

IBP-Bericht WB150/2009

EnEV easy - Entwicklung eines Anforderungskatalogs an den energiesparenden Wärmeschutz von typischen Wohngebäuden zur Einhaltung der Vorgaben der EnEV 2009 und des EEWärmeG

Durchgeführt im Auftrag
des Wirtschaftsministerium Baden-
Württemberg

Linda Lyslow
Hans Erhorn

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

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

IBP-Bericht WB 150/2009

EnEV easy - Entwicklung eines Anforderungs- katalogs an den energiesparenden Wärme- schutz von typischen Wohngebäuden zur Einhaltung der Vorgaben der EnEV 2009 und des EEWärmeG

Durchgeführt im Auftrag
des Wirtschaftsministerium Baden-
Württemberg

Der Bericht umfasst
45 Seiten Text
26 Tabellen
36 Abbildungen
1 Anhang

*Auszugsweise Veröffentlichung nur mit
schriftlicher Genehmigung des Fraun-
hofer-Instituts für Bauphysik gestattet.*

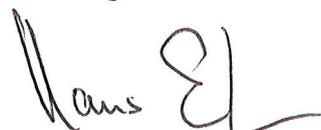
Stuttgart, 3. März 2010

Institutsleiter



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Gerd Hauser

Abteilungsleiter



Dipl.-Ing. Hans Erhorn

Inhalt

1	Aufgabenstellung	3
2	Projektumfang	4
2.1	Festlegung Typgebäude	4
2.2	Auswahl Anlagentechnik	5
2.3	Auswahl der Berechnungsmethode	5
2.4	Ermittlung der Anforderungen an den baulichen Mindestwärmeschutz zur Einhaltung der EnEV 2009- Anforderungen und der Anforderungen des EEWärmeG	5
2.5	Erstellen eines Abschlussberichtes	6
3	Vorbereitende Analysen und Systemauswahl	6
3.1	Typgebäudeauswahl	6
3.2	Anlagentechnik	8
3.3	Bewertungsmethode	15
4	Bewertungsergebnisse	17
4.1	Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz	17
4.2	Ist-Wert und Anforderungswert des Transmissionswärmeverlusts	23
4.3	Ist-Wert und Anforderungswert des Jahres- Primärenergiebedarfs	23
4.3.1	Angabe des Ist- und des Anforderungswertes mit Hilfe einer Funktion	23
4.3.2	Angabe von Ist-Wert- und Anforderungswert-Bandbreiten	27
4.4	Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %	32
4.5	Sonderuntersuchungen Anlagenkonfiguration 1/1a und 7a	38
4.5.1	Ergebnisse der Untersuchung Anlagenkonfiguration 1/1a bei allen Gebäudegruppen	38
4.5.2	Ergebnisse der Untersuchung Anlagenkonfiguration 7a bei Reihenmittelhaus	38
4.6	Untersuchung Aufstellungsort der Anlagentechnik	39
5	Zusammenfassung und Ausblick	41
5.1	Zusammenfassung	41
5.2	Ausblick	42
6	Literatur	45
7	Anhang	46
7.1	Gebäudegruppen definiert im IKARUS Projekt	46
7.2	Festlegung von Ist-Werten und Anforderungswerten des Jahres-Primärenergiebedarfs	48

Aufgabenstellung

Die Anforderungen an das energiesparende Bauen sind im Laufe der Jahre immer komplexer geworden. Während die erste Wärmeschutzverordnung 1977 noch mit einem Seitenumfang von etwa 10 Seiten auskam, um die Anforderungen und Nachweismethode zu definieren, erweiterte sich im Laufe der mittlerweile fünf Novellierungen sowohl der Umfang der Anforderungen und des Nachweises als auch die Komplexität der Bewertungsmethode. Darüber hinaus wurde in Rahmen der Gesetzgebung zum Integrierten Energie- und Klimapaket (IEKP) der letzten Bundesregierung ergänzende Anforderungen in einem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz fixiert, die nur begrenzt auf die Anforderungen der Energieeinsparverordnung abgestimmt erscheinen.

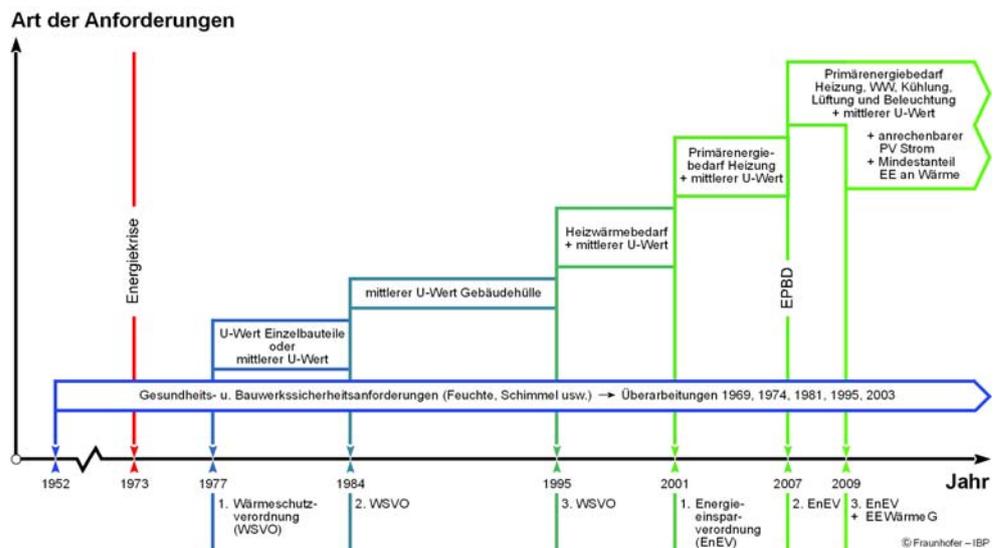


Bild 1: Übersicht über die Entwicklung der Anforderungen an das energiesparende Bauen in den letzten 60 Jahren

Derzeit muss der Nachweisführende neben den 76 Seiten Anforderungstext der Energieeinsparverordnung und den 8 Seiten des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes ein etwa 1.000 Seiten starkes Normenwerk für die Bewertungsmethode beherrschen. Dies führt besonders im Bereich des Wohnungsbaus zum Akzeptanzverlust in der Baupraxis.

Im Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg wurde daher die Idee geboren, die Nachweismethode zu vereinfachen, ohne dabei deren Umfänglichkeit zu begrenzen. Hierzu wurde angeregt, zu untersuchen, ob es möglich ist, für typische neu zu errichtende Wohngebäude mit herkömmlichen Heiz- und Lüftungssystemen Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz zu definieren, die sicherstellen, dass die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) garantiert sichergestellt sind.

1 Projektumfang

Die Forschungsarbeit ist derart strukturiert, dass für ausgewählte repräsentative Typgebäude mit zugehörigen Heiz- und Lüftungssystemen Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz berechnet werden, die die Einhaltung der Anforderungen der EnEV 2009 und des EEWärmeG zuverlässig sicher stellen. Bei der Verwendung dieser Kennwerte und Anlagentechniken kann der Nachweisende künftig auf den aufwendigen umfangreichen EnEV Nachweis verzichten und lediglich bestätigen, dass alle gesetzlichen Anforderungen eingehalten sind. Als energetischen Kennwert des Gebäudes kann der Nachweisende den Anforderungswert der EnEV 2009 ausweisen. Die Arbeitsschritte beinhalten folgende Schwerpunkte:

1.1 Festlegung Typgebäude

Im Rahmen des IKARUS Projektes hat das Fraunhofer IBP eine umfangreiche Analyse der Neubautätigkeiten im Wohnungsbau in Deutschland durchgeführt. Hierbei wurden 7 Typgebäude definiert, mit denen die Neubauszenarien in den Vorhersagemodellen zur Klimawirkungen in Deutschland abgebildet wurden.

Gebäudekennwerte	T Y P G E B Ä U D E						
	mit einer Wohnung			mit zwei	mit drei	mit sieben	mit dreizehn
	frei- stehend	Doppel- haus- hälfte	Reihen- haus	Wohnungen	bis sechs Wohnungen	bis zwölf Wohnungen	und mehr Wohnungen
Bruttogrundfläche [m ²]	170	147	143	270	492	907	2045
Nettogrundfläche [m ²]	141	122	119	224	408	753	1697
Wohnfläche [m ²]	134	116	112	193	351	648	1461
Bruttoraumvolumen [m ³]	441	405	379	736	1333	2542	5889
Dach-, oberste Geschoß- deckenfläche [m ²]	135	72	66	181	207	289	667
Außenwandfläche [m ²]	121	102	44	170	306	572	1000
Fensterfläche [m ²]	Süd	11	9	9	17	30	122
	Ost/West	11	3	0	18	18	128
	Nord	5	7	8	8	24	71
Kellerdeckenfläche [m ²]	125	61	56	147	221	292	644
Hüllflächenfaktor [m ⁻¹]	0,92	0,62	0,48	0,68	0,61	0,51	0,45

Bild 2:
Zusammenstellung der Gebäudekennwerte für die ermittelten Typgebäude

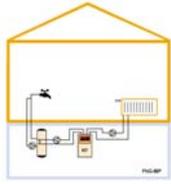
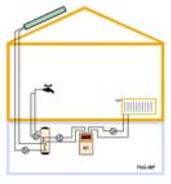
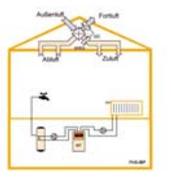
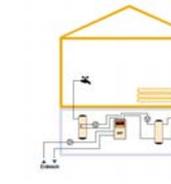
Die für die einzelnen Gebäudetypen relevanten Gebäudedaten der analysierten Wohngebäude sind im Anhang Abschnitt 6.1 in Bild 4 bis Bild 10 zusammengestellt.

Zu Beginn der Untersuchung wird für das freistehende Einfamilienhaus und das Mehrfamilienhaus mit 13 und mehr Wohnungen geprüft werden, ob das im IKARUS Projekt definierte mittlere Gebäude, das Gebäude mit der kleinsten oder das mit der größten Wohnfläche des jeweiligen Gebäudetyps die strengsten Anforderungskennwerte erfordert. An den ausgewählten Typgebäuden werden dann repräsentativ die Untersuchungen durchgeführt.

1.2 Auswahl Anlagentechnik

Die Untersuchungen werden für mindestens 10 Standard-Anlagenkonfigurationen durchgeführt werden. Die auszuwählenden Anlagentypen werden gemeinsam mit dem Auftraggeber definiert.

