

IBP-Bericht WB 148/2010

Auswirkung der novellierten Energieeinsparordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes (EEWärmeG) 2009 auf die Festlegungen im NEH-Beschluß der Landeshauptstadt Stuttgart

Untersuchungen durchgeführt
im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart,
Amt für Umweltschutz,
Abteilung Energiewirtschaft

**Hans Erhorn
Heike Erhorn-Kluttig
Anna Staudt**

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle
für Prüfung, Überwachung und
Zertifizierung
Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten
Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Institutsleitung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus
Sedlbauer

IBP-Bericht WB 148/2010

Auswirkung der novellierten Energieeinsparordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes (EEWärmeG) 2009 auf die Festlegungen im NEH-Beschluß der Landeshauptstadt Stuttgart

Untersuchungen durchgeführt im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart,
Amt für Umweltschutz, Abteilung Energiewirtschaft

Der Bericht umfasst
53 Seiten Text
9 Abbildungen

Stuttgart, 30. März 2010

Inhalt

1	Projekthintergrund	3
2	Projektumfang	6
3	Ausgewählte Gebäude	7
3.1	Wohngebäude	7
3.2	Nichtwohngebäude	8
4	Bewertungsmethoden	12
4.1	Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007	12
4.2	Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009	13
4.3	Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (EEWärmeG) 2009	19
5	Durchgeführte Berechnungen	20
5.1	Ergebnisse Wohngebäude	23
5.2	Ergebnisse Nicht-Wohngebäude	31
5.2.1	Schule	32
5.2.2	Kindergarten	37
5.2.3	Fertigungsgebäude	42
5.2.4	Sonderfall: fossil befeuerte Heiztechnik	47
5.2.5	Erweiterungsbauten	51
5.2.6	Empfehlungen für den Nicht-Wohnungsbau	51
6	Empfehlung für zukünftige städtische Anforderungen	52
7	Literatur	53

1 Projekthintergrund

Aufgrund intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es gelungen, den Energieverbrauch neu errichteter Gebäude auf einen Bruchteil dessen zu senken, den der bisherige Gebäudebestand benötigt. In den letzten Jahren hat sich die Niedrigenergiebauweise als Mindeststandard bundesweit durchgesetzt und hat somit den Stand der Technik bestimmt. Dies führte dazu, dass die Bundesregierung die Anforderungen an den Höchstwert des zulässigen Heizenergiebedarfs im Laufe der letzten 30 Jahre kontinuierlich verschärfen konnte. In Bild 1 ist am Beispiel eines Doppelhauses dargestellt, wie sich die Mindestanforderungen zwischen Ende der 70er Jahre bis heute verändert haben. Demgegenüber stehen die Erfolge der vorlaufenden Forschungsprojekte und die Entwicklung der innovativen Baupraxis, die es überhaupt erst erlaubten diese Anforderungverschärfungen zu realisieren. Für das Jahr 2012 ist von der Bundesregierung eine weitere Reduzierungen um etwa 30% geplant.

Entwicklung des energiesparenden Bauens

Primärenergiebedarf – Heizung [kWh/m²a]

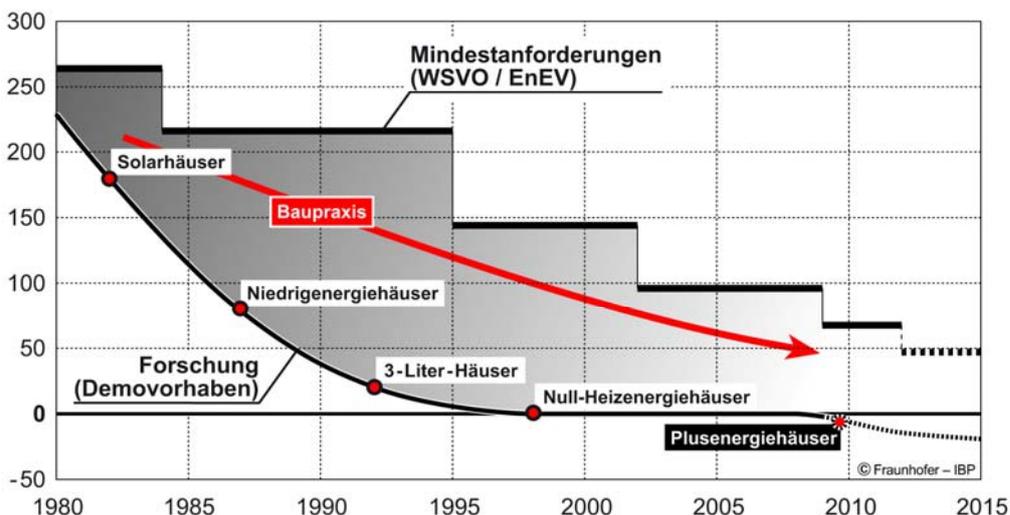


Bild 1: Entwicklung des energiesparenden Bauens in Deutschland am Beispiel des Primär-energiebedarfs von Doppelhäusern. Die obere Kurve stellt die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung (früher Wärmeschutzverordnung) dar, die untere die vorgelagerten Forschungsvorhaben des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, die eine entsprechende Entwicklung bei der Baupraxis auslösten.

Die Stadt Stuttgart ist eine der innovativen Kommunen in Deutschland, die seit über einem Jahrzehnt bereits höhere Anforderungen an Gebäude stellt, die auf städtischem Grundstücken errichtet werden, als dies die Energieeinsparverordnung (bzw. vorher die Wärmeschutzverordnung) für Neubauten fordert. Im Rahmen des Städtebauprojekts Stuttgart 21 wurde Ende der 90er Jahre im Beschluß des Gemeinderates festgehalten, daß alle Bauvorhaben im Gebiet, eine Unterschreitung der Anforderungen der damaligen Wärmeschutzverordnung um 30% sicherstellen müssen (NEH

Beschluß). Im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) zur Energieeinsparverordnung (EnEV), konnte in einer Studie des Fraunhofer IBP gezeigt werden, dass eine weitere Reduzierung des Heizenergiebedarfs ohne signifikante Mehrkosten erreicht werden kann. Daher erfolgte eine Anpassung des Stadtratsbeschlusses an die geänderten gesetzlichen Anforderungsparameter (Primärenergie anstatt Heizwärme) im Jahre 2003.

In den Folgejahren hatten sich die wirtschaftlichen Randbedingungen gegenüber 2003 weiter verändert. Die Energiekosten haben sich in Europa, wie Bild 2 zeigt, um etwa 100% erhöht, ohne dass sich die Investitionskosten im gleichen Masse verändert haben. Dieser Anstieg ist aufgrund des starken Eurokurses noch moderat ausgefallen; so hat sich der Ölpreis in Amerika im gleichen Zeitraum sogar verdreifacht.

Ölpreis – Entwicklung seit 1999

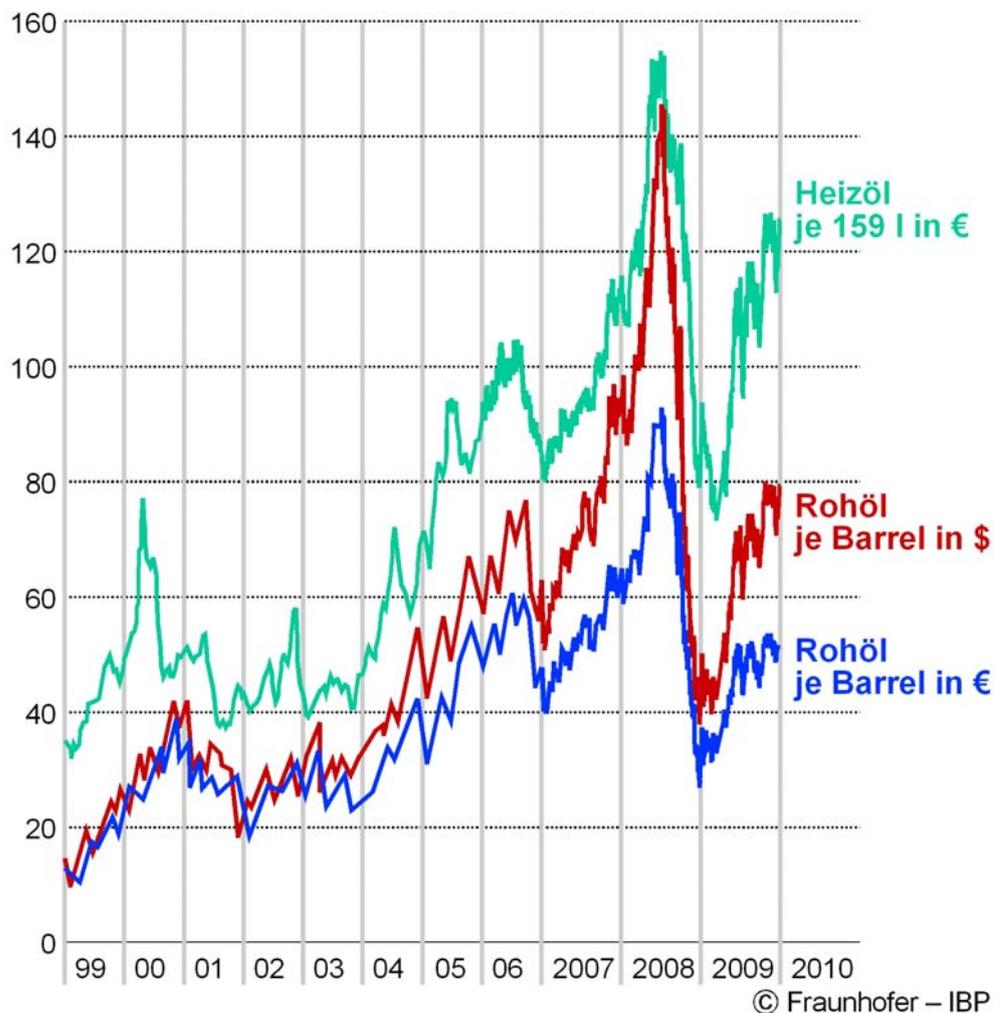


Bild 2: Entwicklung des Rohöl- und Heizölpreises in den letzten 10 Jahren.

Da die Anforderungen der 2007 novellierten Energieeinsparverordnung weiterhin auf den wirtschaftlichen Randbedingungen von 2003 basierten, wurde vom Stadtrat im Jahre 2008, unterstützt durch eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik an ausgewählten Gebäuden, die Mindestanforderungen weiter angehoben. Für Wohngebäude gelten seit 2008 die Anforderungen, die das Förderprogramm (KfW60) der KfW-Bank definiert als städtische Mindestanforderungen. Dies entsprach je nach Gebäudetyp einer Unterschreitung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2007 zwischen 30 und 40%. Für Nichtwohngebäude sind nach Stadtratsbeschluss die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2007 um 40% zu unterschreiten.

Im Oktober 2009 wurde die Energieeinsparverordnung erneut novelliert (EnEV 2009). Hierbei wurden die Anforderungen für Wohn- und Nichtwohngebäude im Mittel um 30% verschärft. Gleichzeitig wurde das Nachweisverfahren für Wohngebäude vollständig umgestellt. Darüberhinaus sind seit Januar 2009, ergänzend zu den Anforderungen der Energieeinsparverordnung, die Anforderungen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) einzuhalten. Das EEWärmeG verpflichtet Gebäudeeigentümer, ihren Wärmeenergiebedarf anteilig aus Erneuerbaren Energien zu decken. Die Pflicht beschränkt sich auf neue Gebäude, weil Erneuerbare Energien hier technisch einfacher, kosteneffizienter und sozialverträglicher eingesetzt werden können als in bestehenden Gebäuden. Genutzt werden können feste Biomasse, Geothermie, Solarthermie und Umweltwärme sowie Biogas und nachhaltig erzeugtes Pflanzenöl. Aufgrund des gesetzlichen Ziels, den Einsatz fossiler Energien in der Wärmeversorgung und den hierdurch verursachten Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren und dadurch den Klimaschutz zu fördern, lässt das Gesetz auch andere Klima schonende Maßnahmen zu: So können Gebäudeeigentümer anstelle von Erneuerbaren Energien auch Abwärme oder Wärme aus hocheffizienten KWK-Anlagen nutzen oder verstärkte Maßnahmen zur Energieeinsparung durchführen; hierdurch können ebenfalls erhebliche Treibhausgasemissionen eingespart und dadurch Beiträge zum Klimaschutz geleistet werden.

In Vorbereitung der Kopenhagener Klimaschutzkonferenz (COP 15) vereinbarten die EU Mitgliedsstaaten verbindlich, die EU Richtlinie zur Energieeffizienz von Gebäuden in Europa zu verschärfen. Hiernach müssen in den EU Mitgliedsländern bis 2020 (für öffentliche Gebäude bis 2018) die Anforderungen an Neubauten soweit verschärft werden, dass nur noch sog. Fast-Null-Energie-Gebäude (Nearly Zero Energy Buildings - NZEB) gebaut werden dürfen. Hierunter versteht die EU Kommission „very high performance buildings“, das sind Gebäude mit einem sehr niedrigen Energiebedarf (nahezu Null), der wesentlich aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden soll die am Gebäude oder in dessen Nähe verfügbar gemacht werden. Die EU Mitgliedsländer müssen spätestens bis 2015 Zwischenwerte auf dem Weg zum Fast-Null-Energie-Gebäude als Anforderung für Neubauten formuliert haben. Die öffentlichen Gebäude sollen in Europa eine Vorbildfunktion in Sachen Energieeffizienz übernehmen. Die Landeshauptstadt Stuttgart ist hier aufgrund seiner aktiven Rolle bei der Realisierung von Demonstrationsgebäuden (national: Niedrigenergieschule Moses, Altenheim Sonnenberg, Plus-Energie Sanierung Uhlandschule; europäisch: Pflegeheim Filderhof, Schule der Zukunft)

bereits gut aufgestellt und ist daher auf dem Wege eine europäische Leuchtturmposition einzunehmen.

In Bild 3 sind die vorgesehenen Schritte der europäischen Richtlinie den vorgesehenen Schritten der Energieeinsparverordnung gegenüber gestellt. In der rechten Graphik sind auch die jeweiligen Stadtratsbeschlüsse eingetragen. Aus der Graphik erkennt man, dass in Stuttgart in den letzten 10 Jahren, gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen, immer um 30 bis 40% verschärfte Anforderungen festgelegt waren. So fand das Anforderungsniveau der nächsten anstehenden EnEV um Jahre früher Anwendung. Die vom Bund für 2012 avisierte weitere Verschärfung der EnEV Anforderungen um 30% könnte daher für die künftigen Gemeinderatsanforderungen eine Richtmarke darstellen.

