude wäre zu empfehlen, nicht nach der Prioritätenliste vorzugehen sondern die Nutzungsdauer unter Einsatz niedrigstmöglicher Investkosten auszunutzen und durch Neubauten zu ersetzen sobald Bedarf besteht.

Untersuchte Objekte	In NKF aufgelistete Gewerke							Prioritätenliste			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Heizungs- installation	Sanitär- installation	Elektro- installation	Fenster	Bewertung NKF	Gebäude- zustand	Investitionen/ einzusparende Energiekosten ¹⁾	mit NKF - Betrachtung		ohne NKF - Betrachtung	
							Punkte ³⁾	Priorität ²⁾	Punkte ⁴⁾	Priorität ²⁾	
Gymnasium	x	x	x	x	....	..	20,68**	1	..	1****	
Turnhalle	x	x	x	x	....	.	20,68**	2	.	2****	
Realschule Setterich	5*	x	x				75,20	21			21
Turnhalle "Am Weiher"	5*	x	x				77,18	16	.		16
Grundschule Barbaraschule	5*	x	x				87,18	17	.		17
Grengrachschule	x	x	x	x	....	..	75,54	5	..		7
Turn- und Schwimmhalle Grengracht		x		x		..	21,90	8	..		4
MZH Grabenstraße				x			81,98	22			22
Geotheschule	6*	x	x	x	....	..	70,56	4	..		5
Friedenschule	6*		x	x		.	43,65	11	.		11
Hallenbad Baesweiler		x	x	x	....	..	***	3	..		3***
Grundschule Loverich	x		x				68,30	20			20
Grundschule Beggendorf	x		x	x	....	.	27,04	7	.		10
MZH Loverich							61,78	18			18
Grundschule Oidweiler							95,13	23			23
Turnhalle Oidweiler	x	x	x	x	....	..	124,87	6	..		9
Turnhalle Wolfsgasse	8*		x				66,11	19			19
Andreasschule	8*		x	x		.	57,33	14	.		14
Service Center	x		x			..	74,46	9	..		6
Empfang	x		x			.	74,46	15	.		15
Halle			x			.	74,46	15	.		15
Rathaus Baesweiler	6*		x	x		.	44,77	12	.		12
Rathaus Setterich	5*		x	x		.	54,61	13	.		13
Ehem. Wohnung "An der Burg"	8*	x		x		..	88,45	10	..		8

Abb. 8.3 Tabellarische Auflistung der Bewertungskriterien als Grundlage für die Prioritätenlisten 1 und 2

- * Restlebensdauer Heizanlage
- ** ohne Berücksichtigung der Förderung durch das Land Nordrhein-Westfalen
- *** Keine Betrachtung Relation Investitionen/einzusparende Energiekosten: Die Stadt Baesweiler prüft auf der Grundlage der Untersuchung u.a das Hallenbad in Baesweiler energetisch zu sanieren/zu modernisieren, Ziel : CO₂ - neutrales Schwimmbad. Für diese Maßnahme sind Fördergelder (mit einer hohen Chance auf Bewilligung) beantragt worden.
- **** unter Berücksichtigung der Förderung durch das Land Nordrhein-Westfalen
- 1) s. Abb. 4.2
- 2) unter Einbeziehung der Wirtschaftlichkeit (Spalte 7) bei gleicher Gesamtpunktzahl
- 3) Summe Spalten 5 und 6
- 4) Spalte 6

Aus Abb. 8.3 „Tabellarische Auflistung der Bewertungskriterien als Grundlage für die Prioritätenlisten“ ergibt sich:

Prioritätenliste 1 (Prioritäten unter Berücksichtigung der Bedingungen des NKF)

- 1 Gymnasium, Trakte 1-4
- 2 Gymnasium Turnhalle
- 3 Hallenbad Baesweiler
- 4 Goetheschule
- 5 Grengrachtschule
- 6 Turnhalle Oidtweiler
- 7 Grundschule Beggendorf
- 8 Turn- und Schwimmhalle Grengracht
- 9 ITS, Service-Center
- 10 Ehemaliges Wohnhaus „An der Burg“
- 11 Friedensschule
- 12 Rathaus Baesweiler
- 13 Rathaus Setterich
- 14 Andreasschule
- 15 ITS, Empfang
- 15 ITS, Halle
- 16 Turnhalle „Am Weiher“
- 17 Grundschule Barbaraschule
- 18 MZH Loverich
- 19 Turnhalle Wolfsgasse
- 20 Grundschule Loverich
- 21 Realschule Setterich
- 22 MZH Grabenstraße
- 23 Grundschule Oidtweiler

Sofern Einzelmaßnahmen, die eine besonders hohe Energieeinsparung mit sich bringen würden, mit Blick auf das NKF als „wesentliche Verbesserung“ bewertet wür-

den, auch wenn eben nicht drei der vier vom BFH genannten Gewerke betroffen sind, würden sich die von den Verfassern vorgeschlagenen Prioritäten deutlich verschieben.