Tabelle 1:
Beispielhafte Auswahl von Anlagenkonfigurationen

			
Konventioneller Kessel (erhöhte Anforderung nach EEWärmeG)	Solare Warmwasserbereitung nach EEWärmeG	Wohnungslüftung mit 60 % WRG	Erdreich-Wärmepumpe

Bei der Auswahl wird darauf geachtet, dass auch die Anforderungen des EEWärmeG Berücksichtigung finden.

1.3 Auswahl der Berechnungsmethode

Da seit Inkrafttreten der EnEV 2009 zwei Nachweisverfahren (DIN V 18599 und DIN V 4108-6/4701-10) gleichberechtigt nebeneinander zugelassen sind, muss überprüft werden, ob eines der beiden grundsätzlich schärfere Anforderungen bedingt. Bisherige Erfahrungen lassen vermuten, dass dies technologiebezogen variieren kann.

Zu Beginn der Untersuchung wird daher für das freistehende Einfamilienhaus und das Mehrfamilienhaus mit 13 und mehr Wohnungen geprüft, welche der beiden Rechenmethoden für die Untersuchung zur Anwendung kommen soll. Mit dieser Methode werden dann auch die Berechnungen für die anderen Typgebäude durchgeführt.

1.4 Ermittlung der Anforderungen an den baulichen Mindestwärmeschutz zur Einhaltung der EnEV 2009-Anforderungen und der Anforderungen des EEWärmeG

Für die definierten Typgebäude mit den zugehörig ausgewählten Anlagenkonfigurationen unter Anwendung der jeweils relevanten Berechnungsmethode werden die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz bestimmt, die zur Einhaltung der Anforderungen der EnEV 2009 und des EEWärmeG mindestens zu realisieren sind. Hierbei wird neben dem nach EnEV einzuhaltenden Primärenergiebedarfswert und dem spezifischen Transmissionswärmeverlustkoeffizienten (H'_{T}) auch eine Angabe zur wirtschaftlich sinnvollen Aufteilung der Einzelbauteilanforderungen vorgenommen.

Die Ergebnisse werden in Form einer leicht lesbaren Übersichtstabelle verdichtet.

1.5 Erstellen eines Abschlussberichtes

Alle Untersuchungsergebnisse werden, neben den im Abschnitt 2.4 dargestellten Übersichtstabellen, in einem Abschlussbericht umfassend dokumentiert.

2 Vorbereitende Analysen und Systemauswahl

Die Berechnungen zur Auswahl der Typgebäude und der Bewertungsprozedur erfolgen an den Modellgebäuden der IKARUS Untersuchung für die Gruppen freistehende Einfamilienhäuser und große Mehrfamilienhäuser.

2.1 Typgebäudeauswahl

Die Untersuchung zur Typgebäudeauswahl konzentriert sich auf verschiedene Kennwerte der jeweiligen Gebäudegruppe. So wurde im ersten Schritt untersucht, ob das Gebäude mit der kleinsten, der mittleren oder der größten Wohnfläche die schärfsten Anforderungen bedingt.

Die Ergebnisse der ersten Untersuchung zeigen, dass es keine einheitliche Tendenz gibt. Während beim Einfamilienhaus das Gebäude mit der größten Wohnfläche die schärfsten Anforderungen an den Wärmeschutz bedingt, ist dies beim Mehrfamilienhaus das Gebäude mit der kleinsten Wohnfläche. Ferner ist zunächst eine deutliche Abhängigkeit des Ist- und des Sollwertes des Primärenergiebedarfs von der Wohnfläche festzustellen. Der Wert nimmt mit größer werdender Wohnfläche beständig ab.

Als weitere Parameter wurden der auf die Nutzfläche bezogene Fensterflächenanteil und der Kompaktheitsgrad (A/V_e -Verhältnis) untersucht. Die ersten Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Fensterfläche einen untergeordneten Einfluss auf den Primärenergiebedarf haben, wogegen der Kompaktheitsgrad eine vergleichbare Tendenz aufweist wie die Wohnfläche.

Da sich keine eindeutigen Tendenzen aus der ersten Untersuchung ableiten lassen, werden im zweiten Schritt die umfangreichen Untersuchungen immer an mehreren Gebäuden einer Gebäudegruppe durchgeführt. Dazu werden die sieben Gebäudegruppen mit den im Rahmen des IKARUS Projektes analysierten Wohngebäude zu insgesamt fünf Gebäudegruppen zusammengefasst. Dabei werden Gruppen wie Wohngebäude mit zwei Wohnungen, Wohngebäude mit drei bis sechs Wohnungen, Wohngebäude mit sieben bis zwölf Wohnungen und Wohngebäude mit dreizehn und mehr Wohnungen in kleine Mehrfamilienhäuser mit einer Nutzfläche kleiner 350 m^2 , und in große Mehrfamilienhäuser mit einer Nutzfläche größer 350 m^2 unterteilt (analog der in EnEV 2009 definierten Gebäudetypen zu Festlegung der Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlusts). Die neu definierten Gebäudegruppen und deren Gebäudekenndaten können der Tabelle 2 entnommen werden. Der auf die Nutzfläche bezogene Fensterflächenanteil A_F/A_N wird bei allen Gebäudegruppen mit Ausnahme von Gebäudegruppe 3 (Reihenmittelhäuser) zwischen 15 und 20 %

variiert. Bei der Gebäudegruppe 3 wird dagegen die untere Grenze des Fensterflächenanteils A_F/A_N aufgrund der relativ kleinen Außenwandfläche auf 10 % gesetzt. Außerdem wird angenommen, dass alle Wohngebäude der definierten Gebäudegruppen einen unbeheizten Keller haben und dass das Dach den Abschluss der wärmeübertragenden Gebäudehülle nach außen darstellt.

Die Ergebnisse der zweiten Untersuchung an mehreren Gebäuden einer Gebäudegruppe lassen eine grobe Tendenz in Bezug auf das Wohngebäude, das sogenannte „kritischste Gebäude“, welches die schärfsten Anforderungen bedingt, erkennen. Dabei haben nicht nur die Nutzfläche und der Fensterflächenanteil, sondern auch das AV_e -Verhältnis und das Verhältnis von Hüllflächenanteil angrenzend an die Außenluft (Außenwände mit Fenster und Dach) zu Hüllflächenanteil angrenzend an den unbeheizten Bereich (Kellerdecke) einen Einfluss.

So weisen die kritischsten Gebäude bei Anlagensystemen (wie zum Beispiel Anlage 5, 6, 9 und 11 definiert im Abschnitt 2.2) mit spezifischen Transmissionswärmeverlust (H'_{τ}) als maßgebende Kenngröße für die Ermittlung der Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz einheitlich einen Fensterflächenanteil A_F/A_N von 20 % auf. Die Größenordnung der Nutzfläche dieser Gebäude ist dagegen unterschiedlich. Während das kritischste Gebäude bei den Doppelhaushälften und Reihenmittelhäusern die größte Nutzfläche hat, fällt die Nutzfläche bei den kritischsten Gebäuden weiterer Gebäudegruppen etwas kleiner als der Mittelwert aus. Das AV_e -Verhältnis tendiert zum kleineren bis kleinsten Wert und das Verhältnis des Hüllflächenanteils angrenzend an die Außenluft zur Fläche der Kellerdecke neigt zu größeren Werten.

Die kritischsten Gebäude bei Anlagensystemen (wie zum Beispiel Anlage 2, 3 und 7 definiert im Abschnitt 2.2) mit dem spezifischen Jahres-Primärenergiebedarf ($Q_{p''}$) als maßgebende Kenngröße für die Ermittlung der Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz zeigen dagegen entgegengesetzte Parameter an. So liegt der Fensterflächenanteil A_F/A_N der kritischsten Gebäude bei 15 %, die Nutzfläche variiert zwischen kleinstem und kleinstem Wert als Mittelwert. Das AV_e -Verhältnis liegt zwischen mittlerem und größtem Wert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das kritischste Gebäude in erster Linie von der Anlagenkonfiguration und somit von dem maßgebenden der beiden Kennwerte (spezifischer Transmissionswärmeverlust (H'_{τ}) bzw. spezifischer Jahres-Primärenergiebedarf ($Q_{p''}$)) abhängt. Ist der spezifische Transmissionswärmeverlust (H'_{τ}) maßgebend, spielt die Fensterfläche und die Größe der Hüllflächenbauteile angrenzend an die Außenluft eine Rolle. Ist der spezifische Jahres-Primärenergiebedarf maßgebend, stehen die solaren Gewinne durch Fenster und die Transmissionswärmeverluste durch die Außenhülle im Vergleich zum beheizten Volumen (wiedergegeben durch AV_e -Verhältnis) im Vordergrund.

Die Untersuchung an mehreren Gebäuden einer Gebäudegruppe hat ferner ergeben, dass es keine Abhängigkeit des Ist- und des Sollwertes des Primärenergiebedarfs von der Nutzfläche gibt. Eine lineare Abhängigkeit des Ist- und des Sollwertes des Primärenergiebedarfs ist dagegen beim AV_e -Verhältnis vorzufinden.

Tabelle 2:
Zusammenstellung der relevanten Gebäudekennwerte von untersuchten Gebäudegruppen

Gebäudegruppe		Abkürzung	Nutzfläche A_N	Wohnfläche	Bruttovolumen	Fensterfläche A_F/A_N	
			m ²	m ²	m ³	15 % (10 %)	20 %
						m ²	m ²
1	Freistehende Einfamilienhäuser	EFH	100 - 200	90 - 180	305 - 625	15 - 30	20 - 40
2	Doppelhaushälften	DHH	137 - 202	114 - 187	428 - 631	21 - 30	28 - 40
3	Reihenmittelhäuser	RMH	137 - 202	114 - 187	428 - 631	21 - 30	28 - 40
4	Kleine Mehrfamilienhäuser	kl.MFH	170 - 331	139 - 280	530 - 1.034	26 - 50	34 - 66
5	Große Mehrfamilienhäuser	gr.MFH	359 - 2.271	288 - 1.731	1.122 - 7.096	54 - 341	72 - 454

2.2 Anlagentechnik

In mehreren Besprechungen mit dem Auftraggeber sind die zu bewertenden Anlagensysteme festgelegt worden. Hierbei wird versucht, sowohl die marktgängigsten Lösungen als auch die im EEWärmeG aufgeführten regenerativen Systemlösungen bestmöglich abzudecken. Die folgenden, in der Tabelle 3 aufgeführten Systeme kommen in den Untersuchungen zur Anwendung. Dabei wird der Aufstellungsort der Anlagensysteme 1 (Brennwertkessel), 2 (Brennwertkessel mit Solar-WW) und 4 (Brennwertkessel mit WRG) bei Einfamilienhäusern innerhalb der thermischen Gebäudehülle und bei Mehrfamilienhäusern im unbeheizten Keller angenommen. Bei weiteren Anlagensystemen wird zwischen Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus nicht unterschieden und die Anlagentechnik als außerhalb der thermischen Gebäudehülle (unbeheizter Keller) untergebracht betrachtet.