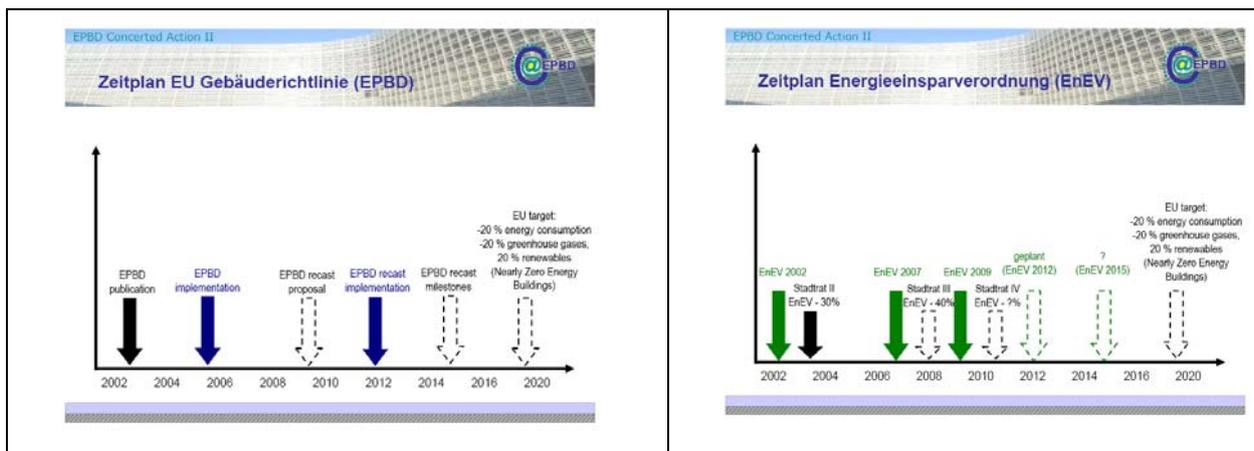


Bild 3: Anforderungsanpassungen bedingt durch die EU Gebäude richtlinie und die Energieeinsparverordnung in den letzten und den nächsten 10 Jahren.

Aufgrund der im Laufe des Jahres 2009 verschärften gesetzlichen Anforderungen an den Energiedarf von Neubauten, die einhergehen mit der vorgeschriebenen Nutzung erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung, wurde es erforderlich, die städtischen Anforderungen neu zu formulieren. Im folgenden Bericht, werden die Untersuchungen von 2008 im Lichte der neuen Anforderungen und der in naher Zukunft anstehenden nationalen und europäischen Veränderungen fortgeschrieben und um neue Anwendungsfälle ergänzt.

2 Projektumfang

An ausgewählten exemplarischen Gebäuden, die in den letzten Jahren errichtet wurden, wird untersucht, wie stark die städtischen Vorgaben aus dem Jahr 2008 die kombinierten Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009 und des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes 2009 unterschreiten. Aus den Untersuchungen kann ferner abgeleitet werden, mit welchen Mehraufwendungen welche Einsparung künftig erreicht wird kann und wie sich diese auf die Annuität der Gesamtmaßnahme auswirkt.

Die Untersuchungen wurden an ausgeführten Objekten durchgeführt, über die ausreichende Informationen zu Flächen, Wärmeschutzmaßnahmen und Wärmeversorgungskonzepten vorliegen, um den Arbeitsaufwand möglichst gering zu halten. Daher sind die Untersuchungen zum Wohnungsbau an zwei Objekten fortgeschrieben worden, die bereits in der Studie von 2003 [1] und in der von 2008 [2] verwendet wurden. Die Untersuchungen zum Nichtwohnungsbau wurden an den gleichen Gebäuden durchgeführt wie in der Studie 2008 [2]. Dies sind ein repräsentatives Schulgebäude, eine Kindertagesstätte und ein Mix aus Büro- und Fertigungsgebäude. Ergänzend zu den Gebäuden aus der Studie 2008 wurde noch ein Schulerweiterungsbau in die Untersuchungen mit aufgenommen. Die zugrunde gelegten Kosten für Wärmeschutzmaßnahmen und Anlagenkomponenten sind der institutseigenen Datenbank entnommen worden, in der die abgerechneten betreuten Demonstrationsvorhaben dokumentiert sind. Etwaige weitere Annahmen wie Preissteigerungsraten und Zinsannahmen wurden mit dem Auftraggeber abgestimmt.

3 Ausgewählte Gebäude

Die Berechnungen erfolgten für insgesamt fünf unterschiedliche Gebäude. Dabei handelt es sich bei zwei Gebäuden um Wohngebäude und bei drei Gebäuden um Nutzgebäude.

3.1 Wohngebäude

Die Untersuchungen wurden an einem typischen Doppelhaus und an einem Mehrfamilienhaus durchgeführt, die auch bereits in der Vorgänger-Studie zur Fortschreibung des Stuttgarter NEH-Beschlusses [1] herangezogen wurden. Photographien und Grundrisse der beiden Mehrfamilienhäuser sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Die geometrischen Kennwerte der beiden Wohngebäude sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Das Doppelhaus besitzt je Wohnung eine Nutzfläche von 169 m² und ein umbautes beheiztes Volumen von 528 m³. Der Kompaktheitsgrad (AV-Verhältnis) weist mit 0,68 m⁻¹ einen relativ niedrig Wert für diese Gebäudegruppe dar. Dies deutet auf eine energiesparende Bauweise hin.

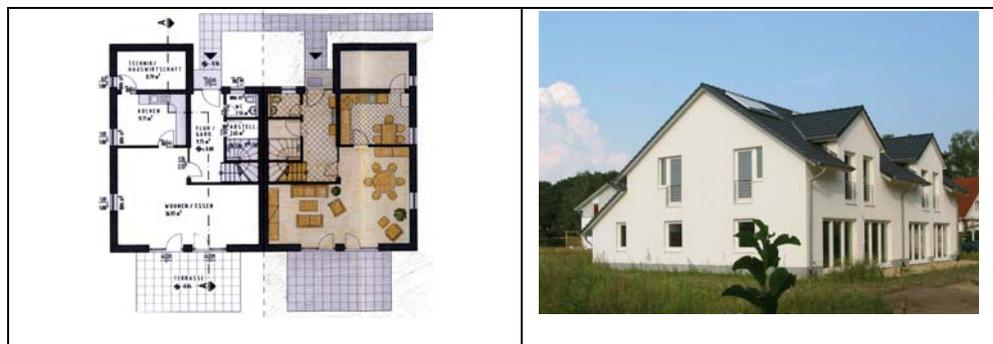


Bild 4: Grundriß (links) und photographische Ansicht (rechts) des untersuchten Doppelhauses

Das Mehrfamilienhaus besitzt 48 Wohnungen mit einer gesamten Nutzfläche von 2802 m² und ein umbautes beheiztes Volumen von 8757 m³. Der Kompaktheitsgrad (AV-Verhältnis) weist mit 0,43 m⁻¹ einen durchschnittlichen Wert für diese Gebäudegruppe dar. Dieser könnte bei konsequenter Vermeidung von Vor- und Rücksprüngen und der Realisierung einer äußeren Erschließung um mindestens weitere 20% verbessert werden. Hier schlummert noch architektonisches Potential für eine optimierte energiesparende Bauweise.

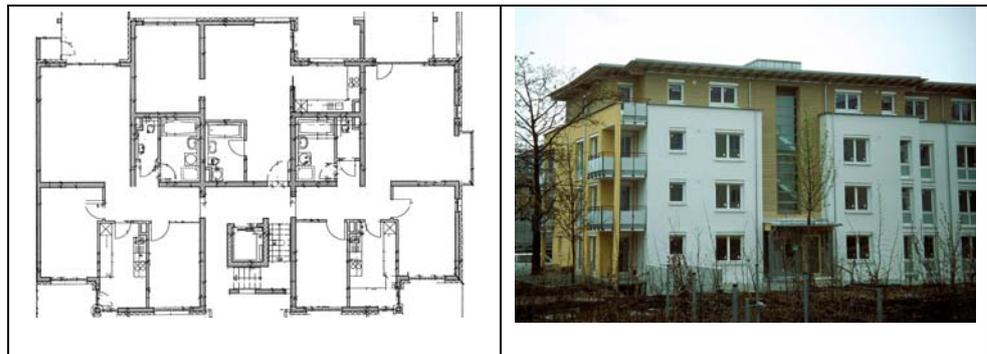


Bild 5: Grundriß (links) und photographische Ansicht (rechts) des untersuchten Mehrfamilienhauses.

3.2 Nichtwohngebäude

Bei den untersuchten Nichtwohngebäuden handelt es sich um zwei kommunale Gebäude (Schule und Kindergarten) und ein kombiniertes Büro- und Fertigungsgebäude. Grundrisse und Schnitte der drei Gebäude sind in den Bildern 6 bis 8 dargestellt. Die geometrischen Kennwerte der Gebäude sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Das ausgewählte Schulgebäude, entspricht einer klassischen Grundschule, wie sie bereits umfangreich in Stuttgart realisiert wurde. Es besitzt eine Nettogrundfläche von 3404 m² und ein umbautes beheiztes Volumen von 12853 m³, in dem 8 Klassenräume, 8 Fachräume, das Rektorat mit Schulverwaltung sowie eine weitere Anzahl kleinerer Sonderräume untergebracht sind. Der Kompaktheitsgrad (AV-Verhältnis) weist mit 0,42 m⁻¹ einen niedrig Wert für diese Gebäudegruppe auf. Dies deutet auf eine energiesparende Architektur hin. Die geometrischen Kennwerte des Gebäudes sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Für die energetischen Berechnungen wurde das Schulgebäude in 4 unterschiedliche Nutzungsbereiche zониert. Hierzu wurden jeweils alle Unterrichtsräume (47%), die Schulverwaltung (4%), die Flure und Nebenflächen (34%), sowie die Kellerräume (15%) zusammengefasst.

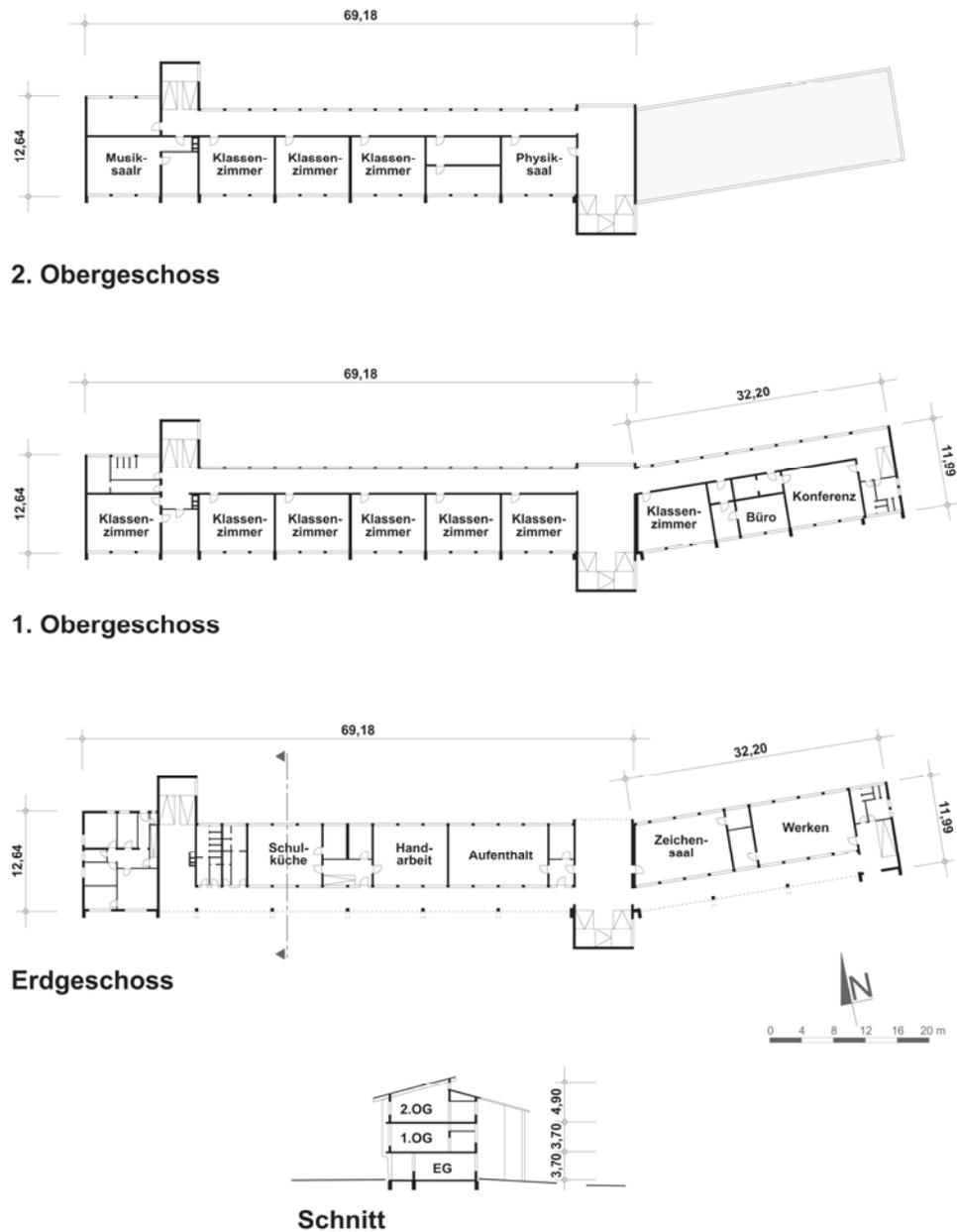
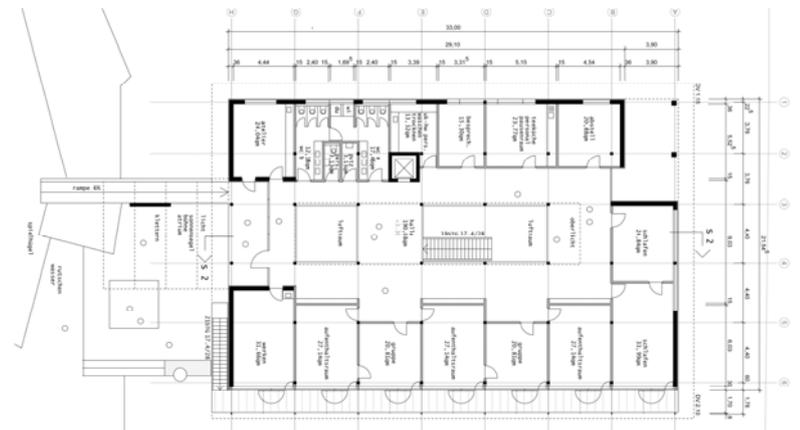


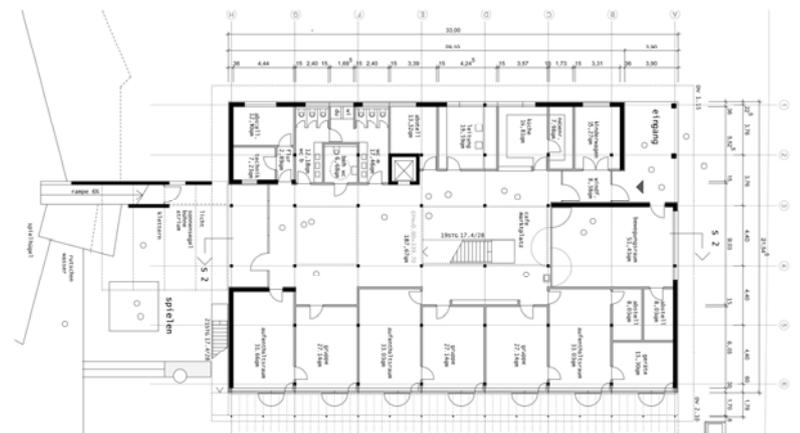
Bild 6: Grundrisse und Schnitt des untersuchten Schulgebäudes.