Insofern kann der Stadt Baesweiler nur angeraten werden, zur Entscheidungsfindung die jeweils aktuellen Bedingungen und selbstverständlich auch die für die Stadt dann besonders relevanten Kriterien, die sich mit fortschreitender Zeit (veränderter Bedarf usw.) durchaus ändern können, gebührend zu wichten und dann zur endgültigen Entscheidungsfindung heranzuziehen; denn ohne Berücksichtigung des NKF ergibt sich unter ansonsten identischen Bewertungskriterien nach Abb. 8.3 eine andere Reihenfolge der vorgeschlagenen Maßnahmen, nämlich die Prioritätenliste 2 (s. auch Abb. 8.3, Spalte 11).

Prioritätenliste 2 (Prioritäten ohne Berücksichtigung der Bedingungen des NKF)

- 1 Gymnasium, Trakte 1-4
- 2 Gymnasium Turnhalle
- 3 Hallenbad Baesweiler
- 4 Turn- und Schwimmhalle Grengracht
- 5 Goetheschule
- 6 ITS, SC
- 7 Grengrachtschule
- 8 Ehemaliges Wohnhaus „An der Burg“
- 9 Turnhalle Oidtweiler
- 10 Grundschule Beggendorf
- 11 Friedensschule
- 12 Rathaus Baesweiler
- 13 Rathaus Setterich
- 14 Andreasschule

- 15 ITS, Empfang
- 15 ITS, Halle
- 16 Turnhalle „Am Weiher“
- 17 Grundschule Barbaraschule
- 18 MZH Loverich
- 19 Turnhalle Wolfsgasse
- 20 Grundschule Loverich
- 21 Realschule Setterich
- 22 MZH Grabenstraße
- 23 Grundschule Oidtweiler

Die Prioritäten können sich jederzeit auch aus politischen Gründen ändern (z. B. aktueller demografischer Bedarf), die nicht Gegenstand der Untersuchung waren und somit auch nicht in die Prioritätenlisten eingegangen sind.

So waren es politische Gründe, dem Gymnasium (Trakte 1-4) einschließlich der Turnhalle die Priorität 1 zuzuordnen; denn für die energetische Sanierung des Gymnasiums einschließlich der Turnhalle auf Passivhausstandard wurde der Stadt Baesweiler ein Landeszuschuss in Höhe von ca. 4,9 Mio € bewilligt.

Die Sanierung der Trakte 1-4 des Gymnasiums und der Turnhalle auf Passivhausstandard wurde erst durch den Landeszuschuss wirtschaftlich vertretbar (s. hierzu auch Abb. 4.3 und 8.3).

Für das weitere Vorgehen ist der Stadt Baesweiler zu empfehlen, vor der jeweils endgültigen Entscheidung, welches Objekt gerade saniert werden soll, die aktuellen Rahmenbedingungen (Kapitalzins, Energiekostenentwicklung, Gesamtherstellungskosten usw.) noch einmal zu prüfen; denn es ist nicht auszuschließen, dass für das eine oder andere Objekt die Entscheidung dann eine andere sein kann.

8.6 Nutzerschulung

Während der Gebäudebegehungen wurde erkannt, dass den Nutzern nicht unbedingt klar ist, wie sie ein behagliches Raumklima mit geringem Energieeinsatz herstellen. Immerhin hat der Nutzer mit dem Fenster, dem Thermostatventil und teilweise auch mit einem Kühlgerät mehrere Einflussmöglichkeiten auf das Raumklima. Durch Fehlbedienung wird die Behaglichkeit allerdings eingeschränkt und auch ein erhöhter Energiebedarf ist die Folge.