Tabelle 3:
Zusammenstellung der untersuchten Anlagentechniken

Anlagentechnik		Erzeuger	Verteilung	Übergabe
Anlage 1 (Brennwertkessel)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL - Auslegung: 55/45°C - Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung innerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		
Anlage 1a	wie Anlage 1, nur Aufstellung der Wärmeerzeuger und Speicher sowie Verlegung horizontaler Verteilungen außerhalb der thermischen Hülle.			
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL - Auslegung: 55/45°C - Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL - solare Trinkwassererwärmung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung innerhalb der thermischen Hülle - Solarspeicher (Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		
Anlage 2a	wie Anlage 2, nur Aufstellung der Wärmeerzeuger und Speicher sowie Verlegung horizontaler Verteilungen außerhalb der thermischen Hülle.			
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL - Auslegung: 55/45°C - Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle - solare Heizungsunterstützung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL - solare Trinkwassererwärmung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Solarspeicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		

Fortsetzung Tabelle 3:
Zusammenstellung der untersuchten Anlagentechniken

Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL - Auslegung: 55/45°C - Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Brennwertkessel verbessert - Energieträger: Erdgas/Heizöl EL 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung innerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Zu- und Abluftanlage - Verteilleitungen innerhalb der thermischen Hülle - Luftwechsel $n = 0,4^{-1}$ - Gleichstromventilator (DC) - Wärmerückgewinnungsgrad 70 % 		
Anlage 4a	wie Anlage 4, nur Aufstellung der Wärmeerzeuger und Speicher sowie Verlegung horizontaler Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle. Die Verteilleitungen der Zu-/Abluftanlage bleiben innerhalb der thermischen Hülle.			
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Erdreichwärmepumpe - Energieträger: Strom - Auslegung: 35/28°C 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - integrierte Heizflächen (z. B. Fußbodenheizung) - Einzelraumregelung mit Zweipunktregler und Schaltdifferenz 0,5 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Erdreichwärmepumpe - Energieträger: Strom 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Erdreichwärmepumpe - Energieträger: Strom - Auslegung: 35/28°C 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - integrierte Heizflächen (z. B. Fußbodenheizung) - Einzelraumregelung mit Zweipunktregler und Schaltdifferenz 0,5 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Erdreichwärmepumpe - Energieträger: Strom 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Zu- und Abluftanlage - Verteilleitungen innerhalb der thermischen Hülle - Luftwechsel $n = 0,4 \text{ 1/h}$ - Gleichstromventilator (DC) - Wärmerückgewinnungsgrad 60 % 		

Fortsetzung Tabelle 3:
Zusammenstellung der untersuchten Anlagentechniken

Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Luft-Wasser-Wärmepumpe - Energieträger: Strom - Auslegung: 35/28°C - elektrische Ergänzungsheizung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe - Pufferspeicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	<ul style="list-style-type: none"> - integrierte Heizflächen (z. B. Fußbodenheizung) - Einzelraumregelung mit Zweipunktregler und Schaltdifferenz 0,5 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Luft-Wasser-Wärmepumpe - Energieträger: Strom - elektrische Ergänzungsheizung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Luft-Wasser-Wärmepumpe - Energieträger: Strom - Auslegung: 35/28°C - elektrische Ergänzungsheizung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - integrierte Heizflächen (z. B. Fußbodenheizung) - Einzelraumregelung mit Zweipunktregler und Schaltdifferenz 0,5 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Luft-Wasser-Wärmepumpe - Energieträger: Strom - elektrische Ergänzungsheizung 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Zu- und Abluftanlage - Verteilungen innerhalb der thermischen Hülle - Luftwechsel $n = 0,4^{-1}$ - Gleichstromventilator (DC) - Wärmerückgewinnungsgrad 60 % 		
Anlage 9a (Biomasse- kessel)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Biomassekessel - Energieträger: Holzpellets - Auslegung: 70/55°C - Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe - Pufferspeicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Biomassekessel - Energieträger: Holzpellets 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		

Fortsetzung Tabelle 3:
Zusammenstellung der untersuchten Anlagentechniken

Anlage 10a (Nah- /Fernwärme KWK)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Nah- und Fernwärme aus Kraft-/Wärmekopplung - Energieträger: fossiler Brennstoff - Auslegung: 70/55°C 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z. B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Nah- und Fernwärme aus Kraft-/Wärmekopplung - Energieträger: fossiler Brennstoff 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	keine mechanische Lüftungsanlage		
Anlage 11a (Nah- /Fernwärme KWK mit WRG)	Heizung	<ul style="list-style-type: none"> - Nah- und Fernwärme aus Kraft-/Wärmekopplung - Energieträger: fossiler Brennstoff - Auslegung: 55/45°C 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrales System - horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - Verteilungsstränge innenliegend - geregelte Pumpe 	<ul style="list-style-type: none"> - freie Heizflächen (z.B. Heizkörper) überwiegend im Außenwandbereich - Thermostatventile und andere P-Regler mit Auslegungsproportionalbereich 1 K
	Trinkwarmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Nah- und Fernwärme aus Kraft-/Wärmekopplung - Energieträger: fossiler Brennstoff 	<ul style="list-style-type: none"> - gebäudezentrale Versorgung mit Zirkulation - Verteilung außerhalb der thermischen Hülle - indirekt beheizter Speicher (Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle) 	
	Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> - Zentrale Zu- und Abluftanlage - Verteilleitungen innerhalb der thermischen Hülle - Luftwechsel $n = 0,4^{-1}$ - Gleichstromventilator (DC) - Wärmerückgewinnungsgrad 60 % 		

Für alle weiteren Parameter, die in der oben aufgeführten Tabelle 3 nicht festgelegt worden sind, wie zum Beispiel Kesselleistung, Anlagenwirkungsgrad, Leistungszahl der Wärmepumpe, Speichergröße, Verteilleitungslängen, Kollektorfläche, -neigung, -ausrichtung, werden die in der DIN 4701-10 vorgegebenen Standardwerte übernommen. Die Standardwerte stellen in der Regel ungünstigere Werte dar als dem Stand der Technik entspricht. Auf diese Weise liegen die Anforderungen an den baulichen Mindestwärmeschutz auf der sicheren Seite.

Im Folgenden werden die Parameter eines Kollektors aufgrund spezieller Regelungen des EEWärmeG ausführlicher behandelt.

Die Nutzungspflicht des EEWärmeG bei Nutzung solarer Strahlungsenergie gilt als erfüllt, wenn bei einem Wohngebäude mit höchstens zwei Wohnungen Solarkollektoren mit einer Fläche von mindestens 4 m² pro 100 m² Nutzfläche und bei einem Wohngebäude mit mehr als zwei Wohnungen mit einer Fläche von mindestens 3 m² pro 100 m² Nutzfläche installiert werden. Die Orientierung und die Neigung der Kollektorfläche ist nach dieser Regelung freigestellt. Die Standardwertangaben in DIN 4701-10 sind um 10 – 30 % kleiner als die vor-

gegebenen Flächen im EEWärmeG; die Ausrichtung der Kollektoren ist fest und weicht um 20° von Süden ab, die Kollektoren weisen eine Neigung von 30° auf. Die mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen der fünf definierten Gebäudegruppen zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG werden dennoch auf der Grundlage von Standardwerten der DIN 4701-10 festgelegt. Dies führt dazu, dass bei großen Mehrfamilienhäusern und Anlagenkonfiguration 2a (Brennwertkessel mit Solar WW) der Wärmeenergiebedarf von mindestens 15 % (EEWärmeG §5 Satz (1)) nicht vollständig durch solare Strahlungsenergie gedeckt werden kann und der Nutzungspflicht des EEWärmeG durch die Kombination mit Energiesparmaßnahmen nachgekommen werden muss. Wird bei dem zu errichtenden Wohngebäude die Kollektorgröße abweichend von den Standardwertvorgaben der DIN 4701-10 und gemäß EEWärmeG-Regelung gewählt, sind die in Tabelle 4 und Tabelle 5 angegebenen Kollektorneigungen und -orientierungen in Abhängigkeit der Nutzfläche des zu errichtenden Wohngebäudes zulässig.

Tabelle 4:
Zusammenstellung der zulässigen Kollektororientierungen und –neigungen (Flächenausschnitt des Kreises) in Abhängigkeit von Gebäudenutzfläche bei Kollektorfläche gemäß EEWärmeG-Regelung (grau markierte Fläche)