Der ausgewählte Kindergarten, entspricht einer klassischen Tageseinrichtung für Kinder, wie sie bereits umfangreich in Stuttgart realisiert wurde. Es besitzt eine Nettogrundfläche von 1127 m² und ein umbautes beheiztes Volumen von 4626 m³, in dem 6 Gruppen- und 6 Aufenthaltsräume, sowie weitere Sonderräume und ein geräumiges gemeinsam nutzbares Foyer mit diversen Nebenräumen und der Verwaltung untergebracht sind. Der Kompaktheitsgrad (AV-Verhältnis) weist mit 0,47 m⁻¹ einen normalen Wert für diese Gebäudegruppe auf. Die geometrischen Kennwerte des Gebäudes sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

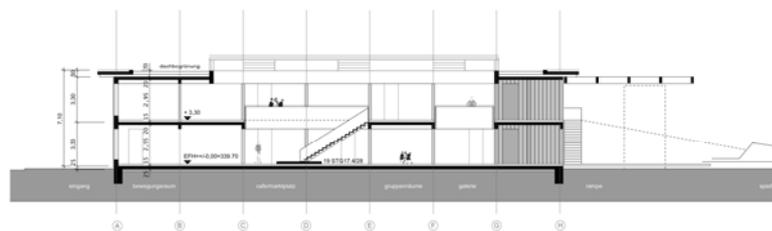
Für die energetischen Berechnungen wurde der Kindergarten in 2 unterschiedliche Nutzungsbereiche zониert. Hierzu wurden alle Gruppen- und Aufenthaltsräume (48%) zu einem Nutzungsbereich zusammengefasst. Der Rest der Gebäudenutzfläche wird durch ein Foyer mit Nebenräumen (52%) abgedeckt.



Obergeschoss



Erdgeschoss



Schnitt

Bild 7: Grundrisse und Schnitt des untersuchten Kindergartens.

Das ausgewählte Büro- und Fertigungsgebäude, repräsentiert von Größe und Aufbau her übliche Werkstätten- und Produktionsgebäude des Handwerks und der kleinen und mittelständigen Industrie der Region. Es besitzt eine Nettogrundfläche von 2716 m² und ein umbautes beheiztes Volumen von

17372 m³, in dem eine große mehrgeschossige Produktionshalle, ein Büro- und Konstruktiostrakt mit Nebenräumen, sowie ein Lager- und Archivbereich untergebracht sind. Der Kompaktheitsgrad (AV-Verhältnis) weist mit 0,33 m⁻¹ einen niedrig Wert für diese Gebäudegruppe auf. Dies deutet auf eine energiesparende Architektur hin. Die geometrischen Kennwerte des Gebäudes sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Für die energetischen Berechnungen wurde das Gebäude in 3 unterschiedliche Nutzungsbereiche zониert. Hierzu wurden alle Büro- und Nebenräume (16%) und alle Archiv- und Lagerräume (11%) zu je einem Nutzungsbereich zusammengefasst. Der Rest der Gebäudenutzfläche wird durch eine Produktions- und Fertigungshalle (73%) abgedeckt.

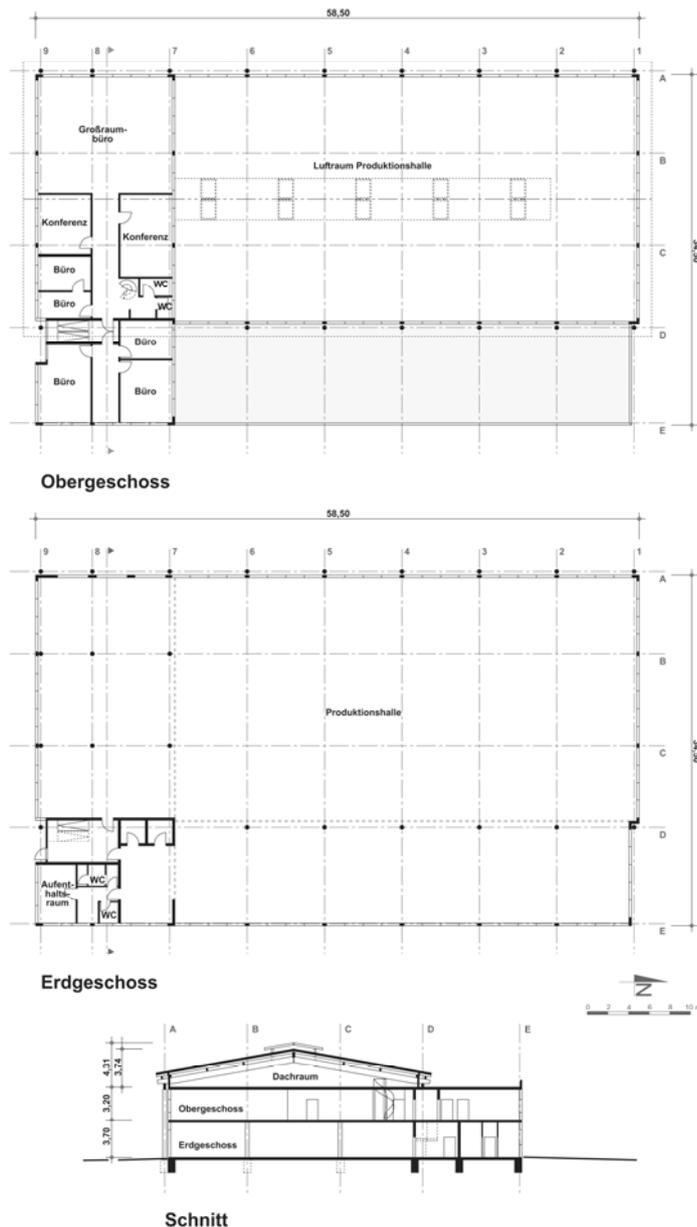


Bild 8: Grundrisse und Schnitt des untersuchten Büro- und Fertigungsgebäudes.

Die geometrischen Kennwerte aller untersuchten Gebäude sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Geometrische Kenngröße		Einheit	Gebäudetyp				
			Doppelhaushälfte	Mehrfamilienhaus	Schulgebäude	Kinder-garten	Büro- und Fertigungsgebäude
Nutzfläche A_N bzw. Nettogrundfläche A_{NGF}		m ²	169	2802	3404	1127	2716
Volumen V		m ³	528	8757	12853	4626	17372
Wärmetauschende Hüllfläche	Kellerdecke/ Bodenplatte	m ²	97	812	976	660	1990
	Außenwand	m ²	123	1448	2126	563	914
	Fenster	m ²	34	690	732	310	1076
	Dach/oberste Geschoßdecke	m ²	104	812	1517	660	1751
	Summe	m ²	358	3762	5351	2193	5731
AVV-Verhältnis		m ⁻¹	0,68	0,43	0,42	0,47	0,33

Tabelle 1: Zusammenstellung der geometrischen Kennwerte aller untersuchter Gebäude.

4 Bewertungsmethoden

Das Anforderungsniveau des derzeitigen Stadtratsbeschlusses basiert auf der Grundlage der Anforderungen und der Bewertungsmethode nach der Energieeinsparverordnung aus dem Jahre 2007 [2]. Im Jahr 2009 wurde von der Bundesregierung das Integrierte Energie- und Klimapakett von Meseberg umgesetzt. Dies mündete in eine vollständig überarbeitete Energieeinsparverordnung 2009 und ein ergänzendes Erneuerbare Wärme Gesetz 2009.

4.1 Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007

Aufgrund der vom Europäischen Rat und Europäischen Parlament 2002 verabschiedeten Richtlinie zur Energieeffizienz in Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), mußten alle EU - Mitgliedsstaaten, bis Anfang 2006 folgendes national umzusetzen:

- eine energetische Bewertungsmethode für Gebäuden, die nachfolgende Energieanteile beinhaltet: Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung

- einen Energieausweis, also ein Zertifikat über die Energieeffizienz eines Gebäudes im Falle eines Neubaus oder eines Verkaufs- oder einer Vermietung von Gebäuden, sowie einer umfassenden Renovierung. Öffentliche Gebäude sollen mit positivem Beispiel vorangehen und erhalten deshalb ebenfalls einen Energieausweis
- einen periodisch wiederkehrenden Energieeffizienzcheck für Heizungsanlagen und Klimaanlage

Dies führte in Deutschland dazu, dass die bisherige Bewertungsmethode um die Energiebereiche Beleuchtung und Klimatisierung erweitert werden mußte. Die Bundesregierung entschied sich in der novilierten Energieeinsparverordnung dafür, die geforderte umfassende Bewertungsmethode vorerst nur für Nichtwohngebäude anzuwenden und für die Wohngebäude die bisherige, aber auf Bestandswohngebäude erweiterte, Bewertungsmethode unverändert fortzuführen.

Die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden ist in Deutschland seit Oktober 2007 mit der DIN V 18599 [6] durchzuführen. Die Norm wurde in Zusammenarbeit zwischen den drei Normenausschüssen NABau (Normenausschuss Bauwesen), NHRS (Normenausschuss Heiz-, Raumluft- und Sanitärtechnik), und FNL (Fachnormenausschuss Lichttechnik) entwickelt und ermöglicht eine ganzheitliche und detaillierte Bewertung des Energieverhaltens des Gebäudes unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Gebäude und Anlagentechnik. Da hierzu eine große Vielfalt von baulichen aber vor allem auch anlagentechnischen Einflussparametern herangezogen und abgebildet werden, müssen viele Planungskennwerte für die Bewertung zusammengetragen und in die Berechnungsformeln eingegeben werden.

Während für Wohngebäude weiterhin Anforderungen an den Primärenergiebedarf und an die Transmissionswärmeverluste in Abhängigkeit des Kompaktheitsgrades (A/V) in der EnEV festgeschrieben sind, wird diese Anforderungspraxis für Nichtwohngebäude verlassen. Für Nichtwohngebäude müssen neben den Anforderungen an die Transmissionswärmeverluste, die Anforderungen an den maximal zulässigen Primärenergiebedarf nach dem sog. Referenzgebäudeverfahren bestimmt werden. Hierbei definiert der Gesetzgeber Referenztechnologien für die Gebäudehülle und die verwendeten Anlagentechniken unter deren Applikation sich ein Primärenergiebedarfswert ergibt. Dieser (Grenz) - Wert gilt als gesetzlicher Mindestanforderungswert. Für das zu errichtende Gebäude muss nachgewiesen werden, dass mit der gewählten Ausführungsart für Gebäudehülle und Anlagentechnik dieser (Grenz) – Wert nach Referenzausführung nicht überschritten wird. Dabei ist eine Substitution zwischen den Gewerken möglich (ein besserer Wärmeschutz erlaubt eine Heizanlage mit schlechterer Effizienz). Dieses Verfahren erfordert, dass immer zwei Berechnungen am gleichen Gebäude durchgeführt werden müssen (eine für die geplante Technologien und eine für die Referenztechnologien der EnEV).

4.2 Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009

Auf die Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden zielt die novellierte Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 29. April 2009 ab, die zum 1. Oktober 2009 in Kraft trat. Gegenüber der alten Regelung (EnEV 2007) werden damit

Gebäude um durchschnittlich 30 Prozent sparsamer im Energiebedarf sein müssen. Das wird erreicht durch:

Errichtung neuer Wohn- oder Nichtwohngebäude

- Die Obergrenze für den zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf von Neubauten wird durchschnittlich um 30 Prozent gesenkt.
- Die Wärmedämmung der Gebäudehülle von Neubauten muss um durchschnittlich 15 Prozent mehr leisten.
- Eine harmonisierte Nachweismethode über ein Referenzgebäudeverfahren und die Einführung der DIN V 18599 als Bewertungsmethode für Wohn- und Nichtwohngebäude.

Modernisierung von Altbauten

Der Bauherr hat bei größeren Umbaumaßnahmen die Wahl zwischen zwei Alternativen:

- Bei größeren baulichen Änderungen an der Gebäudehülle (z.B. Dach, Fassade, Fenster) werden die Anforderungen an diese Bauteile um durchschnittlich 30 Prozent verschärft.
- Nach Sanierung muss der Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes um 30 Prozent weniger sein und die Gebäudehülle um 15 Prozent besser gedämmt sein als bisher.

Nachrüstpflichten in Altbauten

- Dämmung des Daches, oder:
- oberster *nicht begehbarer* Geschossdecken: Verschärfung der Qualität der Wärmedämmung (statt bisher $0,30 \text{ Watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ künftig mindestens $0,24 \text{ Watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
- Wärmedämmung oberster *begehbarer* Geschossdecken (Pflicht bis spätestens Ende 2011).
- Für Klimaanlage wird eine generelle Pflicht zum Nachrüsten von Einrichtungen zur automatischen Regelung der Be- und Entfeuchtung vorgesehen.

Außerbetriebnahme von Nachtstromspeicherheizungen

Stufenweise ab 1.1.2020 einsetzende Pflicht zur Außerbetriebnahme von elektrischen Speicherheizungen (keine Fußbodenheizungen) mit einem Alter von mindestens 30 Jahren in größeren, ausschließlich mit solchen Heizungen beheizten Gebäuden (Wohngebäude mit mindestens sechs Wohneinheiten, Nichtwohngebäude mit mehr als 500 qm Nutzfläche).