Eine Nutzerschulung würde ca. 45 min dauern und würde für jeweils 30 Personen durchgeführt werden können. Inhalte der Schulung sind:

- Sensibilisierung für die Themen
Energiekosten und Umweltschutz
- Überblick: Energiebedarf
- Empfehlungen zur Raumlüftung
- Empfehlungen zur Raumbeheizung
- Empfehlungen zur Bedienung der Beleuchtung
- Was bedeuten Standby-Verluste
- Richtiger Umgang mit Lastmanagement („Abwurf“ bestimmter elektrischer Verbraucher zur Reduzierung von Lastspitzen)

Jeder Teilnehmer sollte anschließend einen Ratgeber mit 1-2 Seiten Text bzw. Grafik erhalten.

Durch diese Schulung wären eine optimierte Nutzung der technischen Einrichtungen und damit eine Energieeinsparung erzielbar. Eine Schätzung der Einsparung ist seriös nicht möglich.

Folgend sind einige einfache Maßnahmen

beschrieben, die ohne großen Aufwand durch die Nutzer bzw. durch den Hausmeister oder ggf. durch den Träger umgesetzt werden können:

- Die Reinigung von Reflektoren, Gitter-Rastern oder Abdeckungen kann die Lichtausbeute u. U. erheblich verbessern (mit Luxmeter nachmessen).
- Die Raumflächen sollten möglichst hell sein: bei Neuanstrich bzw. Renovierung beachten (Einsparungen bis 30% sind möglich).
- Scharniere/Beschläge nachjustieren und Fugen mit Lippenichtung bzw. Bürsten abdichten (Hausmeister bzw. Gebäudemanagement der Stadt hinzuziehen).

9 Fazit

Sowohl aus rein ökonomischer Sicht wie auch aus Gründen der Nachhaltigkeit bleibt den Entscheidungsträgern rational betrachtet immer nur die Wahl zwischen einer Komplettsanierung im Passivhausstandard oder notwendiger Bauteilerneuerungen mit Passivhauskomponenten (z. B. Fenster mit Dreifachverglasung) bzw. schrittweise energetische Ertüchtigung der einzelnen Gebäudehüllflächen (Dach, Fassade usw.) mit U-Werten, die dem Passivhausstandard entsprechen, sofern nicht im Einzelfall Abriss und Neubau gewählt werden.

Um die jeweils aktuell richtige Entscheidung treffen zu können, ist allen Entscheidungsträgern dringend anzuraten, die in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen für das jeweils zur Entscheidung anstehende Gebäude durchzuführen. Dies kann auch schon -wie im Fall der Stadt Baesweiler- „im Vorfeld“ geschehen. Zum Zeitpunkt der konkreten Entscheidung sind dann die Parameter

- aktuelle Herstellungskosten (für zahlreiche gerade für Passivhausstandard erforderliche Bauteilkomponenten haben sich durch erhöhte Serienproduktion in der Vergangenheit die Kosten erheblich reduziert)
- für den Betrachtungszeitraum zu erwartende Energiekosten
- aktueller Kapitalzins
- aktuelle Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten anzupassen.

Bei nur notwendiger Bauteilerneuerung kann die richtige Entscheidung immer nur lauten:

„Erneuerung mit Passivhauskomponenten“, d.h. für die Gebäudehüllflächen: U-Werte anstreben, die dem Passivhausstandard entsprechen.

Für die Haustechnik heißt das: Hochenergieeffiziente Technik, kontrollierte Lüftungsanlage mit WRG u.a. und vor allem: Eine von Anfang an integrative Planung unter frühzeitiger Einbeziehung erfahrener Fachingenieure.

Nur so sind langfristig betrachtet die Gebäudebetriebskosten zu minimieren und ein optimaler Energiestandard zu erreichen und für lange Zeit nicht mehr korrigierbare Fehlentscheidungen zu vermeiden, die später bereuen würde.

Umweltrelevanz

Der durchschnittliche Heizenergieverbrauch bei 19 der 21 untersuchten Gebäude liegt laut Grobanalyse der VIKA Ingenieur GmbH (s. Abschnitt „Eigene Vorarbeiten und bisherige Aktivitäten auf dem Gebiet“) bei 164 kWh/m²a, wobei die Werte bei diesen 19 Gebäuden zwischen 60 kWh/m²a und 380 kWh/m²a schwanken.