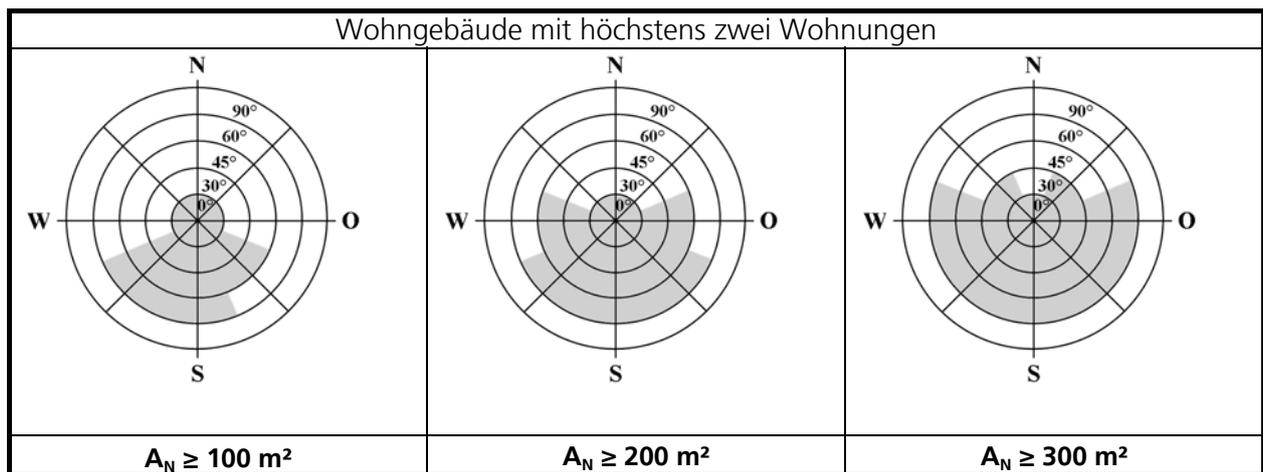
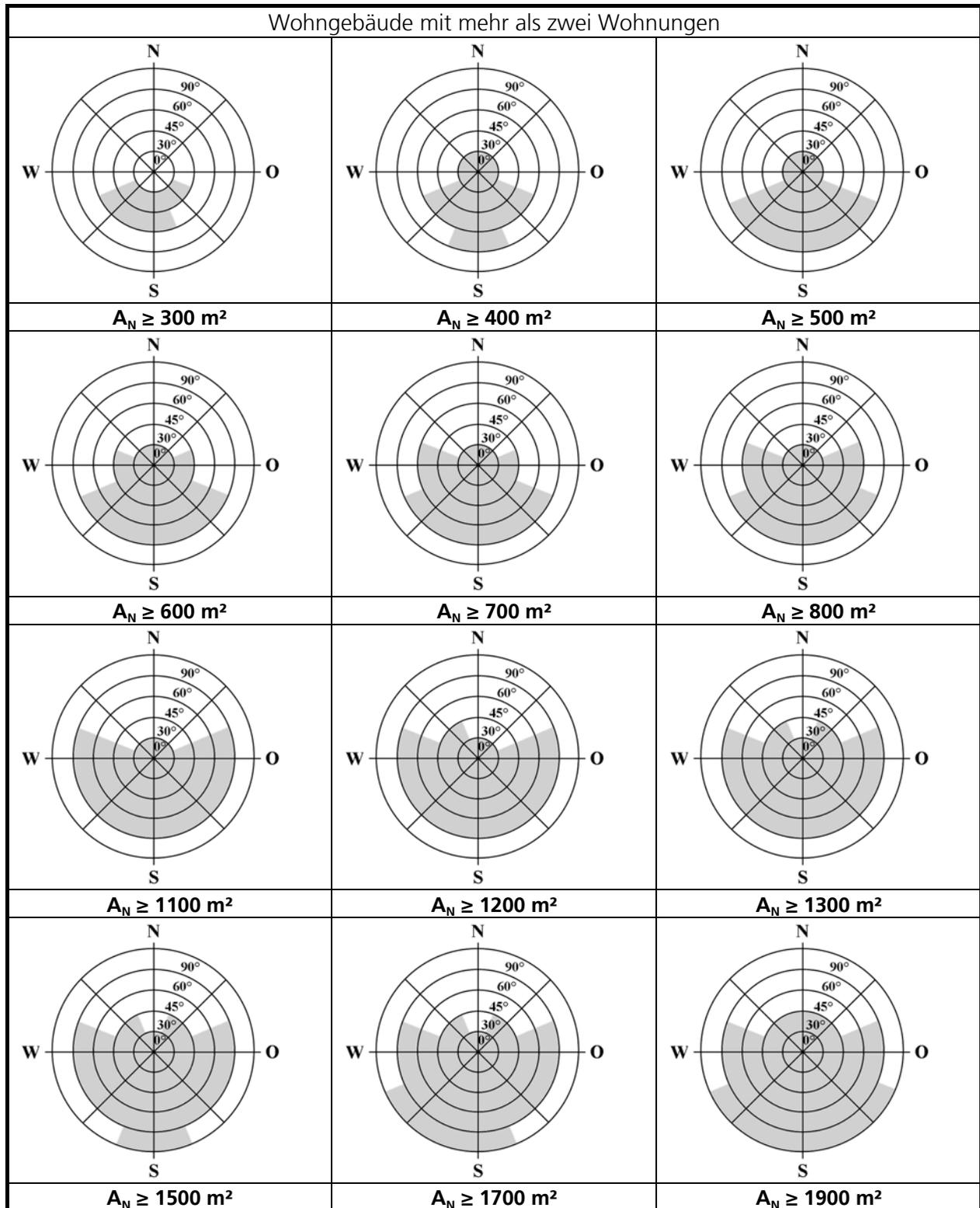


Tabelle 5:
Zusammenstellung der zulässigen Kollektororientierungen und –neigungen (Flächenausschnitt des Kreises) in Abhängigkeit von Gebäudenutzfläche bei Kollektorfläche gemäß EEWärmeG-Regelung (grau markierte Fläche)



Des Weiteren soll auf die Festlegung der Mindestanforderung an den baulichen Wärmeschutz zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG mit Anlagenkonfiguration 4/4a (Brennwertkessel mit WRG) hingewiesen werden. Das EEWärmeG sieht die Nutzung der Abwärme als Ersatzmaßnahme an, welche ebenfalls zur Energieeinsparung beiträgt. Die Nutzungspflicht des EEWärmeG gilt als erfüllt, wenn der Wärmeenergiebedarf zu mindestens 50 % durch raumlufttechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung gedeckt wird. Der Deckungsanteil bewegt sich jedoch bei den gewählten Anlagenparametern und in Abhängigkeit vom Gebäudetyp zwischen 20 % und 30 %. Die Nutzungspflicht wird erfüllt, indem der restliche Pflicht-Anteil durch Energiesparmaßnahmen in Form einer besseren Dämmung der Gebäudehülle abgedeckt wird.

2.3 Bewertungsmethode

Die Untersuchungen zur Bestimmung der Sensitivität der möglichen Bewertungsmethoden (DIN V 4108-6/4701-10 oder DIN V 18599) auf den Primärenergiebedarf erfolgte für ausgewählte Systemtechniken an den gleichen Gebäuden wie unter 3.1 beschrieben.

6/4701-10. Allerdings trifft dies auch für das Referenzgebäude zu, so dass hieraus nicht abgeleitet werden kann, dass die Bewertung nach DIN V 18599 zu geringeren Anforderungen führt. Die Untersuchung zeigte im Gegenteil, dass abhängig von der gewählten Anlagenkonfiguration die Anforderungen bei der Bewertung nach DIN V 18599 schärfer oder milder waren als sich diese bei der Bewertung nach DIN V 4108-6/4701-10 ergaben.

Für die weiteren Untersuchungen wurde daher mit dem Auftraggeber vereinbart, die umfangreichen Berechnungen nur mit der Bewertungsmethode nach DIN V 4108-6/4701-10 durchzuführen, da diese derzeit noch die größte Verbreitung bei Planern hat.

3 Bewertungsergebnisse

Im Folgenden wird für die verschiedenen Gebäudegruppen in Abhängigkeit der untersuchten Anlagentechnik dargestellt, mit welchen Mindestanforderungen an den Wärmeschutz die Einhaltung der Anforderungen aus EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG sicher erfüllt werden. Hierbei wurde auf eine ausgewogene Verteilung der Anforderungen an die Einzelbauteile geachtet. Ergänzend wird dargestellt, welche Ist-Werte beim Primärenergiebedarf hiermit immer unterschritten werden und welche Primärenergiebedarfswerte minimal bei dieser Gebäudeform und Anlagenkonfiguration auftreten können.

3.1 Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz

Für Wohngebäude innerhalb der im Abschnitt 2.1 festgelegten Variationsparameter ergeben sich die in Tabelle 6 bis Tabelle 10 zusammengestellten Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz, mit denen die Vorgaben aus EnEV 2009 und EEWärmeG sicher erfüllt werden können. Der spezifische pauschale Wärmebrückenzuschlag beträgt dabei $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabelle 6:
Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von freistehenden Einfamilienhäusern zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Freistehende Einfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 100 bis 200 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).					
Anlagentechnik	U-Werte				g-Wert
	Dach/ob. Geschossdecke	Wand	Kellerdecke	Fenster/Tür	Fenster/Tür
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,20	0,20	0,25	1,30	0,60
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,17	0,17	0,27	0,90	0,50
Anlage 4* (Brennwertkessel mit WRG)	0,15	0,15	0,31	0,90	0,50
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,16	0,16	0,25	0,90	0,50
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	0,20	0,25	0,43	1,30	0,60
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	0,25	0,30	0,37	1,30	0,60
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe), Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG), Anlage 9a (Biomassekessel), Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	0,25	0,30	0,43	1,30	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energiesparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2).

Tabelle 7:
Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von Doppelhaushälften zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Doppelhaushälften mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 bis 202 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).					
Anlagentechnik	U-Werte				g-Wert
	Dach/ob. Geschossdecke	Wand	Kellerdecke	Fenster/Tür	Fenster/Tür
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,15	0,20	0,34	1,30	0,60
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,15	0,15	0,27	0,90	0,50
Anlage 4* (Brennwertkessel mit WRG)	0,17	0,17	0,28	0,90	0,50
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,10	0,15	0,24	0,90	0,50
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	0,20	0,25	0,44	1,30	0,60
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	0,20	0,25	0,44	1,30	0,60
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe), Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG), Anlage 9a (Biomassekessel), Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	0,30	0,30	0,48	1,30	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energie-Sparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2)

Tabelle 8:
Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von Reihenmittelhäusern zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Reihenmittelhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 bis 202 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 10 % und 20 %).					
Anlagentechnik	U-Werte				g-Wert
	Dach/ob. Geschossdecke	Wand	Kellerdecke	Fenster/Tür	Fenster/Tür
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,15	0,20	0,30	0,90	0,50
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,10	0,10	0,11	0,90	0,50
Anlage 4* (Brennwertkessel mit WRG)	0,15	0,15	0,23	0,90	0,50
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	0,25	0,25	0,29	1,30	0,60
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	0,35	0,35	0,52	1,30	0,60
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	-	-	-	-	-
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	0,20	0,20	0,31	1,30	0,60
Anlage 9a (Biomassekessel)	0,55	0,60	0,67	1,30	0,60
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	0,18	0,18	0,32	0,90	0,50
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	0,30	0,35	0,45	1,30	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energie-Sparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2)

Tabelle 9:
Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von kleinen Mehrfamilienhäusern zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Kleine Mehrfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 170 bis 331 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).					
Anlagentechnik	U-Werte				g-Wert
	Dach/ob. Geschossdecke	Wand	Kellerdecke	Fenster/Tür	Fenster/Tür
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,10	0,15	0,25	0,90	0,50
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,17	0,17	0,29	0,90	0,50
Anlage 4a* (Brennwertkessel mit WRG)	0,10	0,10	0,10	0,90	0,50
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,16	0,16	0,29	0,90	0,50
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe), Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG), Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG), Anlage 9a (Biomassekessel), Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK), Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	0,25	0,27	0,32	1,30	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energie-Sparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2)

Tabelle 10:
Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von großen Mehrfamilienhäusern zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Große Mehrfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 359 bis 2.271 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).					
Anlagentechnik	U-Werte				g-Wert
	Dach/ob. Geschossdecke	Wand	Kellerdecke	Fenster/Tür	Fenster/Tür
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	-
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,16	0,16	0,27	0,90	0,50
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,15	0,20	0,35	1,30	0,60
Anlage 4a* (Brennwertkessel mit WRG)	0,15	0,15	0,27	0,90	0,50
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,15	0,20	0,28	1,30	0,60
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe), Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG), Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG), Anlage 9a (Biomassekessel), Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK), Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	0,30	0,32	0,46	1,30	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energie-Sparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2)