Regelungen zur Verbesserung des Vollzugs der Verordnung

- Einführung von Unternehmererklärungen (Bestätigung des Unternehmers gegenüber dem Eigentümer, dass die EnEV bei der baulichen oder anlagentechnischen Modernisierung von Altbauten eingehalten wurde);
- Pflicht zur Vorlage der Unternehmererklärung auf Verlangen der zuständigen Behörde; die Nichtausstellung einer Unternehmererklärung ist eine Ordnungswidrigkeit;
- Beauftragung der Bezirksschornsteinfegermeister mit der Durchführung von Sichtprüfungen an heizungstechnischen Anlagen (z. B. Prüfung, ob alter Heizkessel pflichtgemäß ausgetauscht wurde);
- Einführung von Ordnungswidrigkeiten für vorsätzliche und leichtfertige (d.h. grob fahrlässige) Verstöße gegen bestimmte Neubau- und Modernisierungsanforderungen der EnEV sowie bei Verwendung falscher Gebäudedaten bei Ausstellung von Energieausweisen.

Anrechenbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung 2009 wird erstmalig auch die Verrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien mit dem Primärenergiebedarf für den Gebäudebetrieb ermöglicht. Hierzu wurde der § 5 neu in das Regelwerk integriert. Die darin definierte Verrechnungsregel lautet:

Wird in zu errichtenden Gebäuden Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt, darf der Strom in den Berechnungen nach § 3 Absatz 3 und § 4 Absatz 3 von dem Endenergiebedarf abgezogen werden, wenn er

1. im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt und
2. vorrangig in dem Gebäude selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist

wird. Es darf höchstens die Strommenge nach Satz 1 angerechnet werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht.

Hierzu wurde in der Staffel 11 von der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz gesondert folgende Auslegungsregeln veröffentlicht:

1. Auf Grund von § 5 EnEV darf bei zu errichtenden Gebäuden bei den Berechnungen nach § 3 Absatz 3 EnEV und § 4 Absatz 3 EnEV Strom aus erneuerbaren Energien berücksichtigt werden, indem die derart erzeugte Strommenge vom Endenergiebedarf abgezogen wird; auf Grund von § 9 Absatz 2 Satz 1 i. V. m. § 5 EnEV ist diese Vorschrift auch bei Berechnungen im Rahmen von wesentlichen Änderungen bestehender Gebäude anwendbar.
2. Voraussetzungen für die Anrechnung sind, dass der Strom in unmittelbarem räumlichem Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt und vorrangig in dem

Gebäude selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist wird. Ferner darf nach § 5 Satz 2 EnEV höchstens diejenige Strommenge angerechnet werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht.

3. Von einem unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude ist dann auszugehen, wenn zur Nutzung des Stroms aus erneuerbaren Energien im Gebäude dieser Strom nicht über Leitungen eines öffentlichen Verteilungsnetzes geführt wird. Es ist dagegen unerheblich, ob die Gebäudeeigentümer selbst Betreiber der Erzeugungsanlage sind oder ein Dritter. Auch können unter der vorgenannten Voraussetzung (keine Übertragung über öffentliche Netze) sogenannte „Quartierslösungen“, also für mehrere Gebäude eingerichtete gemeinsame Erzeugungsanlagen, berücksichtigt werden.
4. Strom aus Photovoltaikanlagen stellt in der Praxis den wesentlichen Anwendungsfall für § 5 EnEV dar. § 5 EnEV trägt insbesondere der Änderung der Fördervoraussetzungen nach § 33 Absatz 2 des Gesetzes über den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) Rechnung. Da bei Anwendung der Regelung des § 33 Absatz 2 EEG ein Nachweis über die verwendete Strommenge zu führen ist, ist davon auszugehen, dass neben den vertraglichen auch die schaltungs- und messtechnischen Voraussetzungen geschaffen werden. Somit kann bei Photovoltaikanlagen im Einzelfall eindeutig zwischen „vorrangig selbst genutztem“ und „in das öffentliche Netz eingespeistem“ Strom unterschieden werden; der Vorrang für die Selbstnutzung bis zur Höhe des benötigten Stroms wird schon durch die Schaffung der Voraussetzungen für die Nutzung der Option des § 33 Absatz 2 EEG dokumentiert.
5. Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach der Energieeinsparverordnung erfolgt in beiden anwendbaren Berechnungsverfahren (DIN V 18599 und DIN V 4108-6 i. V. m. DIN V 4701-10) auf der Basis einer Monatsbilanz. Der Abzug von in unmittelbarem räumlichem Zusammenhang erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien muss in konsequenter Fortführung dieses Grundsatzes ebenfalls monatsweise erfolgen. Die höchstmögliche anrechenbare Strommenge ergibt sich daher bei der Berechnung somit monatsweise als „Endenergiebedarf Strom“.
6. Der Energieertrag der Photovoltaikanlage ist mit geeigneten technischen Regeln monatsweise zu berechnen. Hierfür bietet sich die im Lichte der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2002/91/EG) erstellte DIN EN 15316-4-6: 2009-07 an, die unter Verwendung der in Deutschland monatsweise vorliegenden Einstrahlungskennwerte (DIN V 4108-6 oder DIN V 18599-10) auch zur monatsweisen Ermittlung des Ertrages von Photovoltaikanlagen angewendet werden kann.

Anforderungen an Erweiterungsbauten und Ausbauten von Gebäuden

In den Kommunen werden häufig keine reinen Neubaumaßnahmen für eine Liegenschaft durchgeführt, sondern bestehende Gebäudekomplexe erweitert oder ausgebaut. Nach § 9 Absatz 5 der EnEV 2009 sind bei der Erweiterung und dem Ausbau eines Gebäudes um beheizte oder gekühlte Räume mit zusammenhängend mehr als 50 m² Nutzfläche die betroffenen Außenbauteile so auszuführen, dass der neue Gebäudeteil die Vorschriften für zu errichtende Gebäude nach § 3 oder § 4 EnEV 2009 einhält. Gleichzeitig muss aber auch der Primärenergiebedarf des neu hinzugekommenen Gebäudeteils nachgewiesen werden. In diesen Fällen ist bei der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs, gemäß Staffel 12 der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz wie folgt zu verfahren:

1. § 9 Absatz 5 EnEV beschränkt die Anforderungen an den neuen Gebäudeteil ausdrücklich auf die von der Erweiterungs- oder Ausbaumaßnahme betroffenen Außenbauteile und hier auf Anforderungen nach den §§ 3 (Wohngebäude) und 4 EnEV (Nichtwohngebäude).

Die §§ 3 und 4 EnEV stellen Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf, die Qualität der Gebäudehülle (auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust oder mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten), den sommerlichen Wärmeschutz sowie an die Verwendung der Berechnungsverfahren.

Nicht von der Vorschrift des § 9 Absatz 5 EnEV erfasst sind Anforderungen an die Anlagen der Heizungs-, Kühl- und Raumluftechnik nach Abschnitt 4 der EnEV, soweit sie nicht ohnehin für Maßnahmen im Bestand gelten, die Dichtheit und den Mindestluftwechsel nach § 6 EnEV sowie den Mindestwärmeschutz und die Wärmebrücken nach § 7 EnEV.

2. Die Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf von zu errichtenden Gebäuden werden jeweils mittels eines Referenzgebäudes gestellt, dessen energetische Eigenschaften mit der EnEV 2009 gegenüber dem bisherigen Stand bei Neubauten sowohl bei den Außenbauteilen als auch bei den zentralen anlagentechnischen Komponenten (Wohngebäude: Wärme- und Warmwassererzeugung, Lüftungsanlage; Nichtwohngebäude: Wärme- und Warmwassererzeugung, Lüftungsanlage, Kälteerzeugung) deutlich verbessert sind. Im Vergleich zu den entsprechenden Bauteilen und Komponenten üblicher bestehender Gebäude fallen die Verbesserungen noch deutlich stärker aus.
3. Bei einer Erweiterungs- oder Ausbaumaßnahme im Sinne des § 9 Absatz 5 EnEV ohne gleichzeitige Erneuerung der *zentralen* anlagentechnischen Komponenten (z. B. Aufstockung, Ausbau des Dachgeschosses) kann die geforderte energetische Qualität ausschließlich durch Verbesserungen an den Außenbauteilen des neuen Gebäudeteils und an den auf diesen Gebäudeteil entfallenden *dezentralen* anlagentechnischen Komponenten erreicht werden. Dies stößt regelmäßig an die Grenzen der wirtschaftlichen Vertretbarkeit. Der Ordnungsgeber hatte jedoch bei Fällen nach § 9 Absatz 5 EnEV nicht die Absicht, Anforderungen zu stellen, die zwangsläufig

zu einer Ausweitung der Maßnahme auf Teile des bestehenden Gebäudes führen, um die energetischen Anforderungen nach § 9 Absatz 5 EnEV zu erfüllen; auch würde dies regelmäßig nicht dem Wirtschaftlichkeitsgebot des § 5 Energieeinsparungsgesetz entsprechen.

4. Vor diesem Hintergrund würde die uneingeschränkte Anwendung des § 3 Absatz 1 oder des § 4 Absatz 1 EnEV unverhältnismäßige und wirtschaftlich unverträgliche Belastungen verursachen. § 9 Absatz 5 EnEV ist daher im Lichte des Wirtschaftlichkeitsgebots einengend auszulegen. Da die Anforderungen des § 9 Absatz 5 EnEV ausschließlich im Falle einer baulichen Erweiterung oder eines Ausbaus (ohne Änderung der Anlagentechnik) greifen, ist bei den Berechnungen des Jahres- Primärenergiebedarfs, die zur Bemessung dieser Außenbauteile durchgeführt werden, ein Referenzgebäude zu verwenden, das hinsichtlich der *zentralen*, gemeinsam mit dem bestehenden Gebäudeteil genutzten anlagentechnischen Komponenten und der Luftdichtheit identisch ist mit dem bestehenden Gebäude. Im Ergebnis verlangt § 9 Absatz 5 EnEV damit in Fällen ohne gleichzeitige Erneuerung der *zentralen* anlagentechnischen Komponenten eine Ausführung der betroffenen Außenbauteile in ihrer Gesamtheit in der Qualität der entsprechenden Referenzausführung für solche Bauteile, wie sie sich aus der jeweils anwendbaren Tabelle 1 der Anlage 1 bzw. 2 ergibt.
5. Da die Anforderungen für Wärmebrücken und für die Überprüfung der Dichtheit nicht von der Vorschrift des § 9 Absatz 5 EnEV erfasst werden, sind diese Einflüsse bei der Nachweisführung nach § 3 Absatz 1 bzw. § 4 Absatz 1 EnEV dadurch zu kompensieren, dass die Ansätze für das Referenzgebäude – entgegen der jeweils anwendbaren Tabelle der Anlage 1 bzw. 2 – identisch mit dem auszuführenden Gebäudeteil gewählt werden.
6. Die Berechnungen zur Bemessung des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts (Wohngebäude: § 3 Absatz 2 EnEV) bzw. der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (Nichtwohngebäude: § 4 Absatz 2 EnEV) sowie zur Bemessung des sommerlichen Wärmeschutzes (Wohngebäude: § 3 Absatz 4 EnEV; Nichtwohngebäude: § 4 Absatz 4 EnEV) sind ausschließlich für den neu hinzukommenden Gebäudeteil auszuführen.
7. Bei den Berechnungen dürfen für die Ermittlung der energetischen Eigenschaften von Komponenten des bestehenden Gebäudes Vereinfachungen und gesicherte Erfahrungswerte verwendet werden, die das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung nach § 9 Absatz 2 EnEV bekannt gemacht hat.

Die Auslegungsregeln erfordern eine an die Erweiterung angepasste Bewertungsweise. Hierzu ist das Referenzgebäude an den Grad der Erweiterung anzupassen. Sofern im Erweiterungsbau eine neue Anlagentechnik installiert wird, sind die Vorgaben des Referenzgebäudes der EnEV in Bezug zu nehmen, sofern zur Wärmeversorgung auf die bestehende Anlagentechnik des Bestandsbaus zurück gegriffen wird ist diese als Referenztechnologie zu modellieren. Diese variable Auslegungsvorschrift führt zu so vielfältigen

Auslegungsformen des Referenzgebäudes, dass bis heute keines der am Markt verfügbaren Nachweisprogramme diese Vorgaben realisieren kann.

4.3 Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (EEWärmeG) 2009

Der Deutsche Bundestag hat am 6. Juni 2008 das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) beschlossen, dass zum 1. Januar 2009 in Kraft trat. Eigentümer von Gebäuden, die neu gebaut werden, müssen ihren Wärmebedarf anteilig mit erneuerbaren Energien decken. Diese Nutzungspflicht trifft alle Eigentümer, egal ob Private, Staat oder Wirtschaft. Das gilt auch, wenn die Immobilie vermietet wird. Genutzt werden können alle Formen von erneuerbaren Energien. Wer keine erneuerbaren Energien einsetzen will, kann Ersatzmaßnahmen ergreifen: Eigentümer können ihr Haus stärker dämmen, Wärme aus Fernwärmenetzen beziehen oder Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) nutzen.

Als erneuerbare Energien im Sinne des Wärmegesetzes zählen:

- solare Strahlungsenergie,
- Biomasse,
- Geothermie und
- Umweltwärme

Keine erneuerbare Energie im Sinne des Wärmegesetzes ist Abwärme. Sie kann jedoch ebenfalls genutzt und als Ersatzmaßnahme anerkannt werden.

Jeder Eigentümer eines neuen Gebäudes muss seinen Wärmeenergiebedarf – abhängig von der konkret genutzten Energiequelle – zu einem bestimmten Anteil mit regenerativen Energiequellen decken:

- bei solarer Strahlungsenergie zu mindestens 15 Prozent,
- bei Biogas zu mindestens 30 Prozent und
- in allen anderen Fällen zu mindestens 50 Prozent.

Um den effizienten und umweltfreundlichen Einsatz der erneuerbaren Energiequellen zu gewährleisten, stellt das Wärmegesetz zusätzliche Anforderungen an die technologische Nutzung der Energien. So müssen z.B. Solarkollektoren ein bestimmtes Gütesiegel vorweisen, Wärmepumpen bestimmte Jahresarbeitszahlen erfüllen und Bioöle in Kesseln verbrannt werden, die der besten verfügbaren Technik entsprechen. Das Gesetz bietet für Wohngebäude eine vereinfachte Herangehensweise über die Kollektorfläche an. So gilt die Pflicht als erfüllt, wenn der Kollektor bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen 0,04 m² Fläche pro m² Nutzfläche aufweist. Für Gebäude mit mehr als zwei Wohnungen ist eine Kollektorgröße von 0,03 m² Fläche pro m² Nutzfläche vorgesehen.