In diesen Durchschnittswert 164 kWh / m²a nicht einbezogen sind die Turn- und Schwimmhalle Grengracht und das Hallenbad Parkstraße, die mit einem Heizenergieverbrauch von 540 kWh/m²a

und 3.100 kWh/m²a bedingt durch ihre Sonderfunktion Hallenbad logischerweise deutlich aus dem Rahmen fallen.

Das Gebäudealter der 19 o. g. den Durchschnittswert bildenden Objekte liegt zwischen 94 Jahren und nur einem Jahr (erste bzw. letzte durchgeführte Baumaßnahme). Der Gebäudebestand insgesamt ist also noch lange nicht abgängig.

Mit Blick auf das ehrgeizige Ziel der EU-Kommission, innerhalb der EU mittelfristig den Passivhausstandard für Neubauten als energetischen Mindeststandard verbindlich vorzuschreiben, klafft hier eine große Lücke. Gegenüber dem künftigen europaweiten energetischen Mindeststandard liegen in dem in der Grobanalyse erfassten Gebäudebestand erhebliche Einsparpotentiale, die die Stadt Baesweiler erschließen will.

Um die daraus resultierende Umweltentlastung „Größtmögliche Reduzierung des Heizenergieverbrauchs bei gleichzeitiger Minimierung des Primärenergieverbrauchs“ zu optimieren, ist es zwingend erforderlich, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Allein die größte Abweichung von dem ehrgeizigen Ziel der EU-Kommission beispielsweise kann nicht zwangsläufig ein bestimmtes Gebäude auf die erste Stelle einer möglichen Prioritätenliste setzen. Hierzu bedarf es der Berücksichtigung vieler einzelner Einflussfaktoren, um ein langfristig optimales Ergebnis zu erreichen. Mittelfristiges Ziel der Stadt Baesweiler muss es sein, entweder durch sofortige Komplettsanierung einzelner Ge-

bäude auf PH-Standard oder durch Sanierung mit Passivhauskomponenten, den Heizenergieverbrauch der unter Abschnitt „Zielsetzung des Vorhabens“ aufgelisteten städtischen Gebäude nach und nach zu minimieren.

Es bleibt im Sinne einer nicht nur wirtschaftlichen sondern auch ökologischen und vor allem insgesamt nachhaltigen Entwicklung festzuhalten, dass bei Durchführung jedweder Sanierungsmaßnahmen möglichst auch dem PEI (Primärnergieinhalt) der zu verwendenden Baustoffe und Materialien ausreichende Berücksichtigung zukommt!

Excel-Tabelle als Entscheidungshilfe

In den meisten Fällen würden Kommunen sich für die nächsten Jahre mit der Entscheidung, in welcher Reihenfolge die Sanierung der jeweiligen Objekte angegangen werden soll, an der einmal erarbeiteten Prioritätenliste (Abb. 8.3) orientieren.

Da aber nicht davon ausgegangen werden kann, dass die zur Entscheidung herangezogenen Parameter auch in Zukunft unverändert bleiben, sondern viel eher davon auszugehen ist, dass sich die für die Entscheidungsfindung „Welches Objekt erhält welche Priorität?“ wesentliche Parameter ändern, sind im Zusammenhang mit dieser Projektstudie zwei einfach zu nutzende Excel-Tabellen entstanden (Abb. 9.1 und 9.2), die nach diesem Muster weiter entwickelt werden könnten.

In diese Tabellen wären für das jeweilige zur Entscheidung

„Sofortige Gesamtsanierung ja oder nein?“

anstehende Objekt die variablen Parame-

ter einzutragen:

- Herstellungskosten (ergeben sich aus den jeweils gültigen Kosten der Einzelpositionen zu den gewählten Ausführungsstandards/-konstruktionen inklusive Sowieso-kosten)
- Kapitalzinsen
- Aktuelle Energiekosten
- Angenommene Energiekostensteigerung
- Aktuell in Anspruch zu nehmende Förderungen (Zuschüsse/zinsverbilligte Darlehen u. a.)

Diese Eintragungen können auch Nicht-fachleute vornehmen. Auf Knopfdruck würden sich dann die jährliche Energiekosteneinsparung (Minuend) und der zu leistende Kapitaldienst (Subtrahend) sowie die sich daraus ergebende Differenz (Minuend-Subtrahend) ergeben. Bei einer positiven Differenz rechnet sich die Sanierung auf Passivhausstandard zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung dann vom ersten Tag an (Muster der entsprechenden Excel-Tabelle s. Abb. 9.1). Durch die Nutzung dieser Excell-Tabellen wird die Stadt in die Lage versetzt, zu jeder Zeit aktuell die Wirtschaftlichkeit der eventuell anstehenden Maßnahme beurteilen zu können.