3.2 Ist-Wert und Anforderungswert des Transmissionswärmeverlusts

Zur Berechnung des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts (H'_T) verweist die EnEV 2009 auf die DIN EN 832 mit den in DIN V 4108-6 Anhang D genannten Randbedingungen. Demzufolge kann der Ist-Wert des Transmissionswärmeverlusts (H'_T) wie folgt ermittelt werden:

$$H'_T = (\sum F_{xi} * U_i * A_i + 0,05 * A) / A \quad \text{in W/m}^2\text{K}$$

mit

F_{xi} : Temperaturkorrekturfaktor des Bauteils i (DIN V 4108-6)

U_i : Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils i in $\text{W/m}^2\text{K}$

A_i : Fläche des Bauteils i in m^2

A : gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche des Wohngebäudes in m^2

Die Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts sind für insgesamt vier Gebäudetypen in der EnEV 2009 Anlage 1 Tabelle 2 zusammengefasst. Die für die im Rahmen dieser Arbeit definierten Gebäudegruppen relevanten Anforderungswerte können Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 11:

Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts

Zeile	Gebäudetyp		Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts
1	Freistehendes Wohngebäude	mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
		mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Einseitig angebautes Wohngebäude		$H'_T = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	alle anderen Wohngebäude		$H'_T = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.3 Ist-Wert und Anforderungswert des Jahres-Primärenergiebedarfs

3.3.1 Angabe des Ist- und des Anforderungswertes mit Hilfe einer Funktion

Bei Wahl der Kennwerte aus Abschnitt 3.1 Tabelle 6 bis Tabelle 10 ergeben sich die in Tabelle 12 und Tabelle 13 angegebenen Höchstwerte für den Ist-Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs und Minimalwerte für den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes in Abhängigkeit von AV_e -Verhältnis. Der Weg zur Festlegung der einzelnen Funktionen wird im Anhang Abschnitt 6.2 beschrieben. In diesem Abschnitt sind auch Diagramme mit Darstellung berechneter Ist- und Anforderungs-Einzelwerte mehrerer untersuchter Wohngebäude einer Gebäudegruppe zusammengestellt.

Tabelle 12:
Zusammenstellung der Höchstwerte für den Ist-Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs und der Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von freistehenden Einfamilienhäusern, Doppelhaushälften, Reihemittelhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Gebäudegruppen mit einer Gebäudenutzfläche A_N kleiner 350 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % (10 %) und 20 %).				
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf			
	Ist-Wert		Anforderungswert	
	kWh/m ² a	ΔQ_p^*	kWh/m ² a	ΔQ_p^*
EFH, DHH, RMH und kl. MFH				
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-13,5	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,3
Anlage 7a nicht für RMH (Luft-Wasser Wärmepumpe)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-15,6	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,3
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-16,0	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,3
Anlage 9a (Biomassekessel)	$Q_{p,ist}=17,2 \cdot A_{Ve}+31,0$	-14,0	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+10,3
Anlage 2 für EFH, DHH, RMH (Brennwertkessel mit Solar WW)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-13,2	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,3
Anlage 2a für kl. MFH (Brennwertkessel mit Solar WW)				

* ΔQ_p stellt die maximal mögliche Abweichung vom errechneten Q_p -Wert ($Q_{p,ist}$ bzw. $Q_{p,max}$) des betrachteten Gebäudes in kWh/m²a dar (siehe Anhang Abschnitt 6.2 Diagramme 1 bis Diagramme 15).

Fortsetzung Tabelle 12:
Zusammenstellung der Höchstwerte für den Ist-Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs und der Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von freistehenden Einfamilienhäusern, Doppelhaushälften, Reihemittelhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Gebäudegruppen mit einer Gebäudenutzfläche A_N kleiner 350 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_f/A_N zwischen 15 % (10 %) und 20 %).				
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf			
	Ist-Wert		Anforderungswert	
	kWh/m ² a	ΔQ_p^*	kWh/m ² a	ΔQ_p^*
EFH und kl. MFH				
Anlage 4 / 4a (Brennwertkessel mit WRG)	$Q_{p,ist}=65,0 \cdot A_{Ve}+27,4$	-10,1	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+7,0
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	-10,8	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+7,0
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	$Q_{p,ist}=65,0 \cdot A_{Ve}+21,9$	-10,7	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+7,0
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	$Q_{p,ist}=72,0 \cdot A_{Ve}+20,6$	-10,9	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+7,0
Anlage 10a für EFH (Nah-/Fernwärme KWK)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-13,9	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,2
Anlage 10a für kl. MFH (Nah-/Fernwärme KWK)	$Q_{p,ist}=72,0 \cdot A_{Ve}+21,7$	-6,4	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+6,6
DHH und RMH				
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-14,7	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,2
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-10,9	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,2
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-13,9	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,2
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-14,8	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,2
Anlage 6a für DHH (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	$Q_{p,ist}=97,8 \cdot A_{Ve}+6,0$	-3,6	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+27,4$	+10,3
Anlage 6a für RMH (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-12,6	$Q_{p,max}=66,7 \cdot A_{Ve}+37,7$	-10,2

* ΔQ_p stellt die maximal mögliche Abweichung vom errechneten Q_p -Wert ($Q_{p,ist}$ bzw. $Q_{p,max}$) des betrachteten Gebäudes in kWh/m²a dar (siehe Anhang Abschnitt 6.2 Diagramme 1 bis Diagramme 15).

Tabelle 13:
Zusammenstellung der Höchstwerte für den Ist-Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs und der Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von großen Mehrfamilienhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Gebäudegruppen mit einer Gebäudenutzfläche A_N größer 350 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).				
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf			
	Ist-Wert		Anforderungswert	
	kWh/m ² a	ΔQ_p^*	kWh/m ² a	ΔQ_p^*
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-6,3	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+30,0$	-4,9
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-5,9	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+30,0$	-4,9
Anlage 4a (Brennwertkessel mit WRG)	$Q_{p,ist}=78,9 \cdot A_{Ve}+19,1$	-5,5	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+25,1$	+4,9
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	$Q_{p,ist}=64,5 \cdot A_{Ve}+24,9$	-3,7	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+25,1$	+4,9
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	$Q_{p,ist}=63,9 \cdot A_{Ve}+18,3$	-3,7	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+25,1$	+4,9
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-5,7	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+30,0$	-4,9
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	$Q_{p,ist} = Q_{p,max}$	-8,8	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+30,0$	-4,9
Anlage 9a (Biomassekessel)	$Q_{p,ist}=35,2 \cdot A_{Ve}+8,2$	-2,8	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+25,1$	+4,9
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	$Q_{p,ist}=71,7 \cdot A_{Ve}+22,8$	-3,9	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+25,1$	+4,9
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	$Q_{p,ist}=70,8 \cdot A_{Ve}+17,7$	-3,6	$Q_{p,max}=70,3 \cdot A_{Ve}+25,1$	+4,9

* ΔQ_p stellt die maximal mögliche Abweichung vom errechneten Q_p -Wert ($Q_{p,ist}$ bzw. $Q_{p,max}$) des betrachteten Gebäudes in kWh/m²a dar (siehe Anhang Abschnitt 6.2 Diagramme 17 bis Diagramme 25).

3.3.2 Angabe von Ist-Wert- und Anforderungswert-Bandbreiten

Bei Wahl der Kennwerte aus Abschnitt 3.1 Tabelle 6 bis Tabelle 10 ergeben sich die in Tabelle 14 bis Tabelle 18 angegebenen Bandbreiten für die Ist-Werte und für die Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs mehrerer untersuchter Wohngebäude einer Gebäudegruppe. Des Weiteren ist in den nachfolgenden Tabellen die minimal und maximal mögliche Abweichung der Ist-Einzelwerte von Anforderungs-Einzelwerten innerhalb einer Anlagenkonfiguration aufgrund unterschiedlich gegebener Gebäudeformen dargestellt.

Tabelle 14:

Zusammenstellung von Ist-Wert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs und von Anforderungswert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von freistehenden Einfamilienhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Freistehende Einfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 100 bis 200 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).			
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf		
	Ist-Wert	Anforderungswert	Abweichung Ist-Wert von Anforderungswert
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	80,3 – 103,3	80,5 – 106,7	0,0 – 3,4
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	78,3 – 105,9		0,0 – 5,8
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	70,8 – 96,4		9,6 – 12,8
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	71,9 – 97,5		7,5 – 13,8
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	65,0 – 90,5		15,1 – 21,0
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	77,6 – 105,1		0,0 – 7,9
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	75,6 – 106,7		0,0 – 6,2
Anlage 9a (Biomassekessel)	34,7 – 49,2		53,8 – 58,5
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	77,9 – 105,5		0,0 – 6,2
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	68,9 – 96,5		9,5 – 15,0

Tabelle 15:
Zusammenstellung von Ist-Wert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs und von Anforderungswert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von Doppelhaushälften in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Doppelhaushälften mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 bis 202 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).			
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf		
	Ist-Wert	Anforderungswert	Abweichung Ist-Wert von Anforderungswert
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	67,8 – 79,0	68,2 – 79,0	0,0 – 2,0
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	66,3 – 77,0		0,0 – 3,6
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	61,0 – 71,4		7,7 – 11,2
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	64,8 – 73,7		1,2 – 6,7
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	58,1 – 67,1		10,1 – 15,7
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	66,3 – 76,9		0,0 – 3,6
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	64,8 – 75,9		0,0 – 5,2
Anlage 9a (Biomassekessel)	31,6 – 37,0		50,3 – 54,2
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	66,1 – 75,9		0,0 – 3,9
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	60,9 – 70,4		5,7 – 11,3

Tabelle 16:
Zusammenstellung von Ist-Wert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs und von Anforderungswert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von Reihenmittelhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Reihenmittelhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 bis 202 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 10 % und 20 %).			
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf		
	Ist-Wert	Anforderungswert	Abweichung Ist-Wert von Anforderungswert
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	54,4 – 65,9	54,4 – 68,1	0,0 – 4,7
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	54,4 – 66,1		0,0 – 3,8
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	50,3 – 62,1		6,5 – 9,7
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	53,8 – 64,0		0,0 – 6,0
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	51,8 – 63,0		0,2 – 8,7
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	-		-
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	52,1 – 65,0		0,0 – 4,8
Anlage 9a (Biomassekessel)	31,9 – 40,0		36,4 – 43,5
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	53,9 – 63,9		0,0 – 6,3
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	51,8 – 63,5		0,0 – 6,8