Nicht immer ist der Einsatz erneuerbarer Energien wirtschaftlich sinnvoll. Deshalb können anstelle erneuerbarer Energien auch ausgewählte Ersatzmaßnahmen ergriffen werden. Zu diesen Ersatzmaßnahmen zählen:

- die Nutzung von Abwärme
- die Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- der Anschluss an ein Netz der Nah- oder Fernwärmeversorgung, das anteilig aus erneuerbaren Energien oder aus Kraft-Wärme-Kopplung gespeist wird
- die verbesserte Dämmung des Gebäudes

Jeder Gebäudeeigentümer muss den Standard der Energieeinsparverordnung (EnEV) um nochmals mindestens 15 Prozent übererfüllen, wenn er keine erneuerbaren Energien nutzen möchte und die Ersatzmaßnahmen durch bauliche Lösungen realisieren möchte. Er kann jedoch verschiedene erneuerbare Energien miteinander kombinieren. So kann z.B. ein Sonnenkollektor mit Holzpellets ergänzt werden. Auch Ersatzmaßnahmen können untereinander und mit dem Einsatz erneuerbarer Energien kombiniert werden.

Zum anteiligen Einsatz erneuerbarer Energien sind grundsätzlich nur Eigentümer neu errichteter Gebäude betroffen. Bestehende Gebäude unterfallen der Pflicht nicht.

Ausnahmsweise können allerdings auch Um- und Anbauten der Nutzungspflicht unterfallen. Gleiches gilt unter den folgenden Voraussetzungen für Kernsanierungen und Nutzungsänderungen. In den Anwendungsbereich des Gesetzes fällt eine bauliche Maßnahme, wenn sie nach ihrem planerischen und baulichen Aufwand so wesentlich ist, dass sie einem Neubau vergleichbar ist. Auch in anderen Rechtsbereichen erkennt die Rechtsprechung "Ersatzbauten" als "Neubauten" an. Ein solcher Fall kann bei einem Anbau in der Regel angenommen werden, wenn die oben genannten Kriterien vorliegen und die bauliche Maßnahme mehr als 50 m² umfasst.

Bei Erweiterungsbauten und Ausbauten entspricht die Nutzungspflicht des EEWärmeG nicht umfänglich der Nutzungspflicht der EnEV. Die erforderliche Einordnung ist eine Einzelfallentscheidung.

5 Durchgeführte Berechnungen

Für die diversen Typgebäude wurden unterschiedliche energetische Niveaus (Unterschreitung Anforderungen der Energieeinsparverordnung) berechnet und dabei die bauliche Ausführung, also die Dämmqualität der Hüllflächen, und die eingesetzte Anlagentechnik variiert. Zuerst wurde untersucht, inwieweit die bisherigen erhöhten Anforderungen der Stadt Stuttgart für städtische Gebäude und Gebäude auf städtischen Grundstücken (auf Basis der Bewertungsmethode der Energieeinsparverordnung 2007) mit den Anforderungen aus der neuen Energieeinsparverordnung 2009 in Verbindung mit dem Erneuerbare Energien

Wärmegegesetz korrespondieren. Im zweiten Schritt wurde untersucht, wie wirtschaftlich sich eine Fortschreibung der erhöhten Anforderungen der Stadt Stuttgart im Bezug auf die neue Energieeinsparverordnung und die veränderten wirtschaftlichen Randbedingungen darstellt.

Die Berechnungen wurden für unterschiedliche anlagentechnische Ausstattungen in den Gebäuden durchgeführt. Für die Wohn- und Nichtwohngebäude wurden je 5 verschiedene Anlagenkonfigurationen untersucht. Für die Wohngebäude wurden die folgenden im Beiblatt der DIN V 4701-10 definierten Heizanlagenvarianten zugrunde gelegt:

- Brennwertkessel mit konventioneller Warmwasserbereitung,
- Brennwertkessel mit solarer Warmwasserbereitung,
- Fernwärmeanschluss mit konventioneller Warmwasserbereitung
- Holzpelletkessel mit solarer Warmwasserbereitung (Einfamilienhaus)
- Holzpelletkessel mit konventioneller Warmwasserbereitung (Mehrfamilienhaus)
- Erdreichwärmepumpe mit solarer Warmwasserbereitung (Einfam.haus)
- Erdreichwärmepumpe mit konventioneller Warmwasserbereitung (Mehrfamilienhaus).

Hierbei wurde angenommen, dass im Einfamilienhaus der Wärmeerzeuger innerhalb des beheizten Volumens aufgestellt ist und im Mehrfamilienhaus außerhalb der thermischen Hülle

Einfamilienhaus:

Variante	Beschreibung	Beiblatt anlage
A	Gasbrennwertkessel innerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 55/45 °C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, indirekt beheizter Speicher innerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	18
B	Fernwärme aus KWK (fossiler Brennstoff) innerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 55/45 °C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, indirekt beheizter Speicher innerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	67

C	Holzpelletkessel innerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 70/55 °C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, solar WW, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, Solarspeicher innerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	77
D	Gasbrennwertkessel innerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 55/45 °C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, solar WW, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, Solarspeicher innerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	31
E	Erdreichwärmepumpe mit Pufferspeicher innerhalb der Gebäudehülle, Fußbodenheizung, Einzelraumregelung mit Zweipunktregler 0,5 K; 35/28°C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, solar WW, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, Solarspeicher innerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	52.1 zzgl. solar

Mehrfamilienhaus:

Variante	Beschreibung	Beiblatt anlage
A	Gasbrennwertkessel außerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 55/45 °C, Verteilung horizontal außen und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, Verteilung außerhalb der Gebäudehülle, indirekt beheizter Speicher außerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	16
B	Fernwärme aus KWK (fossiler Brennstoff) außerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 55/45 °C, Verteilung horizontal außen und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, Verteilung außerhalb der Gebäudehülle, indirekt beheizter Speicher außerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	65
C	Holzpelletkessel außerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 70/55 °C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, indirekt beheizter Speicher außerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	72

D	Gasbrennwertkessel außerhalb der Gebäudehülle, Heizkörper an Außenwand, Thermostatventile 1K, 55/45 °C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, solar WW, Verteilung außerhalb der Gebäudehülle, Solarspeicher außerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	41
E	Erdreichwärmepumpe mit Pufferspeicher außerhalb der Gebäudehülle, Fußbodenheizung, Einzelraumregelung mit Zweipunktregler 0,5 K; 35/28°C, Verteilung horizontal und vertikal innen, geregelte Pumpe, WW zentral mit Zirkulation, Verteilung innerhalb der Gebäudehülle, indirekt beheizter Speicher außerhalb der Gebäudehülle, keine mechanische Lüftung	50

Nichtwohngebäude:

Für die Nichtwohngebäude wurden analoge Anlagenkonfigurationen zur Bestimmung der Wärmeschutzanforderungen der Gebäudehülle zugrunde gelegt. Darüber hinaus wurde für die Beleuchtung und Warmwasserbereitung definiert:

- verlustarme Vorschaltgeräte, direkte Beleuchtung
- Zirkulation

5.1 Ergebnisse Wohngebäude

Für die beiden Wohngebäude wurden für die 5 untersuchten Anlagenkonfigurationen die Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäudehüllteile wie folgt ermittelt:

- Fall 0: Niveau Stadtratsbeschluss 2008
- Fall 1: 100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten
- Fall2: KfW Effizienzhaus 85 (85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude)
- Fall3: KfW Effizienzhaus 70 (70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude)

Einfamilienhaus

In Tabelle 2 sind die einzuhaltenden Wärmeschutzniveaus der Gebäudehülle (in W/m^2K), sowie die End- und Primärenergiebedarfswerte (in kWh/m^2a) für die untersuchten 5 anlagentechnischen Lösungen dargestellt.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse für die Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Einfamilienhaus (Doppelhaushälfte)

Heizanlageartyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.)

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	Baulich nicht realisierbar			0,365					
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	64,2	63,9	52,0	2,6	0,450	0,193	0,12	0,12	1,0	0,16
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude	52,9	Baulich nicht realisierbar			0,378					
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude	41,5	Baulich nicht realisierbar			0,321					

A-1: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

Heizanlageartyp: B: Fernwärme KWK

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	59,0	76,4	2,0	0,365	0,360	0,20	0,25	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	75,5	67,7	89,2	2,0	0,450	0,448	0,30	0,37	1,3	0,43
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude	64,2	60,6	79,0	2,0	0,378	0,378	0,20	0,28	1,3	0,35
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude	52,9	52,8	67,8	2,0	0,321	0,300	0,14	0,14	1,1	0,25

Tabelle 2 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Einfamilienhaus (Doppelhaushälfte)

Heizanlageartyp: C: Holzpelletkessel + solares TWW*

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	26,1	91,1	2,9	0,365	0,363	0,20	0,26	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	75,5	29,0	106,8	2,9	0,450	0,448	0,30	0,37	1,3	0,43
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_P ; 100% H'_T Referenzgebäude	64,2	29,0	106,8	2,9	0,378	0,378	0,20	0,28	1,3	0,35
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_P ; 85% H'_T Referenzgebäude	52,9	24,2	83,1	2,9	0,321	0,320	0,16	0,22	1,1	0,30

Heizanlageartyp: D: Gasbrennwertkessel (verb.) + solares TWW*

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	59,9	47,1	3,0	0,365	0,288	0,14	0,16	1,1	0,26
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	75,5	75,4	61,0	3,2	0,450	0,389	0,25	0,28	1,3	0,34
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_P ; 100% H'_T Referenzgebäude	64,2	64,2	51,2	3,0	0,378	0,318	0,15	0,17	1,3	0,29
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_P ; 85% H'_T Referenzgebäude	52,9	52,9	41,1	2,9	0,321	0,243	0,14	0,16	1,1	0,29

D-3: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich

* Die Größe der Solaranlage wird nach EEWärmeG, Anlage I Solare Strahlungsenergie mit $0,04 \text{ m}^2 \text{ Kollektorfläche/m}^2 \text{ Nutzfläche}$ zu $0,04 * 169 \text{ m}^2 = 6,76 \text{ m}^2$ bestimmt. Die Neigung der Anlage beträgt 45° , die Ausrichtung ist Süd.

Tabelle 2 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Einfamilienhaus (Doppelhaushälfte)

Heizanlageartyp: E: Erdreich-Wärmepumpe + solares TWW*

Fall	Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
	$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G		
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)		60,0	49,9	13,5	5,0	0,365	0,363	0,20	0,26	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten		75,5	55,4	16,3	5,0	0,450	0,448	0,30	0,37	1,3	0,43
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude		64,2	49,4	14,0	5,0	0,378	0,378	0,20	0,28	1,3	0,35
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude		52,9	44,4	12,0	5,0	0,321	0,320	0,16	0,22	1,1	0,30

* Die Größe der Solaranlage wird nach EEWärmeG, Anlage I Solare Strahlungsenergie mit $0,04 \text{ m}^2 \text{ Kollektorfläche} / \text{m}^2 \text{ Nutzfläche}$ zu $0,04 * 169 \text{ m}^2 = 6,76 \text{ m}^2$ bestimmt. Die Neigung der Anlage beträgt 45° , die Ausrichtung ist Süd.

Die Ergebnisse zeigen, dass Einfamilienhäuser die rein fossil beheizt werden sollen (Heizanlagentyp A: Gasbrennwertkessel) künftig nicht mehr realisierbar sind. Die erhöhten Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz aus dem Erneuerbaren Energien Wärmegesetz führen dazu, dass die Gebäudehülle mit konventionellen Bauteilen praktisch nicht mehr realisiert werden kann. Die anlagentechnischen Lösungen unter Einbindung erneuerbarer Energien (Heizanlagentyp B bis E) dagegen erlauben eine bautechnisch Realisierung mit gängigen Baustoffen.

Der Vergleich der verschiedenen Anforderungsniveaus der KfW Programme (alt: KfW 60; neu: KfW Effizienzhaus 85/60) zeigt, dass das in Stuttgart vereinbarte Neubauniveau (KfW 60) höherwertige Ansprüche stellt als das unterste neue KfW Niveau (Effizienzhaus 85), jedoch geringere als das höherwertige neue KfW Niveau (Effizienzhaus 70). Die stuttgarter Anforderung entsprechen in etwa einem „Effizienzhaus 80 Niveau“. Eine künftige Festlegung auf das KfW-Effizienzhaus 85 Niveau würde daher zu verminderten Einsparungen im Neubaubereich führen und ist daher nicht zu empfehlen.

Um das Niveau KfW-Effizienzhaus 70 zu erreichen, bedarf es gegenüber dem derzeitigen Anforderungsniveau (KfW 60) wohnflächenbezogene Mehrinvestitionen für hochwertigere Fenster von ca. 12 €/m² und Mehrkosten für etwa 2 cm dickere Wärmedämmung im Wandbereich und 4 cm dickere Dämmung im Dachbereich von etwa 8 €/m². Die erforderlichen Zusatzinvestitionen betragen somit im Mittel pro m² Wohnfläche etwa 20 €/m². Denen stehen jährliche Heizkosteneinsparungen in Höhe von etwa 0,6 €/m²a, sowie erhöhte Zuschüsse bei den KfW Krediten gegenüber. Die statische Amortisationszeit (ohne die Berücksichtigung von Preissteigerungen) beträgt somit ca. 30 Jahre; bei Annahme einer realistischen jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 5% reduziert sie sich auf etwa 20 Jahre und kann daher als zumutbar bewertet werden.

Mehrfamilienhaus

Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen einen analogen Verlauf wie die des Einfamilienhauses. Auch hier ergibt sich, dass Mehrfamilienhäuser die rein fossil beheizt werden sollen (Heizanlagentyp A: Gasbrennwertkessel) künftig nicht mehr realisierbar sind. Die anlagentechnischen Lösungen unter Einbindung erneuerbarer Energien (Heizanlagentyp B bis E) dagegen erlauben eine bautechnisch Realisierung mit gängigen Baustoffen.

Aufgrund der kompakteren Bauweise sind zum Erreichen des KfW-Effizienzhaus 70 Niveaus bei Mehrfamilienhäusern, gegenüber den derzeitigen Anforderungen (KfW 60) nur mit wohnflächenbezogenen Mehrkosten von etwa 15 €/m² zu rechnen, allerdings fallen die erzielbaren Heizkosteneinsparungen mit jährlich 0,5 €/m² auch etwas geringer aus. Von daher kann hier von gleicher Wirtschaftlichkeit ausgegangen werden.

Die statische Amortisationszeit (ohne die Berücksichtigung von Preissteigerungen) beträgt somit ca. 30 Jahre; bei Annahme einer realistischen jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 5% reduziert sie sich auf etwa 20 Jahre und kann daher als zumutbar bewertet werden.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse für die Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus

Heizanlageartyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.)