Öffentlichkeitsarbeit

Die Projektergebnisse sollen insbesondere auch anderen Kommunen dabei helfen, künftig die strategisch richtigen Entscheidungen zu treffen, z. B. u. a. bei der Beantwortung der Frage „Steigerung der Sanierungsrate oder Erhöhung der Sanierungsdichte?“

Die Ergebnisse stehen neben der Stadt Baesweiler selbstverständlich auch allen anderen Kommunen zur Verfügung. Sie sollen in entsprechenden Amtsblättern u.ä. auf das Projekt mit seinen Ergebnissen aufmerksam machen. Auch dem Passivhaus Institut sollten die Projektergebnisse als Beratungs- und Argumentationshilfe zugänglich gemacht werden. Ggf. sollten diese auch auf einer der nächsten Internationalen Passivhaustagungen (eventu-

ell schon am 29/30.05.2010 in Dresden) möglicherweise auch in Verbindung mit einem entsprechendem Posterbeitrag zur Internationalen Passivhaustagung vorgestellt werden.

Die Umwelt-, Bau- und Wirtschaftsministerien des Bundes und der Länder sowie die jeweiligen Energieagenturen, die im Bereich „Energieeffizienz“ viel Aufklärungs- und Beratungsarbeit leisten, sollten über das Projekt und seine Ergebnisse in Kenntnis gesetzt werden.

Die Projektergebnisse beinhalten z.T. wertvolle Erkenntnisse mit Blick auf künftige Förderpolitik und auf ggf. anzupassende gesetzliche Anforderungen (s.Abschn. 9.2 „Empfehlungen an die Politik“)

Objekt: Grengrechtschule		Sanierung auf Passivhausstandard		Datum: 27.08.2009	
Zinsen Fremdkapital:	4,50% /a	Heizenergiekosten:	0,08 €/KWh	Annahme jährliche Steigerung der Energiekosten:	5,0%
Tilgung:	1,50% /a	Heizenergieverbrauch vor San.:	1.072,782 kWh	Heizenergieverbrauch nach San.:	50,130 kWh
Laufzeit Kredit: (Formel)	a	Baudex Erstaufstellung:	110,5	Baudex Aktualisierung:	110,5
Förderung Zuschuss:	0 €	Ansatz Baubeckenkosten:	18 %		

U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert
[W/m²K]	[W/m²K]	[W/m²K]	[W/m²K]	[W/m²K]	[W/m²K]
Wand 1	Dach 1	Sohle 1	Fenster 1	Haustechnik 1	
Fläche [m²]: 1.153,00	Fläche [m²]: 223,80	Fläche [m²]: 303,90	Fläche [m²]: 484,30	Fläche [m²]: 484,30	
Nebenarb./m²: 227,00 €	Nebenarb./m²: 58,00 €	Nebenarb./m²: 182,00 €	Nebenarb./m²: 828,00 €	Nebenarb./m²: 828,00 €	
Dämmung/m²: 0,00 €	Dämmung/m²: 0,00 €	Dämmung/m²: 0,00 €	Dämmung/m²: 0,00 €	Dämmung/m²: 0,00 €	
Wand 2	Dach 2	Sohle 2	Fenster 2	Haustechnik 2	
Fläche [m²]: 108,10	Fläche [m²]: 787,60	Fläche [m²]: 145,30	Fläche [m²]: 651,55	Fläche [m²]: 651,55	
Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 78,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	
Wand 3	Dach 3	Sohle 3	Fenster 3	Haustechnik 3	
Fläche [m²]: 573,00	Fläche [m²]: 196,20	Fläche [m²]: 485,50	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	
Nebenarb./m²: 227,00 €	Nebenarb./m²: 26,00	Nebenarb./m²: 182,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	
Wand 4	Dach 4	Sohle 4	Fenster 4	Haustechnik 4	
Fläche [m²]: 119,20	Fläche [m²]: 1.314,80	Fläche [m²]: 773,30	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	
Nebenarb./m²: 227,00 €	Nebenarb./m²: 20,00	Nebenarb./m²: 115,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	
Wand 5	Dach 5	Sohle 5	Fenster 5	Haustechnik 5	
Fläche [m²]: 71,10	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	
Nebenarb./m²: 227,00 €	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	
Wand 6	Dach 6	Sohle 6	Fenster 6	Haustechnik 6	
Fläche [m²]: 408,30	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	
Nebenarb./m²: 227,00 €	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	
Wand 7	Dach 7	Sohle 7	Fenster 7	Haustechnik 7	
Fläche [m²]: 151,10	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	
Nebenarb./m²: 125,00 €	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	
Wand 8	Dach 8	Sohle 8	Fenster 8	Haustechnik 8	
Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	Fläche [m²]: 0,00	
Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	Nebenarb./m²: 0,00	
Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	Dämmung/m²: 0,00	