Tabelle 17:
Zusammenstellung von Ist-Wert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs und von Anforderungswert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von kleinen Mehrfamilienhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Kleine Mehrfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 170 bis 331 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).			
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf		
	Ist-Wert	Anforderungswert	Abweichung Ist-Wert von Anforderungswert
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	67,2 – 82,9	70,1 – 85,7	0,0 – 5,5
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	67,2 – 83,2		0,0 – 6,6
Anlage 4a (Brennwertkessel mit WRG)	58,9 – 76,3		8,2 – 17,9
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	59,8 – 73,6		11,7 – 17,4
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	53,0 – 66,7		20,5 – 26,5
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	66,7 – 82,8		0,0 – 7,8
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	64,4 – 82,2		2,9 – 9,6
Anlage 9a (Biomassekessel)	28,0 – 36,0		56,8 – 61,6
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	61,4 – 76,5		8,7 – 14,7
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	55,8 – 70,6		16,2 – 22,1

Tabelle 18:
Zusammenstellung von Ist-Wert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs und von Anforderungswert-Bandbreiten des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes von großen Mehrfamilienhäusern in Abhängigkeit der Anlagentechnik

Große Mehrfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 359 bis 2.271 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %).			
Anlagentechnik	Primärenergiebedarf		
	Ist-Wert	Anforderungswert	Abweichung Ist-Wert von Anforderungswert
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	%
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	55,1 – 72,7	56,6 – 74,2	0,7 – 5,4
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	55,5 – 73,6		0,0 – 3,3
Anlage 4a (Brennwertkessel mit WRG)	48,8 – 67,8		7,3 – 15,8
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	49,7 – 65,1		10,0 – 14,3
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	43,0 – 58,2		20,7 – 25,7
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	55,6 – 72,4		0,0 – 3,5
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	52,1 – 72,3		2,0 – 9,1
Anlage 9a (Biomassekessel)	21,2 – 30,0		59,2 – 63,8
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	50,7 – 67,7		7,4 – 12,1
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	45,3 – 62,1		15,9 – 21,1

3.4 Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %

Der Fensterflächenanteil bezogen auf die Nutzfläche wurde zwischen 15 % und 20 % festgelegt (siehe Abschnitt 2.1). Auf Wunsch des Auftraggebers wurde ferner untersucht, inwieweit die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 % erfüllt sind und ob im Falle einer Nichterfüllung ein Fensteraustausch durch ein Fenster mit einem U-Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem Gesamtenergiedurchlassgrad g von $0,5$ zur Erfüllung der Anforderung ausreichen würde.

Die Ergebnisse zeigen, dass die EnEV-Anforderungen mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 % und Fenstern mit einem U-Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ erfüllt werden. Diese sind für einzelne Gebäudegruppen in Tabelle 19 bis Tabelle 23 zusammengestellt.

Dabei soll beachtet werden, dass die Angabe des Ist-Wertes und des Anforderungswertes des Jahres-Primärenergiebedarfs nach Abschnitt 3.3 aufgrund der vorgenommenen Änderung/en nicht mehr zutreffend ist und in den meisten Fällen einer Korrektur bedarf.

Tabelle 19:

Untersuchungen zu den festgelegten Mindest-U-Werten der Fenster von freistehenden Einfamilienhäusern und zu einem gegebenenfalls erforderlichen Fensteraustausch gegen Fenster mit einem U-Wert von 0,9 W/m²K zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG bei einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %

Freistehende Einfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 100 bis 200 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %).				
Anlagentechnik	mit angegebenem U-Wert für Fenster		mit neuem U-Wert für Fenster	
	U-Wert	Anforderung wird erfüllt	U-Wert	Anforderung wird erfüllt
	W/m ² K	ja/nein	W/m ² K	ja/nein
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,9	ja	–	–
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	0,9	ja	–	–
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,9	ja	–	–
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	1,3	ja	–	–
Anlage 9a (Biomassekessel)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja

Tabelle 20:
 Untersuchungen zu den festgelegten Mindest-U-Werten der Fenster von Doppelhaushälften und zu einem gegebenenfalls erforderlichen Fensteraustausch gegen Fenster mit einem U-Wert von 0,9 W/m²K zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG bei einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %

Doppelhaushälften mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 bis 202 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %).				
Anlagentechnik	mit angegebenem U-Wert für Fenster		mit neuem U-Wert für Fenster	
	U-Wert	Anforderung wird erfüllt	U-Wert	Anforderung wird erfüllt
	W/m ² K	ja/nein	W/m ² K	ja/nein
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,9	ja	–	–
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	0,9	ja	–	–
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,9	ja	–	–
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	1,3	ja	–	–
Anlage 9a (Biomassekessel)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	1,3	ja	–	–
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja

Tabelle 21:
 Untersuchungen zu den festgelegten Mindest-U-Werten der Fenster von Reihenmittelhäusern und zu einem gegebenenfalls erforderlichen Fensteraustausch gegen Fenster mit einem U-Wert von 0,9 W/m²K zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG bei einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %

Reihenmittelhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 bis 202 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %).				
Anlagentechnik	mit angegebenem U-Wert für Fenster		mit neuem U-Wert für Fenster	
	U-Wert	Anforderung wird erfüllt	U-Wert	Anforderung wird erfüllt
	W/m ² K	ja/nein	W/m ² K	ja/nein
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,9	ja	–	–
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,9	ja	–	–
Anlage 4 (Brennwertkessel mit WRG)	0,9	ja	–	–
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	1,3	ja	–	–
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	1,3	ja	–	–
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	–	–	–	–
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 9a (Biomassekessel)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	0,9	ja	–	–
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	1,3	ja	–	–

Tabelle 22:

Untersuchungen zu den festgelegten Mindest-U-Werten der Fenster von kleinen Mehrfamilienhäusern und zu einem gegebenenfalls erforderlichen Fenster-austausch gegen Fenster mit einem U-Wert von 0,9 W/m²K zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG bei einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %

Kleine Mehrfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 170 bis 331 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen von 25 %).				
Anlagentechnik	mit angegebenem U-Wert für Fenster		mit neuem U-Wert für Fenster	
	U-Wert	Anforderung wird erfüllt	U-Wert	Anforderung wird erfüllt
	W/m ² K	ja/nein	W/m ² K	ja/nein
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,9	ja	–	–
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,9	ja	–	–
Anlage 4a (Brennwertkessel mit WRG)	0,9	ja	–	–
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,9	ja	–	–
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 9a (Biomassekessel)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja

Tabelle 23:
 Untersuchungen zu den festgelegten Mindest-U-Werten der Fenster von großen Mehrfamilienhäusern und zu einem gegebenenfalls erforderlichen Fensteraustausch gegen Fenster mit einem U-Wert von 0,9 W/m²K zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG bei einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %

Große Mehrfamilienhäuser mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 359 bis 2.271 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 25 %).				
Anlagentechnik	mit angegebenem U-Wert für Fenster		mit neuem U-Wert für Fenster	
	U-Wert	Anforderung wird erfüllt	U-Wert	Anforderung wird erfüllt
	W/m ² K	ja/nein	W/m ² K	ja/nein
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,9	ja	–	–
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 4a (Brennwertkessel mit WRG)	0,9	ja	–	–
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 9a (Biomassekessel)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	1,3	nein	0,9	ja
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	1,3	nein	0,9	ja

3.5 Sonderuntersuchungen Anlagenkonfiguration 1/1a und 7a

Im Rahmen der Arbeit wurde festgestellt, dass für alle Gebäudegruppen in Zusammenhang mit Anlagenkonfiguration 1/1a (Brennwertkessel) unrealistisch niedrige Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz zur Erfüllung der EnEV 2009 und des EEWärmeG einzuhalten sind. Ein ähnliches Problem ist auch bei der Gebäudegruppe Reihenmittelhaus mit Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe) gegeben. Aus diesem Grund werden diese Fälle unter Heranziehen zusätzlicher Maßnahmen auf die Möglichkeit zur Einhaltung der Anforderungen gesondert untersucht.

Zur Durchführung der Untersuchung werden die U-Wert der einzelnen Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle wie folgt festgelegt:

- U-Wert Wand: $U_{AW} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-Wert Dach: $U_D = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-Wert Fenster: $U_F = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($g = 0,50$)
- U-Wert Kellerdecke: $U_{KD} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Als zusätzliche Maßnahmen werden folgende Schritte in Betracht gezogen:

1. Durchführung einer Dichtheitsprüfung
2. kein Wärmebrückenzuschlag: $\Delta U_{WB} = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
3. keine Zirkulation des Trinkwarmwassers
4. Heizungsverteilung: Kürzung der horizontalen Verteilung, der vertikalen Steigstränge und der Anbindeleitungen auf 50 % der Standardverteilungslänge
5. Dämmung der Heizungsverteilungsrohre statt mit einem U-Wert von $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ mit einem U-Wert von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
6. Warmwasser-Verteilung: Kürzung der horizontalen Verteilung, der vertikalen Verteilung und der Stichleitungen auf 50 % der Standardverteilungslänge
7. Elektronische Einzelraumregelung

3.5.1 Ergebnisse der Untersuchung Anlagenkonfiguration 1/1a bei allen Gebäudegruppen

Die Ergebnisse der Untersuchung zu Anlagenkonfiguration 1/1a (Brennwertkessel) zeigen, dass die Erfüllung der EnEV 2009 und des EEWärmeG unter oben genannten baulichen Randbedingungen nur bei der Gebäudegruppe freistehendes Einfamilienhaus und nur im Zusammenhang mit allen sieben oben genannten Zusatzmaßnahmen möglich ist. Bei weiteren Gebäudegruppen reichen die gewählten Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen nicht aus.

3.5.2 Ergebnisse der Untersuchung Anlagenkonfiguration 7a bei Reihenmittelhaus

Die EnEV 2009 in Verbindung mit EEWärmeG wird bei der Gebäudegruppe Reihenmittelhaus mit Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe) unter Verwendung der oben genannten U-Werte für die einzelnen Bauteile der wärmeübertragenden Gebäudehülle mit einer Dichtheitsprüfung und Kürzung der Standardverteilungslängen für Warmwasser um ca. 20 m erfüllt.

3.6 Untersuchung Aufstellungsort der Anlagentechnik

Mit dem Auftraggeber wurde zur Festlegung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen vereinbart, dass der Aufstellungsort der Anlagensysteme 1 (Brennwertkessel), 2 (Brennwertkessel mit Solar-WW) und 4 (Brennwertkessel mit WRG) bei Einfamilienhäusern innerhalb der thermischen Gebäudehülle und bei Mehrfamilienhäusern im unbeheizten Keller anzunehmen ist. Bei weiteren Anlagensystemen soll die Anlagentechnik unabhängig von der Gebäudegruppe außerhalb der thermischen Gebäudehülle (unbeheizter Keller) untergebracht werden (siehe Abschnitt 2.2). Welche Auswirkungen der Aufstellungsort der Anlagentechnik und somit die Lage der Verteilleitungen auf den Energiebedarf des zu errichtenden Wohngebäudes haben, wird im Folgenden dargestellt. Diese Untersuchung liefert unter anderem auch eine Erklärung für den größeren Unterschied in den mindestens erforderlichen U-Werten der wärmetauschenden Gebäudehülle zwischen Anlagenkonfiguration 2 (Brennwertkessel mit WW Solar) und Anlagenkonfiguration 3a (Brennwertkessel Heizung Solar) (siehe Tabelle 6 bis Tabelle 10 Abschnitt 3.1).