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	59,8	52,6	0,7	0,454	0,339	0,16	0,18	1,1	0,25
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	51,7	Baulich nicht realisierbar		0,500						
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude	42,6	Baulich nicht realisierbar		0,485						
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude	33,4	Baulich nicht realisierbar		0,412						

A-0: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

Heizanlageartyp: B: Fernwärme KWK

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	46,5	64,6	0,5	0,454	0,450	0,20	0,20	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	60,8	49,5	69,0	0,5	0,500	0,499	0,23	0,29	1,3	0,37
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude	51,7	48,7	67,7	0,5	0,485	0,485	0,20	0,28	1,3	0,35
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude	42,6	42,5	58,9	0,5	0,412	0,384	0,15	0,17	1,1	0,26

Tabelle 3 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus

Heizanlageartyp: C: Holzpelletkessel

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	18,2	84,2	0,5	0,454	0,450	0,20	0,20	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	60,8	19,2	89,4	0,5	0,500	0,499	0,23	0,29	1,3	0,37
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_P ; 100% H'_T Referenzgebäude	51,7	19,1	89,2	0,5	0,485	0,485	0,20	0,28	1,3	0,35
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_P ; 85% H'_T Referenzgebäude	42,6	17,3	80,1	0,5	0,412	0,412	0,17	0,22	1,1	0,30

Heizanlageartyp: D: Gasbrennwertkessel (verb.) + solares TWW*

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	56,8	42,7	0,8	0,454	0,450	0,20	0,20	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	60,8	60,7	53,2	0,8	0,500	0,492	0,24	0,27	1,3	0,35
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_P ; 100% H'_T Referenzgebäude	51,7	51,7	45,1	0,8	0,485	0,395	0,16	0,18	1,1	0,30
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_P ; 85% H'_T Referenzgebäude	42,6	42,5	36,9	0,8	0,412	0,281	0,12	0,15	0,9	0,25

D-3: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

* Die Größe der Solaranlage wird nach EEWärmeG, Anlage I Solare Strahlungsenergie mit $0,03 \text{ m}^2$ Kollektorfläche/ m^2 Nutzfläche zu $0,03 \cdot 2802 \text{ m}^2 = 84,06 \text{ m}^2$ bestimmt. Die Neigung der Anlage beträgt 30° , die Ausrichtung ist Süd.

Tabelle 3 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus

Heizanlageartyp: E: Erdreich-Wärmepumpe

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}}$	$H'_{T, \max}$	$H'_{T, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: KfW 60)	60,0	44,9	14,8	1,9	0,454	0,450	0,20	0,20	1,3	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	60,8	45,9	15,8	1,9	0,500	0,499	0,23	0,29	1,3	0,37
2	KfW Effizienzhaus 85 (EnEV -15%) 85% Q_p ; 100% H'_T Referenzgebäude	51,7	45,1	15,5	1,9	0,485	0,485	0,20	0,28	1,3	0,35
3	KfW Effizienzhaus 70 (EnEV -30%) 70% Q_p ; 85% H'_T Referenzgebäude	42,6	41,3	14,0	1,9	0,412	0,412	0,17	0,22	1,1	0,30

Empfehlungen für den Wohnungsbau

Aufgrund der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wird empfohlen als künftiges Anforderungsniveau für Ein- und Mehrfamilienhäuser das KfW-Effizienzhaus 70 festzulegen. Dies entspricht dem derzeit diskutierten und im IEKP Paket der Bundesregierung angekündigten Anforderungsniveau der geplanten Energieeinsparverordnung 2012. Stuttgart könnte hiermit bereits heute einen Vorgriff auf das künftige Anforderungsniveau realisieren, ohne den Investoren eine wirtschaftlich unzumutbare Belastung zuzumuten.

5.2 Ergebnisse Nicht-Wohngebäude

Für die drei untersuchten Nichtwohngebäude wurden in der früheren Studie die Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäudehüllteile zur Erfüllung der städtischen Vorgaben bei verschiedenem Anforderungsniveau ermittelt. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wurde eine Unterschreitung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2007 um 40% empfohlen. Im folgenden wird nun betrachtet, wie sich diese Anforderungen in Bezug auf die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009 in Verbindung mit dem Erneuerbare Energie Wärmegesetz einordnen. Darüber hinaus wird untersucht, welche Anforderungen erforderlich sind um noch weitergehende Einsparungen zu erreichen. Die Untersuchungen sind so aufgebaut, dass ermittelt wird, welche Anforderungen unter gegebener Anlagentechnik (Heizung, Lüftung und Beleuchtung) der bauliche Wärmeschutz mindestens erfüllen muss um die kombinierten Anforderungen aus EnEV 2009 und EEWärmeG 2009 zu erfüllen.

Die Kosten für bauliche und anlagentechnische Maßnahmen werden gegenüber der Studie 2008 als unverändert angenommen, da die Marktbeobachtung ergab, dass es zwar produktspezifisch saisonale Preisschwankungen gibt, diese aber zum Teil gegenläufige Tendenzen bei unterschiedlichen Produkten auftreten. So kann man derzeit eine Kostenminderung im Bereich der hocheffizienten Fenster beobachten, während die Dämmstoffe eine leichte Kostensteigerung erfahren.

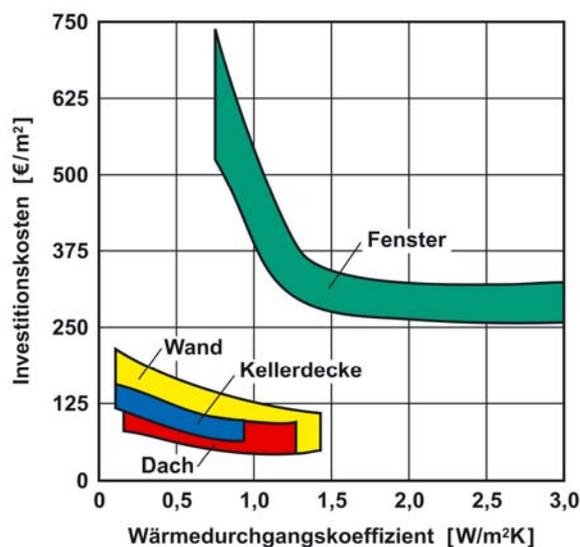


Bild 9: zugrunde gelegte Investitionskosten für bauliche Sanierungsmaßnahmen.

5.2.1 Schule

Basis Stadtratsbeschluss

Für das Schulgebäude ergaben sich 2008 für das festgelegte Anforderungsniveau unter Zugrundelegung der Basisvariante (Gasbrennwertkessel) die folgenden baulichen und anlagentechnischen Ausführungsanforderungen:

Baulich

erforderliche U-Werte			
Dach	Fenster	Wand	Boden
W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
0,12	1,0	0,15	0,35

Die Konstruktion muss wärmebrückenarm und luftdicht ausgeführt sein.

Anlagentechnisch

Neben den dargestellten baulichen Maßnahmen waren zum Erreichen des Zielwertes „EnEV 2007 minus 40%“ noch folgende anlagentechnische Maßnahmen erforderlich:

- Verbesserter Gasbrennwertkessel (anstatt Standardkessel)
- Optimierte Leitungsführung (anstatt Defaultwerte)
- Keine Zirkulation für Warmwasserversorgung
- Lichtlenkender Sonnenschutz
- Tageslichtabhängige Abschaltung des Lichtes (anstelle manuell)
- EVG's statt VVG's

Die Berechnungen zeigten, dass mit dieser Anlagenkonfiguration eine Unterschreitung von EnEV Anforderungen von 40% möglich war, allerdings erfordert dies eine energetisch hochwertige Baukonstruktion.

Basis: EnEV 2009/EEWärmeG 2009

Für das Schulgebäude wurden in der hier durchgeführten Untersuchung zunächst keine Optimierungsmaßnahmen im anlagentechnischen Bereich durchgeführt. Dabei ergaben sich die in Tabelle 4 dargestellten Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz. Bei den Berechnungen wurde von normgerechten Bauteilanschlüssen ausgegangen. Bei einigen Ausführungen war eine Optimierung (wärmebrückenfreie Ausführung) erforderlich um ein Niveau, das über den derzeitigen Stadtratsbeschluss hinausgeht, überhaupt realisieren zu können. Sollte diese Optimierung baulich nicht möglich sein, ergeben sich entsprechend niedrigere Werte für den Mindestwärmeschutz der einzelnen Bauteile, was ebenfalls zur Nicht-Baubarkeit führen kann. In diesem Fall müssen ergänzende anlagentechnische Maßnahmen (Tageslichtoptimierung, Beleuchtungseffizienz, Automation, Rohrleitungsoptimierung, mechanische Lüftungsanlagen) unternommen werden.

Die Untersuchungen in Tabelle 4 zeigen, dass der derzeitige Stadtratsbeschluss eine Unterschreitung der EnEV 2009 im Mittel von etwa 20% sicherstellt. Ferner zeigen sie, dass es aufwendiger ist als im Wohnungsbau weitergehende signifikante Energieeinsparungen nur durch bauliche Maßnahmen zu realisieren. Eine Anhebung der baulichen Anforderungen auf 30% Unterschreitung der EnEV 2009, würde Mehrinvestitionen zwischen 25 und 50 € pro m² Nutzfläche erfordern. Hiervon fallen etwa 1/3 der Kosten auf bessere Fenster und 2/3 auf bessere Wärmedämmung. Dem gegenüber stehen mittlere Betriebskosteneinsparungen in Höhe von etwa 1,5 €/m²a. Dieses Potential lässt sich häufig kostengünstiger durch technische Maßnahmen erschließen. Daher wird empfohlen, den baulichen Wärmeschutz derzeit nicht stärker zu verschärfen als er nachzeitigem Stadtratsbeschluss bereits erforderlich ist (20% unter EnEV 2009) und ergänzend anlagentechnische Maßnahmen im Bereich der Rohrleitungsoptimierung, Tageslichtnutzung und Automatisierung/Lichtmanagement verbindlich zu verordnen, die eine Unterschreitung der EnEV 2009 Anforderungen um 30% ermöglichen.

Künftig sollte darüber hinaus der erhöhte Aufwand für eine detaillierte Planung der Bauteilanschlüsse (Wärmebrückenminimierung) standardmäßig im Planungshonorar des Bauphysikers vorgesehen sein. Das hier „schlummernde“ Potential ist nur sehr kostenaufwendig durch sonstige Zusatzmaßnahmen (z. B. Photovoltaik) erschließbar.

Die statische Amortisationszeit für Maßnahmen zur Erreichung des Niveaus „EnEV 2009 minus 30%“ (ohne die Berücksichtigung von Preissteigerungen) beträgt im Mittel ca. 25 Jahre; bei Annahme einer realistischen jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 5% reduziert sie sich auf unter 20 Jahre und kann daher als zumutbar bewertet werden.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Schule

Heizanlageartyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.)

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	143,1	115,3	103,7	4,8	0,35	0,10	0,08	0,10	0,90	0,14
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	143,1	121,6	109,9	4,9	0,35	0,13	0,10	0,14	0,90	0,19
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	143,1	121,6	109,9	4,9	0,35	0,13	0,10	0,14	0,90	0,19
3	EnEV -30%* 70% Q_P ; 70% u_m	137,1	95,9	65,1	12,0	0,35	0,10	0,08	0,10	0,90	0,14

* Lüftung mit WRG 75 % erforderlich, sonst ist Niveau nicht erreichbar; 1: $\Delta U_{\text{WB}}=0$ erforderlich!

Heizanlageartyp: B: Fernwärme KWK

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	143,1	101,4	127,7	4,6	0,35	0,16	0,14	0,16	1,3	0,24
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	143,1	137,3	178,1	4,9	0,35	0,35	0,35	0,37	1,9	0,41
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	143,1	121,5	155,9	4,7	0,35	0,28	0,25	0,28	1,6	0,38
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	143,1	100,1	125,9	4,6	0,35	0,19	0,16	0,20	1,1	0,24

Tabelle 4 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Schule

Heizanlageartyp: C: Holzpelletkessel

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	143,1	38,9	143,8	4,7	0,35	0,16	0,14	0,16	1,3	0,24
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	143,1	50,5	202,1	5,0	0,35	0,35	0,35	0,37	1,9	0,41
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	143,1	46,0	180,0	4,9	0,35	0,29	0,28	0,30	1,6	0,38
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	143,1	42,0	135,6	4,1	0,35	0,24	0,22	0,26	1,3	0,30

Heizanlageartyp: D: Gasbrennwertkessel (verb.) + solares TWW*

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	143,1	115,3	101,9	5,5	0,35	0,13	0,12	0,14	1,1	0,19
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	143,1	142,9	129,0	5,8	0,35	0,24	0,19	0,25	1,4	0,36
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	143,1	121,5	107,9	5,6	0,35	0,17	0,14	0,18	1,1	0,24
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	143,1	100,1	86,8	5,4	0,35	0,10	0,08	0,10	0,90	0,14

1: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

* Die Größe der Solaranlage wird nach EEWärmeG, zu 65m² bestimmt. Die Neigung der Anlage beträgt 30°, die Ausrichtung ist Süd.

Tabelle 4 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Schule

Heizanlageartyp: E: Erdreich-Wärmepumpe

Fall	Primärenergie- bedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹					
		$Q_{p, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}}$ $+ Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 * (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	143,1	116,9	45,0		0,35	0,07	0,06	0,08	0,90	0,08
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	143,1	142,9	55,0		0,35	0,23	0,20	0,24	1,1	0,30
2	EnEV -15% 85% Q_p ; 85% u_m	143,1	121,6	46,8		0,35	0,10	0,10	0,10	0,9	0,15
3	EnEV -30% 70% Q_p ; 70% u_m	143,1	Baulich nicht realisierbar		0,35						

1: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich! (Ausnahme E1)

* aufgrund des hohen Warmwasserbedarfs durch bauliche Maßnahmen nur 36,7% max. möglich

5.2.2 Kindergarten

Basis Stadtratsbeschluss

Für den Kindergarten ergaben sich 2008 für das festgelegte Anforderungsniveau unter Zugrundelegung der Basisvariante (Gasbrennwertkessel) die folgenden baulichen und anlagentechnischen Ausführungsanforderungen:

Baulich

erforderliche U-Werte			
Dach	Fenster	Wand	Boden
W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
0,18	1,1	0,20	0,25

Die Konstruktion muss wärmebrückenarm und luftdicht ausgeführt sein.

Anlagentechnisch

Neben den dargestellten baulichen Maßnahmen waren zum Erreichen des Zielwertes „EnEV 2007 minus 40%“ noch folgende anlagentechnische Maßnahmen erforderlich:

- Verbesserter Gasbrennwertkessel (anstatt Standardkessel)
- Keine Zirkulation für Warmwasserversorgung
- Tageslichtabhängige Abschaltung des Lichtes (anstelle manuell)
- EVG's statt VVG's

Die Berechnungen zeigten, dass mit dieser Anlagenkonfiguration eine Unterschreitung von EnEV Anforderungen von 40% möglich war, allerdings erfordert dies eine energetisch hochwertige Baukonstruktion.