gesamt	gesamt	gesamt	gesamt	Kosten Technik:
Fläche [m²]: 2.584	Fläche [m²]: 2.522	Fläche [m²]: 1.708	Fläche [m²]: 1.136	401.000 €
U-Wert: 0,108 W/m²K	U-Wert: 0,099	U-Wert: 0,183	U-Wert: 0,1710	0 €
Gesamtkosten Wände: 546.572 €	Gesamtkosten Dach: 105.810 €	Gesamtkosten Sohle: 232.600 €	Gesamtkosten Fenster: 401.000 €	0 €
Gesamtkosten Hülle: 1.285.983 €	Gesamtkosten Technik: 0 €	Baubeckenkosten: 231.477 €	Gesamtkosten: 1.517.460 €	
Summe Hüllfläche: 7.950	mittlerer U-Wert (H): 0,350 W/m²K	Summe Kosten (nach Abzug Förderung): 1.517.460 €		

Energiekosteneinsparung im ersten Jahr	Energiekosteneinsparung im 10. Jahr	Energiekosteneinsparung im 20. Jahr	Energiekosteneinsparung im 30. Jahr
81.812 €	126.917,5 €	206.735,3 €	336.749,9 €
Kapitaldienst pro Jahr (Zinssatz siehe oben, Tilgung siehe oben)			
DIFFERENZ Aufwand / Ersparnis im ersten Jahr			
-91.048 €			
-9.235 €			

Abb. 9.1 Sanierung auf Passivhausstandard

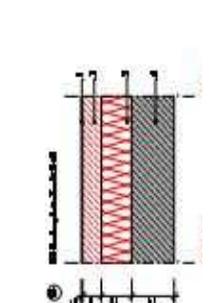
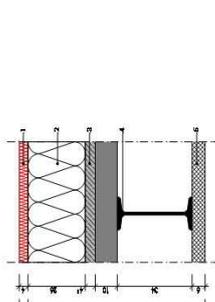
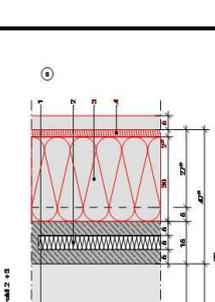
GRENZGACHTSCHULE														
Kapitalzinsen		5	%	Energiekosten		0,07	€/kWh	Angenommene Energiekostensteigerung (ø/30a)		6	%			
Tilgung		1,5	%	Heizgradstunden		74400	h	Förderung/Zuschuss		0	€			
WÄNDE			DECKE / DACH			BODEN / SOHLE			FENSTER			HAUSTECHNIK		
Fläche	500	m ²	Fläche	500	m ²	Fläche	0	m ²	Fläche	0	m ²	Energiebezugsfläche	0,00	m ²
U-Wert vor Sanierung	1,85	W/m ² K	U-Wert nach Sanierung	0,124	W/m ² K	U-Wert vor Sanierung	1,2	W/m ² K	U-Wert nach Sanierung	0	W/m ² K	U-Wert vor Sanierung	0	W/m ² K
U-Wert nach Sanierung	0,124	W/m ² K	U-Wert nach Sanierung	0,124	W/m ² K	U-Wert nach Sanierung	0	W/m ² K	U-Wert nach Sanierung	0	W/m ² K	Energieeinsparung/a	0	W/m ² K
														