Nach DIN V 4701-10 darf die Anlagentechnik nur bei Wohngebäuden mit einer Nutzfläche kleiner 500 m² innerhalb der thermischen Gebäudehülle platziert werden. Aus diesem Grund werden zur Untersuchung die Gebäudegruppe freistehendes Einfamilienhaus mit einer Nutzfläche zwischen 100 m² und 200 m² und ein Mehrfamilienhaus mit einer Nutzfläche von 492 m² herangezogen. Der Fensterflächenanteil A_f/A_N beträgt bei allen Gebäuden 15% (vergleiche Tabelle 2 Abschnitt 2.1). Der bauliche Wärmeschutz der untersuchten Wohngebäude entspricht den im Rahmen dieser Arbeit festgelegten Mindestanforderungen aus Tabelle 6 bis Tabelle 10 Abschnitt 3.1. Der Aufstellungsort der Anlagentechnik wird einmal innerhalb der wärmeübertragenden Gebäudehülle und einmal außerhalb der wärmeübertragenden Gebäudehülle betrachtet.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 24 zusammengestellt. Es zu erkennen, dass mit größer werdender Nutzfläche des zu errichtenden Wohngebäudes der Unterschied im End- und Primärenergiebedarf zwischen beiden Aufstellungsorten der Anlagentechnik kleiner wird. Die Differenz im Energiebedarf zwischen beiden Aufstellungsorten wird nicht nur durch höhere Verluste durch Verteilung der Heiz- und Warmwasserleitungen und höhere Verluste durch Speicherung bei Unterbringung der Anlagentechnik außerhalb der thermischen Gebäudehülle verursacht, sondern auch durch niedrigere Wärmegutschrift infolge Trinkwassererwärmung und niedrigere Heizwärmegutschrift durch Verteilung und Speicherung. Außerdem ist die Anlagenaufwandszahl, welche die energetische Effizienz des gesamten Anlagensystems beschreibt und das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen darstellt, von Bedeutung. So ist die Aufwandszahl bei beinahe allen Anlagensystemen, welche innerhalb der thermischen Gebäudehülle aufgestellt sind, niedriger als bei einer Aufstellung außerhalb der thermischen Gebäudehülle. Das bedeutet, dass die Anlage innerhalb der thermischen Gebäudehülle effizienter ist als außerhalb. Eine Ausnahme stellt jedoch die Anlagenkonfiguration 9 (Biomassekessel) dar. Hier ist die Anlage weniger effizient, wenn diese innerhalb der thermischen Gebäudehülle aufgestellt ist (die Aufwandszahl ist bei einer Aufstellung innerhalb der thermischen Gebäudehülle größer als bei einer Aufstellung außerhalb dieser). Aus diesem Grund ist die Differenz von End- und Primärenergiebedarf beim Wechsel des Aufstellungsortes

der Anlagentechnik (hier Biomassekessel) von innerhalb nach außerhalb der wärmeübertragenden Gebäudehülle negativ (vergleiche Tabelle 24). Es ist aber zu beachten, dass die Anlagenaufwandszahl nur für die Gebäudeausführung Gültigkeit hat, für die sie berechnet wurde.

Tabelle 24:

Zusammenstellung der Differenzen im End- und Primärenergiebedarf eines freistehenden Einfamilienhauses mit einer Nutzfläche A_N zwischen 100 m² und 200 m² und eines Mehrfamilienhauses mit einer Nutzfläche A_N bis 491 m² beim Wechsel des Aufstellungsortes der Anlagentechnik von innerhalb nach außerhalb der wärmeübertragenden Gebäudehülle.

Anlagentechnik	EFH mit A_N zwischen 100 m ² und 200 m ²		EFH und MFH mit A_N zwischen 100 m ² und 492 m ²	
	Endenergiebedarf	Primärenergiebedarf	Endenergiebedarf	Primärenergiebedarf
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
Anlage 2 / 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	9,0 – 16,3	10,1 – 18,2	4,7 – 16,3	5,3 – 18,2
Anlage 3 / 3a (Brennwertkessel mit So- lar Heizung)	8,5 – 14,7	9,4 – 16,9	4,4 – 14,7	4,9 – 16,9
Anlage 4 / 4a (Brennwertkessel mit WRG)	10,1 – 17,9	11,2 – 20,0	5,3 – 17,9	5,9 – 20,0
Anlage 5 / 5a (Erdreichwärmepumpe)	1,8 – 3,2	4,6 – 8,4	0,9 – 3,2	2,4 – 8,4
Anlage 6 / 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)	1,8 – 3,2	4,7 – 8,4	0,9 – 3,2	2,4 – 8,4
Anlage 7 / 7a (Luft-Wasser Wärme- pumpe)	2,8 – 4,9	7,2 – 12,8	1,5 – 4,9	3,7 – 12,8
Anlage 8 / 8a (Luft-Wasser Wärme- pumpe mit WRG)	2,5 – 4,5	6,4 – 11,7	1,3 – 4,5	3,4 – 11,7
Anlage 9 / 9a (Biomassekessel)	-8,8 – -0,7	-1,4 – 0,5	-12,1 – -0,7	-2,3 – 0,5
Anlage 10/ 10a (Nah-/Fernwärme KWK)	10,0 – 18,3	7,0 – 12,7	5,1 – 18,3	3,6 – 12,7
Anlage 11 / 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	9,2 – 16,5	6,3 – 11,6	4,7 – 16,5	3,3 – 11,6

4 Zusammenfassung und Ausblick

4.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Forschungsarbeit analysiert den Vorschlag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, mit einem drastisch vereinfachten Verfahren die Erfüllung der derzeit geltenden gesetzlichen Anforderungen an das energiesparende Bauen nachzuweisen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden hierzu für neue Wohngebäude mit verschiedenen, heute üblichen Heiz- und Lüftungssystemen die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz so definiert, dass die Erfüllung der Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) immer sichergestellt ist. Die Untersuchungsgrundlage bildete ein Datenpool aus typischen Wohngebäuden, welche das Fraunhofer IBP im Rahmen eines vorausgegangenen Projektes (IKARUS) analysiert hatte. Grundsätzlich wurde dabei nach Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern unterschieden. Darauf aufbauend wurden die Einfamilienhäuser in freistehende Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften und Reihenmittelhäuser unterteilt. Die Mehrfamilienhäuser (in Analogie zu den Kriterien der EnEV 2009) wurden in kleine Mehrfamilienhäuser mit einer Nutzfläche kleiner 350 m² und große Mehrfamilienhäuser mit einer Nutzfläche größer 350 m² unterteilt. Für diese fünf Gebäudegruppen wurden zehn marktgängige Anlagensysteme definiert, die auch die im EEWärmeG aufgeführten regenerativen Heizsysteme gut abdecken. Die Festlegung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz für die Einzelbauteile sowie die Angabe des nach EnEV 2009 einzuhaltenden Primärenergiebedarfswertes für die Gebäudegruppen erfolgte mit der derzeit bei Wohngebäuden verbreiteten Bewertungsmethode nach DIN V 4108-6 / 4701-10.

Die Untersuchungen zeigen, dass es kein repräsentatives Gebäude gibt, anhand dessen die Anforderungen auf der sicheren Seite liegend festgelegt werden können. Die Gründe dafür sind mehrere Faktoren, wie z.B. Nutzfläche, Fensterflächenanteil, Kompaktheit des Gebäudes (AV_e -Verhältnis) usw., die in Abhängigkeit der untersuchten Anlagensysteme unterschiedlich stark zum Tragen kommen. Deshalb sind bei der Anwendung der in den Tabellen aufgeführten Mindestwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) die jeweiligen Randbedingungen zu beachten.

Eine weitere Erkenntnis aus den Untersuchungen ist, dass der Primärenergiebedarf nach wie vor vom AV_e -Verhältnis abhängt. Daher wurden Funktionen abgeleitet, um sowohl den maximalen Ist-Wert des Jahresprimärenergiebedarfs des zu beurteilenden Gebäudes als auch den Minimalwert für den Primärenergiebedarf des zugehörigen Referenzgebäudes hinreichend genau abschätzen zu können. Der spezifische Transmissionswärmeverlust (H'_T) ist hingegen für jedes Gebäude individuell nach DIN EN 832 zu berechnen.

Außerdem wurde bei allen Gebäudegruppen festgestellt, dass bei einer ausschließlichen Beheizung über einen Gas- oder Ölbrennwertkessel derart hohe Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz zur Einhaltung der EnEV 2009

und des EEWärmeG zu erfüllen wären, dass sie sich nur mit sehr hohem baulichem Aufwand realisieren ließen. Es ergeben sich Dämmstoffstärken wie bei Passivhäusern und außerdem sind weitere Kompensationsmaßnahmen planerischer und/oder anlagentechnischer Art erforderlich (z. B. wärmebrückenarme, besonders luftdichte Konstruktionen, reduzierte Leitungslängen, bessere Regelkonzepte etc.). Beides resultiert im Wesentlichen aus den Zusatzanforderungen des EEWärmeG bei rein fossiler Wärmeversorgung.

4.2 Ausblick

Mit der von der Bundesregierung im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaschutzpaketes (IEKP) angekündigten nächsten EnEV-Novelle ist eine weitere Verschärfung der Anforderungen sowohl an den spezifischen Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p'') als auch an den spezifischen Transmissionswärmeverlust (H_T') in Sicht.

In der Folge ist deshalb zu erwarten, dass ausschließlich fossil befeuerte Anlagensysteme bereits allein aufgrund der künftigen Anforderungen der EnEV nicht mehr oder nur mit einem erheblichen ökonomischen und ökologischen Aufwand hinsichtlich Materialeinsatz und/oder Planungsleistung verwendet werden können.

Außerdem ist eine weitere Verschärfung der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz aufgrund des bereits vorhandenen hohen Dämmstandards nur noch begrenzt möglich. Eine weitere maßgebliche Reduzierung des Jahresprimärenergiebedarfs sollte daher insbesondere auf anlagentechnischer Seite in Verbindung mit der Nutzung erneuerbarer Energien vorgenommen werden.