Basis: EnEV 2009/EEWärmeG 2009

Für den Kindergarten wurde in Analogie zu den Untersuchungen am Schulgebäude in der hier durchgeführten Untersuchung zunächst keine Optimierungsmaßnahmen im anlagentechnischen Bereich durchgeführt. Dabei ergaben sich die in Tabelle 5 dargestellten Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz. Bei den Berechnungen wurde von normgerechten Bauteilanschlüssen ausgegangen. Bei einigen Ausführungen war eine Optimierung (wärmebrückenfreie Ausführung) erforderlich um das Niveau überhaupt realisieren zu können. Sollte diese Optimierung baulich nicht möglich sein, ergeben sich entsprechend niedrigere Werte für den Mindestwärmeschutz der einzelnen Bauteile, was ebenfalls zur Nicht-Baubarkeit führen kann. In diesem Fall müssen ergänzende anlagentechnische Maßnahmen (Tageslichtoptimierung, Beleuchtungseffizienz, Automation, Rohrleitungsoptimierung, mechanische Lüftungsanlagen) unternommen werden.

Die Untersuchungen in Tabelle 5 zeigen, dass der derzeitige Stadtratsbeschluss eine Unterschreitung der EnEV 2009 im Mittel von etwa 20% sicherstellt. Ferner zeigen sie, dass es in Analogie zum Schulgebäude aufwendiger ist als im Wohnungsbau weitergehende signifikante Energieeinsparungen nur durch bauliche Maßnahmen zu realisieren. Aufgrund der weniger kompakteren Bauweise des Kindergartens sind bei dieser Gebäudeform in der Regel etwas geringere Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz als beim etwas kompakten Schulgebäude erforderlich. Eine Anhebung der baulichen Anforderungen auf 30% Unterschreitung der EnEV 2009, würde Mehrinvestitionen zwischen 20 und 45 € pro m² Nutzfläche erfordern. Hiervon fallen etwa 1/3 der Kosten auf bessere Fenster und 2/3 auf bessere Wärmedämmung. Dem gegenüber stehen mittlere Betriebskosteneinsparungen in Höhe von etwa 1,3 €/m²a. Dieses Potential lässt sich häufig kostengünstiger durch technische Maßnahmen erschließen. In Analogie zum Schulgebäude, wird auch beim Kindergarten empfohlen, derzeit den baulichen Wärmeschutz nicht stärker zu verschärfen als er nachzeitigem Stadtratsbeschluss bereits erforderlich ist (20% unter EnEV 2009) und ergänzend anlagentechnische Maßnahmen im Bereich der Rohrleitungsoptimierung, Tageslichtnutzung und Automatisierung/Lichtmanagement verbindlich zu verordnen, die eine Unterschreitung der EnEV 2009 Anforderungen um 30% ermöglichen.

Künftig sollte darüber hinaus, wie bereits beim Schulgebäude angemerkt, der erhöhte Aufwand für eine detaillierte Planung der Bauteilanschlüsse (Wärmebrückenminimierung) standardmäßig im Planungshonorar des Bauphysikers vorgesehen sein. Das hier „schlummernde“ Potential ist nur sehr kostenaufwendig durch sonstige Zusatzmaßnahmen (z. B. Photovoltaik) erschließbar.

Die statische Amortisationszeit für Maßnahmen zur Erreichung des Niveaus „EnEV 2009 minus 30%“ (ohne die Berücksichtigung von Preissteigerungen) beträgt im Mittel ca. 25 Jahre; bei Annahme einer realistischen jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 5% reduziert sie sich auf unter 20 Jahre und kann daher als zumutbar bewertet werden.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Kindergarten

Heizanlageartyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.)

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	154,0	134,7	121,2	56,6	0,35	0,18	0,18	0,20	1,1	0,29
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	154,0	130,7	117,2	5,6	0,35	0,16	0,15	0,20	1,1	0,24
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	154,0	130,7	117,2	5,6	0,35	0,16	0,15	0,20	1,1	0,24
3	EnEV -30%* 70% Q_P ; 70% u_m	146,4	102,4	68,1	13,4	0,35	0,09	0,10	0,10	0,90	0,15

* Lüftung mit WRG 75 % erforderlich, sonst ist Niveau nicht erreichbar; 1: $\Delta U_{\text{WB}}=0$ erforderlich!

Heizanlageartyp: B: Fernwärme KWK

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	154,0	117,6	149,5	5,0	0,35	0,26	0,26	0,30	1,6	0,45
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	154,0	134,3	173,2	5,0	0,35	0,35	0,38	0,40	1,9	0,56
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	154,0	121,1	154,5	5,0	0,35	0,29	0,30	0,35	1,6	0,46
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	154,0	107,7	135,4	5,0	0,35	0,23	0,22	0,28	1,3	0,37

Tabelle 5 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Kindergarten

Heizanlageartyp: C: Holzpelletkessel

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux} + Q_{v,aux} + Q_{l,f}$	$U_{m,opak, \max}$	$U_{m,opak, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	154,0	64,4	250,2	7,0	0,35	0,26	0,26	0,30	1,6	0,45
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	154,0	72,2	290,6	7,1	0,35	0,35	0,38	0,40	1,9	0,56
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	154,0	66,1	258,7	7,0	0,35	0,29	0,30	0,35	1,6	0,46
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	154,0	60,5	230,2	6,9	0,35	0,24	0,24	0,30	1,3	0,38

Heizanlageartyp: D: Gasbrennwertkessel (verb.) + solares TWW*

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,aux} + Q_{w,aux} + Q_{v,aux} + Q_{l,f}$	$U_{m,opak, \max}$	$U_{m,opak, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	154,0	134,7	119,0	6,4	0,35	0,20	0,20	0,24	1,2	0,30
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	154,0	154,0	138,1	6,6	0,35	0,27	0,26	0,30	1,4	0,50
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	154,0	130,7	115,2	6,4	0,35	0,19	0,18	0,23	1,1	0,30
3	EnEV -30% ¹ 70% Q_P ; 70% u_m	154,0	107,8	92,6	6,2	0,35	0,11	0,10	0,12	0,9	0,20

1: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

* Die Größe der Solaranlage wird nach EEWärmeG unter Standardbedingungen (Süd, 30°), zwischen 29 m² (Fall 1) und 22 m² (Fall 31) bestimmt.

Tabelle 5 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Kindergarten

Heizanlageartyp: E: Erdreich-Wärmepumpe

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{p, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak}, \max}$	$U_{m,\text{opak}, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	154,0	117,6	45,2		0,35	0,26	0,26	0,30	1,6	0,45
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	154,0	129,2	49,7		0,35	0,35	0,38	0,40	1,9	0,56
2	EnEV -15% 85% Q_p ; 85% u_m	154,0	120,0	46,2		0,35	0,29	0,30	0,35	1,6	0,46
3	EnEV -30% 70% Q_p ; 70% u_m	154,0	107,8	41,5		0,35	0,22	0,24	0,30	1,1	0,38

5.2.3 Fertigungsgebäude

Basis Stadtratsbeschluss

Für das Fertigungsgebäude ergaben sich 2008 für das festgelegte Anforderungsniveau unter Zugrundelegung der Basisvariante (Gasbrennwertkessel) die folgenden baulichen und anlagentechnischen Ausführungsanforderungen:

Baulich

erforderliche U-Werte			
Dach	Fenster	Wand	Boden
W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
0,12	1,1	0,18	0,25

Die Konstruktion muss wärmebrückenarm und luftdicht ausgeführt sein.

Anlagentechnisch

Neben den dargestellten baulichen Maßnahmen waren zum Erreichen des Zielwertes „EnEV neu minus 40%“ noch folgende anlagentechnische Maßnahmen erforderlich:

- Verbesserter Gasbrennwertkessel (anstatt Standardkessel)
- Optimierte Leitungsführung (anstatt Defaultwerte)
- Keine Zirkulation für Warmwasserversorgung
- Tageslichtabhängige Abschaltung des Lichtes (anstelle manuell)
- EVG's statt VVG's

Die Berechnungen zeigten, dass mit dieser Anlagenkonfiguration eine Unterschreitung von EnEV Anforderungen von 40% möglich war, allerdings erfordert dies eine energetisch hochwertige Baukonstruktion.

Basis: EnEV 2009/EEWärmeG 2009

Für das Fertigungsgebäude wurde in Analogie zu den Untersuchungen an Schulgebäude und Kindergarten in der hier durchgeführten Untersuchung zunächst keine Optimierungsmaßnahmen im anlagentechnischen Bereich durchgeführt. Dabei ergaben sich die in Tabelle 6 dargestellten Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz. Bei den Berechnungen wurde von normgerechten Bauteilanschlüssen ausgegangen. Bei einigen Ausführungen war eine Optimierung (wärmebrückenfreie Ausführung) erforderlich um das Niveau überhaupt realisieren zu können. Sollte diese Optimierung baulich nicht möglich sein, ergeben sich entsprechend niedrigere Werte für den Mindestwärmeschutz der einzelnen Bauteile, was ebenfalls zur Nicht-Baubarkeit führen kann. In diesem Fall müssen ergänzende anlagentechnische Maßnahmen (Tageslichtoptimierung, Beleuchtungseffizienz, Automation, Rohrleitungsoptimierung, mechanische Lüftungsanlagen) unternommen werden.

Die Untersuchungen in Tabelle 6 zeigen, dass der derzeitige Stadtratsbeschluss eine Unterschreitung der EnEV 2009 im Mittel von etwa 20% sicherstellt. Ferner zeigen sie, dass es in Analogie zu Schulgebäude und Kindergarten aufwendiger ist als im Wohnungsbau weitergehende signifikante Energieeinsparungen nur durch bauliche Maßnahmen zu realisieren. Die Vorteile der kompakteren Bauweise des Fertigungsgebäudes heben sich gegen die größeren Raumhöhen bei diesem Gebäude in etwa auf. Die Anforderungen sind bei dieser Gebäudeform in der Regel den Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz der weniger kompakten Schulgebäude etwa gleichwertig. Eine Anhebung der baulichen Anforderungen auf 30% Unterschreitung der EnEV 2009, würde Mehrinvestitionen zwischen 30 und 60 € pro m² Nutzfläche erfordern. Hiervon fallen etwa je die Hälfte der Kosten auf bessere Fenster und auf bessere Wärmedämmung. Dem gegenüber stehen mittlere Betriebskosteneinsparungen in Höhe von etwa 2,5 €/m²a. Dieses Potential lässt sich häufig kostengünstiger durch technische Maßnahmen erschließen. In Analogie zu Schulgebäude und Kindergarten, wird auch beim Fertigungsgebäude empfohlen, derzeit den baulichen Wärmeschutz nicht stärker zu verschärfen als er nach derzeitigem Stadtratsbeschluss bereits erforderlich ist (20% unter EnEV 2009) und ergänzend anlagentechnische Maßnahmen im Bereich der Rohrleitungsoptimierung, Tageslichtnutzung und Automatisierung/Lichtmanagement verbindlich zu verordnen, die eine Unterschreitung der EnEV 2009 Anforderungen um 30% ermöglichen.

Künftig sollte darüber hinaus, wie bereits bei Schulgebäude und Kindergarten angemerkt, der erhöhte Aufwand für eine detaillierte Planung der Bauteilanschlüsse (Wärmebrückenminimierung) standardmäßig im Planungshonorar des Bauphysikers vorgesehen sein. Das hier „schlummernde“ Potential ist nur sehr kostenaufwendig durch sonstige Zusatzmaßnahmen erschließbar.

Die statische Amortisationszeit für Maßnahmen zur Erreichung des Niveaus „EnEV 2009 minus 30%“ (ohne die Berücksichtigung von Preissteigerungen) beträgt im Mittel ca. 18 Jahre; bei Annahme einer realistischen jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 5% reduziert sie sich auf unter 15 Jahre und kann daher als zumutbar bewertet werden.

Tabelle 6: Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Fertigungsgebäude

Heizanlageartyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.)

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	266,3	228,5	177,8	20,1	0,35	0,14	0,12	0,18	1,1	0,25
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	266,3	226,4	175,7	20,1	0,35	0,13	0,11	0,15	1,1	0,25
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	266,3	226,4	175,7	20,1	0,35	0,13	0,11	0,15	1,1	0,25
3	EnEV -30%* 70% Q_P ; 70% u_m	247,3	173,2	46,3	48,9	0,35	0,06	0,05	0,08	0,9	0,08

* Lüftung mit WRG 75 % erforderlich, sonst ist Niveau nicht erreichbar; 1: optimierte Leitungslängen, EVG und $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

Heizanlageartyp: B: Fernwärme KWK

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	266,3	221,8	243,2	19,9	0,35	0,29	0,30	0,40	1,9	0,42
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	266,3	229,7	254,3	19,9	0,35	0,35	0,30	0,50	1,9	0,60
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	266,3	214,0	231,1	19,8	0,35	0,29	0,30	0,40	1,6	0,42
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	266,3	186,4	192,6	19,8	0,35	0,17	0,24	0,30	1,3	0,40

Tabelle 6 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Fertigungsgebäude

Heizanlageartyp: C: Holzpelletkessel

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	266,3	127,5	395,0	20,9	0,35	0,29	0,30	0,40	1,9	0,42
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	266,3	130,9	413,0	20,9	0,35	0,35	0,30	0,50	1,9	0,60
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	266,3	124,2	377,0	20,9	0,35	0,29	0,30	0,40	1,6	0,42
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	266,3	118,7	348,0	20,8	0,35	0,24	0,24	0,30	1,3	0,40

Heizanlageartyp: D: Gasbrennwertkessel (verb.) + solares TWW und Heizungsunterstützung*

Fall	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹					
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	266,3	228,2	173,4	21,7	0,35	0,18	0,18	0,22	0,9	0,28
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	266,3	266,1	211,0	21,9	0,35	0,33	0,35	0,42	1,4	0,51
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	266,3	226,5	171,7	21,7	0,35	0,17	0,15	0,20	0,9	0,30
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	247,3	173,0	43,9	49,8	0,35	0,09	0,10	0,10	0,9	0,13

1: $\Delta U_{WB}=0$ erforderlich!

* Die Größe der Solaranlage wird nach EEWärmeG, zu 65m² bestimmt. Die Neigung der Anlage beträgt 30°, die Ausrichtung ist Süd.