1. Nebenarbeiten	25	€/m ²	1. Nebenarbeiten	25	€/m ²	1. xxx	0	€/m ²	1. xxx	0	€/m ²	1. xxx	0	€
2. Bestandssanierung	18	€/m ²	2. Bestandssanierung	18	€/m ²	2. xxx	0	€/m ²	2. xxx	0	€/m ²	2. xxx	0	€
3. WDVS	65	€/m ²	3. WDVS	65	€/m ²	3. xxx	0	€/m ²	3. xxx	0	€/m ²	3. xxx	0	€
4. xxx	0	€/m ²	4. xxx	0	€/m ²	4. xxx	0	€/m ²	4. xxx	0	€/m ²	4. xxx	0	€
5. xxx	0	€/m ²	5. xxx	0	€/m ²	5. xxx	0	€/m ²	5. xxx	0	€/m ²	5. xxx	0	€
Σ Kosten inkl. "Sowiesokosten"	108	€/m ²	Σ Kosten inkl. "Sowiesokosten"	108	€/m ²	Σ Kosten inkl. "Sowiesokosten"	0	€/m ²	Σ Kosten inkl. "Sowiesokosten"	0	€/m ²	Σ Kosten inkl. "Sowiesokosten"	0	€/m ²
Σ Kosten	54000	€	Σ Kosten	54000	€	Σ Kosten	0	€	Σ Kosten	0	€	Σ Kosten	0	€
Energieeinsparung /a	4.495	€	Energieeinsparung /a	2.802	€	Energieeinsparung /a	0	€	Energieeinsparung /a	0	€	Energieeinsparung /a	0	€
Kapitaldienst /a	3.510	€	Kapitaldienst /a	3.510	€	Kapitaldienst /a	0	€	Kapitaldienst /a	0	€	Kapitaldienst /a	0	€
ÜBERSCHUSS	985	€	DEFIZIT	-708	€	DEFIZIT	0	€	DEFIZIT	0	€	DEFIZIT	0	€

Abb. 9.2 Prüfwerkzeug

10 Literaturverzeichnis

- [EnEV09] Online-Fassung EnEV 2009 - Energieeinsparverordnung für Gebäude, amtliche Fassung Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009, Teil 1, Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 30. April 2009 (www.enev-online.org/enev_2009_volltext/enev_2009_0_090430_bundesgesetzblatt_amtliche_fassung_lesversion.pdf)
- [PasProt04] Protokollband Nr. 27 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase III, „Wärmeverluste durch das Erdreich“, Passivhausinstitut; Darmstadt 2004
- [PasProt05] Protokollband Nr. 32 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase III, „Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung“, Passivhausinstitut; Darmstadt 2005
- [PasProt06] Protokollband Nr. 33 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase III, „Passivhaus-Schulen“, Passivhausinstitut; Darmstadt 2006
- [Bre08] BRETZKE, A.: Beleuchtungssanierung in 10 Schulen (Standards, internes Contracting). Hochbauamt Frankfurt am Main, 2008.
- [DIN05] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN 277-1: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 1: Begriffe, Ermittlungsgrundlagen. Beuth Verlag, Berlin 2005
- [DIN05-2] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN EN ISO 7730:2005: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005. Beuth Verlag, Berlin 2001
- [DIN07] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN EN 13779:2007-09: Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme; Deutsche Fassung EN 13779:2007. Beuth Verlag, Berlin 2007
- [DIN07-2] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Beuth Verlag, Berlin 2007
- [DIN83] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN 5035-4: Beleuchtung von Unterrichtsstätten. Beuth Verlag, Berlin 1983
- [Ene09] ENERGIEEINSPARVERORDNUNG FÜR GEBÄUDE – EnEV 2009: Verkündung im Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2009, Teil I, Nr. 23., Seite 954 bis 989; Bundesanzeiger Verlag, 30. April 2009, #