Tabelle 6 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Gebäudetyp: Fertigungsgebäude

Heizanlageartyp: E: Erdreich-Wärmepumpe

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak}, \max}$	$U_{m,\text{opak}, \text{ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
0	Stadtratsbeschuß 2008 (Basis EnEV 2007; Niveau: EnEV -40%)	266,3	202,2	77,7		0,35	0,29	0,30	0,36	1,9	0,45
1	100% EnEV 2009/EEWärmeG 2009 eingehalten	266,3	209,2	80,5		0,35	0,35	0,30	0,50	1,9	0,60
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	266,3	195,1	75,0		0,35	0,29	0,30	0,40	1,6	0,42
3	EnEV -30% 70% Q_P ; 70% u_m	266,3	183,6	70,6		0,35	0,24	0,26	0,32	1,3	0,35

5.2.4 Sonderfall: fossil befeuerte Heiztechnik

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Heiztechniken mit rein fossilen Befeuerungen (Gasbrennwertkessel) aber auch die mit unterstützender solarer Wärmegegewinnung (Gasbrennwertkessel mit solarem TWW und solarer Heizungsunterstützung) eine deutliche Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes erfordert, die weit über das Verbesserungsmaß des Primärenergiebedarfs hinausgeht und teilweise bis zur Unbaubarkeit führen kann.

Für diese anlagentechnischen Varianten sind daher ergänzende Maßnahmen erforderlich um die Mehrinvestitionen in die bauliche Hülle im erträglichen Maß zu halten. Hierfür sind, neben den zuvor aufgeführten Technologien, folgende weitere wesentliche Maßnahmen möglich:

- Anrechnung von selbstgenutztem Strom aus Photovoltaikanlagen
- Berücksichtigung der wahren Rohrlängen

Zu den vorher dokumentierten Varianten wurden daher für die Variante Gas-Brennwertkessel die beiden folgenden Fälle untersucht.

- Die Fläche der Photovoltaikanlage wurde so gewählt, dass mit der Anlage übers Jahr bilanziert, genau soviel Strom gewonnen wird, wie das Gebäude zum Betrieb benötigt (Antriebsenergien und Beleuchtung).
- Die Fläche der Photovoltaikanlage wird so gewählt, dass mit der Anlage der gesamte Strombedarf in jedem Monat bereit gestellt wird, den das Gebäude jeweils zum Betrieb benötigt (Antriebsenergien und Beleuchtung).

Die Rohrlängen wurden hierbei je in Analogie zu den Rohrlängen des Referenzgebäudes abgebildet (70% der Defaultwerte aus DIN V 18599).

Tabelle 7: Zusammenstellung des Flächenbedarfs für Photovoltaikanlagen zur Abdeckung des Eigenstrombedarfs der Anlagentechnik

Gebäude	Flächenbedarf für die PV Anlage, damit der Photovoltaikstrom den Strombedarf der Anlagentechnik deckt (Heizung und Beleuchtung)	
	[m ² PV je m ² NGF]	
	Im Jahresmittel	In jedem Monat
Schule	0,06	0,33
Kindergarten	0,07	0,37
Fertigungsgebäude	0,25	1,25

Die Berechnungen ergaben, den in Tabelle 7 dargestellten Flächenbedarf für Photovoltaikanlagen je m² NGF. Bei den Berechnungen wurden Module aus multikristallinem Silizium zugrunde gelegt, die in die Gebäudehülle integriert sind und eine optimale Ausrichtung (Südausrichtung, 30 Grad Neigung gegen horizontal) erfahren.

Aufgrund der unterschiedlichen saisonalen Strahlungsangebotes kann im ersten Fall zwar im Jahresmittel mit der Photovoltaikanlage genau soviel Strom gewonnen werden wie von der Anlagentechnik benötigt wird, jedoch aufgrund der Auslegungsregel zur EnEV nur etwa 70% hiervon in Anrechnung gebracht werden (monatliche Bilanzierung von Angebot und Nachfrage). Um die restlichen 30% erschließen zu können (Auslegung für den strahlungsärmsten Monat) wird die 5-fache Kollektorenfläche benötigt.

Die Untersuchungen zeigen, dass aufgrund des geringen Strombedarfs in der Schule und im Kindergarten einerseits auch nur eine geringe Panelfläche je m² Nutzfläche erforderlich ist, andererseits aber dadurch auch nur eine geringe Kompensation möglich ist. Die erforderlichen Investitionskosten für die Ersatzmaßnahme Photovoltaik liegen für diese Gebäude bei etwa 20 €/m²_{NGF}. Das Kompensationspotential durch die Photovoltaik liegt bei ca. 8 kWh_{prim}/m²a. Dies entspricht in etwa dem Potential das durch optimierte Wärmebrückenlösungen erschlossen werden müsste. Daher erlaubt eine Photovoltaikinstallation eine einfachere Realisierung der baulichen Lösungen. Aufgrund des weiterhin hohen Vergütung für selbstgenutzten photovoltaisch erzeugten Strom, wird die Investition in weniger als 15 Jahren wiedererwirtschaftet.

Tabelle 8 zeigt auch, dass im Fertigungsgebäude aufgrund des höheren Strombedarfs, das Substitutionspotential deutlich höher liegt. Allerdings ist die zu installierende Photovoltaikfläche auch entsprechend größer auszuführen. Die Wirtschaftlichkeit ist vergleichbar mit der bei den Schulen und Kindergärten. Da beim Fertigungsgebäude ca. 40 kWh_{prim}/m²a durch Photovoltaikinstallationen substituiert werden kann, können sich diese über die Wärmebrücken hinaus auch deutlich auf die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz auswirken. Bei dieser Gebäudeart ist kann daher der Wärmeschutz moderater ausgeführt werden.

Tabelle 8: Zusammenstellung der Ergebnisse für die Nicht-Wohngebäudeuntersuchungen; Ersatzmaßnahme: Photovoltaik

Gebäudetyp Schule; Heizanlagentyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.); Rohrleitungslängen wie Referenzgebäude

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	143,1	121,8	110,1	1,6	0,35	0,13	0,10	0,14	0,90	0,19
3	EnEV -30%* 70% Q_P ; 70% u_m	137,1	96,0	65,2	8,7	0,35	0,10	0,08	0,10	0,90	0,14

* Lüftung mit WRG 75 % erforderlich, sonst ist Niveau nicht erreichbar; 1: $\Delta U_{\text{WB}}=0,03$ erforderlich!

Gebäudetyp Kindergarten; Heizanlagentyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.); Rohrleitungslängen wie Referenzgebäude;

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{p, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	154,0	130,9	117,4	1,8	0,35	0,16	0,15	0,20	1,1	0,24
3	EnEV -30%* 70% Q_P ; 70% u_m	146,4	102,5	68,2	9,5	0,35	0,09	0,10	0,10	0,90	0,15

* Lüftung mit WRG 75 % erforderlich, sonst ist Niveau nicht erreichbar; 1: $\Delta U_{\text{WB}}=0,03$ erforderlich!

Gebäudetyp Fertigungsgebäude; Heizanlagentyp: A: Gasbrennwertkessel (verb.); Rohrleitungslängen wie Referenzgebäude;

Fall		Primärenergiebedarf		Endenergiebedarf		Mindestwärmeschutz		Thermische Qualität der Bauteile ¹			
		$Q_{P, \max}$	$Q_{P, \text{ist}}$	Wärme $Q_{h,f} + Q_{w,f}$	Strom $Q_{h,\text{aux}} + Q_{w,\text{aux}} + Q_{v,\text{aux}} + Q_{l,f}$	$U_{m,\text{opak, max}}$	$U_{m,\text{opak, ist}}$	Dach U_D	Wand U_W	Fenster U_F	Boden U_G
2	EnEV -15% 85% Q_P ; 85% u_m	266,3	226,4	206,2	5,4	0,35	0,24	0,24	0,30	1,3	0,40
3	EnEV -30%* 70% Q_P ; 70% u_m	247,3	173,2	81,8	34,2	0,35	0,14	0,12	0,18	1,1	0,25

* Lüftung mit WRG 75 % erforderlich, sonst ist Niveau nicht erreichbar; 1: $\Delta U_{\text{vWB}}=0,03$ erforderlich!

5.2.5 Erweiterungsbauten

Wie in den Abschnitten 4.2 und 4.3 erläutert, sind die Nutzungspflichten für die Anwendung der EnEV 2009 und des EEWärmeG Entscheidungen im Einzelfall, die maßgeblich von der funktionalen und technischen Anbindung an den bestehenden Gebäudekörper beeinflusst werden. Daher kann im Rahmen dieser Untersuchung keine allgemeingültige Anforderung an Erweiterungsbauten herausgearbeitet werden. Es kann je nach Gebäudestruktur zu gegenläufigen Erfordernissen kommen.

Sofern eine funktionale Eigenständigkeit des Gebäudekörpers erkennbar ist (keine wesentliche gemeinsame Infrastruktur mit dem Bestandsgebäude) wirkt das EEWärmeG in vollem Umfang, während die EnEV nur die Anforderungen an den Wärmeschutz regelt solange die bestehende Anlagentechnik auch für den Neubau Verwendung findet.

5.2.6 Empfehlungen für den Nicht-Wohnungsbau

Aufgrund der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wird empfohlen als künftiges Anforderungsniveau für Nicht-Wohnungsbauten bereits heute auf „EnEV 2009 -30%“ festzulegen. Dies entspricht dem derzeit diskutierten und im IEKP Paket der Bundesregierung angekündigten Anforderungsniveau der geplanten Energieeinsparverordnung 2012. Stuttgart könnte hiermit bereits heute einen Vorgriff auf das künftige Anforderungsniveau realisieren, ohne den Investoren eine wirtschaftlich unzumutbare Belastung zuzumuten. Allerdings sollten beim Beschluss die Nebenanforderungen an den baulichen Wärmeschutz nur um 20% gegenüber den Anforderungen der EnEV 2009 verschärft werden und ergänzend anlagentechnische Maßnahmen im Bereich der Rohrleitungsoptimierung, Tageslichtnutzung, Beleuchtungseffizienzsteigerung und Automatisierung/Lichtmanagement verbindlich zu verordnen, die eine Unterschreitung der EnEV 2009 Anforderungen um 30% ermöglichen. Besonders hingewiesen sei hierbei auf die Anrechenbarkeit von photovoltaisch erzeugtem Strom bei Eigennutzung. Diese wirtschaftlich vertretbare Investition kann besonders bei Gebäuden mit höherem Strombedarf für Beleuchtung und Anlagentechnik (>10 kWh/m²a) zu erheblichen Einsparungen beim baulichen Wärmeschutz führen.

Künftig sollte darüber hinaus, der erhöhte Aufwand für eine detaillierte Planung der Bauteilanschlüsse (Wärmebrückenminimierung) standardmäßig im Planungshonorar des Bauphysikers vorgesehen sein. Das hier „schlummernde“ Potential ist nur sehr kostenaufwendig durch sonstige Zusatzmaßnahmen erschließbar.

Die statische Amortisationszeit für Maßnahmen zur Erreichung des Niveaus „EnEV 2009 minus 30%“ (ohne die Berücksichtigung von Preissteigerungen) beträgt im Mittel 18 bis 25 Jahre; bei Annahme einer realistischen jährlichen Energiepreissteigerungsrate von 5% reduziert sie sich auf unter 15 bis 20 Jahre und kann daher als zumutbar bewertet werden.

6 Empfehlung für zukünftige städtische Anforderungen

Aufgrund der analysierten Gebäude und Energieniveaus wird der Stadt Stuttgart als neue Anforderung für städtische Gebäude und Gebäude auf städtischen Grundstücken folgendes vorgeschlagen:

Wohngebäude: Mindestanforderung: KfW-Effizienzhaus 70.

Dadurch wird sichergestellt, dass die Bauherren die Fördermittel der KfW-Bank in die Finanzierung einbinden können, was sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Im Mittel wird hierdurch eine 30 % Verschärfung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009 erreicht, was dem Niveau der geplanten Energieeinsparverordnung 2012 entspricht.

Nutzgebäude: 30%-Verschärfung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009

Da für Nichtwohngebäude mit dem erhöhten Anforderungsniveau gegenüber der EnEV 2009 eine noch ausreichend hohe Wirtschaftlichkeit sicher gestellt werden kann, sollte auch hier das geplante Niveau der geplanten Energieeinsparverordnung 2012 bereits heute realisiert werden. Allerdings sollten beim Beschluss die Nebenanforderungen an den baulichen Wärmeschutz nur um 20% gegenüber den Anforderungen der EnEV 2009 verschärft werden und ergänzend anlagentechnische Maßnahmen im Bereich der Rohrleitungsoptimierung, Tageslichtnutzung, Beleuchtungseffizienzsteigerung und Automatisierung/ Lichtmanagement verbindlich zu verordnen, die eine Unterschreitung der EnEV 2009 Anforderungen um 30% ermöglichen.

Da mit der Überarbeitung der europäischen Gebäuderichtlinie den öffentlichen Gebäuden künftig eine besondere Vorbildfunktion zufällt, wäre für diese Gebäude sogar eine Unterschreitung von 40 bis 50% zu empfehlen. Zu sanierenden kommunale Gebäude sollten eine analoge Anforderung (50% unter EnEV 2009) erhalten.

Die zweistufige Anforderung ist vor allem durch die starken Differenzen der Anforderungen und der KfW-Förderprogramme zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden in der Energieeinsparverordnung 2009 begründet.

Eine allgemeingültige Anforderung an Erweiterungsbauten kann leider nicht gegeben werden, da diese Gebäude einer Entscheidung im Einzelfall bedürfen. Die Anforderungen aus EEWärmeG und EnEV 2009 sind teilweise gegenläufig lassen sich daher nicht allgemeingültig auf die Gebäudegruppe anwenden. Dennoch sollten auch für diese Gebäude die Wärmeschutzanforderungen in einer vergleichbaren Größenordnung liegen wie die für Neubauten. Die Anforderungen an die Anlagentechnik dagegen müssen individuell der Ausführungsvariante angepasst werden

7 Literatur

- [1] Erhorn, H. und Erhorn-Kluttig, H.: Auswirkung der aktuellen Kostensituation auf die wirtschaftlichen Mindestanforderungen an den Primärenergiebedarf und auf die Wärmeschutzanforderungen von unterschiedlichen Gebäudetypen zur Fortschreibung des NEH-Beschlusses der Landeshauptstadt Stuttgart. Bericht WB 138/2008 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart (2008).
- [2] Bundesregierung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV 2007), Bundesgesetzblatt, Teil 1, Nr. 34 (2007), S. 1519 ff.
- [3] Bundesregierung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV 2009), nichtamtliche Lesefassung (2009), 76 Seiten.
- [4] Bundesregierung: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare Energien Wärme Gesetz – EEWärmeG 2009), Bundesgesetzblatt, Teil 1, Nr. 36 (2009), S. 1656 ff..
- [5] DIN V 4108-6: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Beuth-Verlag, Berlin (2003).
- [6] DIN V 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Beuth-Verlag, Berlin (2003).
- [7] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teile 1 – 10. Beuth-Verlag, Berlin (2007).