- [Henn00] HENNINGS, D et al: Leitfaden elektrische Energie im Hochbau - LEE. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2000.
- [Hoc09] HOCHBAUAMT DER STADT FRANKFURT AM MAIN : Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2009. Magistrat der Stadt Frankfurt am Main, Frankfurt am Main, 2009
- [Jan03] JANZEN, H.: Beleuchtungssanierung in Schulen und Sporthallen. Energiestiftung Schleswig Holstein, 2003.
- [Jan03-2] JANZEN, H.: Wassersparende Duschköpfe und WC-Anlagen. Energiestiftung Schleswig Holstein, 2003.
- [VDI00] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.: VDI 3807-3: Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude und Grundstücke. Düsseldorf, 2000.
- [VDI00-2] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.: VDI 2067-1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf, 2000.
- [VDI07] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.: VDI 3807-1: Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude – Grundlagen. Düsseldorf, 2007.
- [VDI08] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.: VDI 3807-4: Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude- Teilkennwerte elektrische Energie. Düsseldorf, 2008.
- [VDI98] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.: VDI 3807-2: Energieverbrauchskennwerte für Gebäude- Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte. Düsseldorf, 1998.
- [Pas07] PASSIVHAUS-INSTITUT: Handbuch zum Passivhaus Projektierungspaket 2007. Passivhaus-Institut, Darmstadt, 2007.
- [PKP07] PEPPER, S.; KAH, O.; PFLUGER, R.; SCHNIEDERS, J.: Passivhausschule Frankfurt Riedberg – Messtechnische Untersuchung und Analyse. Passivhaus-Institut. 2007.
- [Zei07] ZEINER, C. et al.: Verbrauchskennwerte 2005 – Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland. ages GmbH, 2007.

ANHANG

Liste empfehlenswerter Energieverbraucher

		Standby oder Sleep				
		Durchschnittliche Leistung in W		Standbybetr. Std./ Tag	Energieverbrauch/a in kWh	
Gerät	Info	Effizientes Modell	Ineffizientes Modell		Effizientes Modell	Ineffizientes Modell
PC Monitore	19 Zoll Flach	0,4	2	20	1,5	7,6
PC	Arbeitsplatz	2,5	5	20	9,5	19
Drucker	Inkjet A4	0,2	14,8	20	1,5	108
Drucker	Inkjet MFD A4	1	14	20	7,3	102,2
Drucker	Laser > 21 S/r	6	45	20	43,8	328,5
Faxgerät		1,6	7,6	24	13,1	66,6

		Betrieb				
		Durchschnittliche Leistung in W		Betrieb Std./ Tag	Energieverbrauch/a in kWh	
Gerät	Info	Effizientes Modell	Ineffizientes Modell		Effizientes Modell	Ineffizientes Modell
PC Monitore	19 Zoll Flach	29	110	4	22	84
PC	Arbeitsplatz	26	92	4	20	70
Drucker	Inkjet A4			unregelm.		
Drucker	Inkjet MFD A4			unregelm.		
Drucker	Laser > 21 S/r			unregelm.		
Faxgerät				unregelm.		

DVD

Inhalte:

- A) Zusammengefasste Ergebnisse
- DBU-Studie „Energetische Optimierung kommunaler Bestandsgebäude Stadt Baesweiler – Integrale Planungsphase“
 - Projektsteckbriefe der einzelnen Objekte
 - Kurztools zur Erfassung der Investitionskosten KG 300
- B) Daten und Berechnungen der Einzelprojekte
- Gymnasium mit Turnhalle
 - Turnhalle ‚Am Weiher‘
 - Grundschule ‚St. Barbara‘
 - Realschule Setterich
 - Grundschule Grengracht
 - Turn- und Schwimmhalle Grengracht
 - Grundschule ‚Friedenschule‘
 - Hauptschule ‚Goetheschule‘
 - Mehrzweckhalle Grabenstraße
 - Hallenbad Parkstraße
 - Grundschule Loverich
 - Mehrzweckhalle Loverich
 - Grundschule Oidtweiler
 - Turnhalle Oidtweiler
 - Grundschule Andreasschule
 - Turnhalle Wolfsgasse
 - Rathaus Baesweiler
 - Rathaus Setterich
 - Wohnung ‚An der Burg‘
 - Grundschule Beggendorf
 - ITS- Internationales Technik- und Servicecenter

jeweils mit folgenden Einzelinhalten:

- o Berechnung Energiebezugsfläche
- o Berechnung der Hüllfläche
- o Berechnung des umbauten, beheizten Volumens
- o Passivhausprojektierungspaket (PHPP) – Bestandsgebäude
- o PHPP – Sanierung auf EnEV-Standard
- o PHPP – Sanierung mit Passivhauskomponenten
- o PHPP – Sanierung auf Passivhausstandard
- o Messungen
 - Temperaturen Winter (wenn vorhanden)
 - Temperaturen Sommer
 - Luftfeuchtigkeit (in Sommer)
 - CO₂-Gehalt (in Temp. Sommer und Winter)
 - Nutzerbefragung (in Temp. Sommer und Winter)
 - Thermografien
 - Blower-Door-Test
- o Pläne, soweit digital vorhanden oder erzeugt