Doch nicht nur die Anforderungen an das energiesparende Bauen sind im Laufe der Jahre gestiegen, sondern auch die Bewertungsmethode hat an Komplexität deutlich zugenommen. Seit 2009 sind parallel zur EnEV die Anforderungen des EEWärmeG einzuhalten. Der durch die zweifache Nachweisführung bedingte erhebliche Arbeitsaufwand führt dazu, dass vor allem bei Wohngebäuden die Akzeptanz in der Baupraxis hierfür verloren zu gehen droht.

Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit analysierte vereinfachte Nachweismethode für Wohngebäude entspricht in ihren Grundzügen und ihrem geringen Nachweisaufwand der ersten und zweiten Wärmeschutzverordnung (bis 1995). Dennoch wird diese sowohl der EnEV 2009 als auch dem EEWärmeG gerecht und könnte damit die vorhandenen komplexen Nachweisverfahren um ein erheblich vereinfachtes Verfahren für Wohngebäude ergänzen.

Tabelle 25:

Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von großen Mehrfamilienhäusern zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Anlagentechnik		U-Werte [W/m²K]												g-Wert										
		Dach/ oberste Geschossdecke			Wand			Kellerdecke			Fenster/ Tür			Fenster/ Tür										
		EFH	DHH	RMH	EFH	DHH	RMH	EFH	DHH	RMH	EFH	DHH	RMH	EFH	DHH	RMH								
Freistehende Einfamilienhäuser (EFH), Doppelhaushälften (DHH) und Reihenhäuser (RMH) mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 137 m² bis 202 m² (mit einem Fensterflächenanteil A_f/A_N zwischen 10% und 20% (RMH), bzw. zwischen 15% und 20% (EFH, DHH))		0,20	0,15	0,17	0,20	0,20	0,17	0,20	0,20	0,17	0,17	0,25	0,34	0,30	1,30	1,30	0,90	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	
Anlage 2 (Brennwertkessel mit Solar WW)		0,17	0,15	0,10	0,17	0,15	0,10	0,17	0,15	0,10	0,27	0,27	0,11	0,23	0,90	0,90	0,90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Anlage 3a (Brennwertkessel m. Solar Heizung)		0,15	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,31	0,28	0,23	0,29	0,90	0,90	0,90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Anlage 4* (Brennwertkessel mit WRG)		0,25	0,30	0,25	0,30	0,30	0,25	0,30	0,30	0,25	0,43	0,48	0,48	0,29	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe)		0,25	0,30	0,35	0,30	0,30	0,35	0,30	0,30	0,35	0,43	0,48	0,52	0,52	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG)		0,16	0,10	-	0,16	0,15	-	0,16	0,15	-	0,25	0,24	-	-	0,90	0,90	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)		0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25	0,25	0,20	0,43	0,44	0,31	0,31	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Anlage 8a (Luft-Wasser-Wärmepumpe mit WRG)		0,25	0,30	0,55	0,30	0,30	0,60	0,30	0,30	0,60	0,43	0,48	0,67	0,67	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Anlage 9a (Biomassekessel)		0,25	0,20	0,18	0,30	0,25	0,18	0,30	0,25	0,18	0,37	0,44	0,32	0,32	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50
Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK)		0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,30	0,30	0,35	0,43	0,48	0,45	0,45	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)		0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,30	0,30	0,35	0,43	0,48	0,45	0,45	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energie-Sparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2)

Tabelle 26:
Zusammenstellung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen von kleinen Mehrfamilienhäusern zur Erfüllung der Anforderungen der EnEV 2009 in Verbindung mit dem EEWärmeG

Kleine Mehrfamilienhäuser (kl. MFH) mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 170 bis 331 m ² , bzw. große Mehrfamilienhäuser (gr. MFH) mit einer Gebäudenutzfläche A_N von 359 bis 2.271 m ² (mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N zwischen 15 % und 20 %)										
Anlagentechnik	U-Werte [W/m ² K]								g-Wert	
	Dach/ob. Geschossdecke		Wand		Kellerdecke		Fenster/Tür		Fenster/Tür	
	kl. MFH	gr. MFH	kl. MFH	gr. MFH	kl. MFH	gr. MFH	kl. MFH	gr. MFH	kl. MFH	gr. MFH
Anlage 2a (Brennwertkessel mit Solar WW)	0,10	0,16	0,15	0,16	0,25	0,27	0,90	0,90	0,50	0,50
Anlage 3a (Brennwertkessel mit Solar Heizung)	0,17	0,15	0,17	0,20	0,29	0,35	0,90	1,30	0,50	0,60
Anlage 4a* (Brennwertkessel mit WRG)	0,10	0,15	0,10	0,15	0,10	0,27	0,90	0,90	0,50	0,50
Anlage 7a (Luft-Wasser Wärmepumpe)	0,16	0,15	0,16	0,20	0,29	0,28	0,90	1,30	0,50	0,60
Anlage 5a (Erdreichwärmepumpe), Anlage 6a (Erdreichwärmepumpe mit WRG), Anlage 8a (Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG), Anlage 9a (Biomassekessel), Anlage 10a (Nah-/Fernwärme KWK), Anlage 11a (Nah-/Fernwärme KWK mit WRG)	0,25	0,30	0,27	0,32	0,32	0,46	1,30	1,30	0,60	0,60

*Nutzungspflicht des EEWärmeG wird in Kombination mit Energie-Sparmaßnahme erfüllt (siehe Hinweis im Abschnitt 2.2)

5 Literatur

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), geändert durch Verordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I S. 954).
- [2] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) vom 7. August 2009.
- [3] Bundesregierung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Bundesgesetzblatt, Teil 1, Nr. 34 (2007), S. 1519 ff.
- [4] DIN V 4108-6: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Beuth-Verlag, Berlin (2003).
- [5] DIN V 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Beuth-Verlag, Berlin (2003).
- [6] 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).
- [7] Reiß, J. und Erhorn, H.: Stand und Tendenzen der Neubautätigkeit in Deutschland – Analyse und Entwicklung energierelevanter Gebäudekenndaten. Sonderdruck aus „gi – Gesundheits-Ingenieur“ 115/1994, Heft 5, S. 233-246.

6 Anhang

6.1 Gebäudegruppen definiert im IKARUS Projekt

Die Form und Größe von Wohngebäuden ist sehr unterschiedlich. In [7] wurden die Wohngebäude nach Anzahl der Wohnungen unterteilt und insgesamt sieben folgende Gebäudegruppen definiert:

- Wohngebäude mit einer Wohnung
- Doppelhaushälften
- Reihemittelhäuser
- Wohngebäude mit zwei Wohnungen
- Wohngebäude mit drei bis sechs Wohnungen
- Wohngebäude mit sieben bis zwölf Wohnungen
- Wohngebäude mit dreizehn und mehr Wohnungen

Die Gebäudekenndaten einzelner Wohngebäude einer Gebäudeklasse können Bild 4 bis Bild 10 entnommen werden.

Haustyp	Nr.	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Wohnfläche	Bruttorauminhalt	Nettorausinhalt	Außenwandfläche	Fensterfläche				Dach, oberste Geschosdeckfläche	Kellerdeckenfläche	Hüllfläche	A/V	Netto-/Bruttogrundfläche	Wohnfläche/Bruttogrundfläche	Fensterfläche/Nettogrundfläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
		m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ⁻¹	-	-	-
freistehendes Wohngebäude mit einer Wohnung	1	83,5	66,5	66,5	236,9	180,0	85,0	13,8	7,0	6,1	0,7	83,7	83,7	266,2	1,12	0,80	0,80	0,21
	2	94,8	76,6	76,6	268,3	206,7	96,5	13,9	5,5	7,5	0,9	94,8	94,8	300,0	1,12	0,81	0,81	0,18
	3	107,7	87,4	87,4	304,9	235,1	100,0	17,5	7,9	5,8	3,8	107,7	107,7	332,9	1,09	0,81	0,81	0,20
	4	152,3	126,9	126,9	431,2	339,0	117,6	28,5	14,8	5,7	8,0	152,4	152,4	450,9	1,05	0,83	0,83	0,23
	5	159,5	134,0	134,0	451,5	357,8	120,4	25,4	13,7	5,4	6,3	159,5	159,5	464,8	1,03	0,84	0,84	0,19
	6	160,3	131,4	112,0	400,5	310,3	113,7	22,3	6,9	13,2	2,2	103,7	83,7	323,4	0,81	0,82	0,70	0,17
	7	161,5	136,1	136,1	472,4	375,3	135,0	27,6	14,9	5,8	6,9	161,5	161,5	485,6	1,03	0,84	0,84	0,20
	8	172,5	146,6	146,6	488,2	390,9	129,3	23,5	12,0	8,0	3,5	172,5	172,5	497,8	1,02	0,85	0,85	0,16
	9	173,5	142,3	125,1	446,9	345,8	129,3	23,0	7,1	13,8	2,1	104,6	94,8	351,7	0,79	0,82	0,72	0,16
	10	176,1	146,3	127,7	435,6	341,6	120,3	26,7	8,8	14,7	3,2	128,3	95,3	370,6	0,85	0,83	0,73	0,18
	11	185,5	156,5	156,5	544,0	431,8	151,8	28,6	14,9	7,2	6,5	185,5	185,5	551,4	1,01	0,84	0,84	0,18
	12	197,1	161,6	144,3	507,9	392,2	130,7	27,2	8,7	13,3	5,2	120,7	107,7	386,3	0,76	0,82	0,73	0,17
	13	217,0	180,1	159,5	545,1	425,8	124,4	37,1	12,2	18,2	6,7	144,7	118,0	424,3	0,78	0,83	0,74	0,21
	14	233,0	195,7	174,3	605,6	478,1	136,6	36,9	11,8	19,9	5,2	147,8	133,6	454,9	0,75	0,84	0,75	0,19

Bild 4: Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener freistehender Wohngebäude mit einer Wohnung

Haustyp	Nr.	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Wohnfläche	Bruttorauminhalt	Nettorausinhalt	Außenwandfläche	Fensterfläche				Dach, oberste Geschosdeckfläche	Kellerdeckenfläche	Hüllfläche	A/V	Netto-/Bruttogrundfläche	Wohnfläche/Bruttogrundfläche	Fensterfläche/Nettogrundfläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
		m ²	m ²	m ²	m ³	m ³	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ⁻¹	-	-	-
Doppelhaushälfte	1	144,4	122,1	113,8	428,2	301,6	101,8	19,9	8,9	3,8	7,2	91,1	71,6	284,4	0,66	0,85	0,70	0,16
	2	239,8	208,2	187,4	631,5	467,3	163,1	22,6	11,5	1,2	9,9	91,6	79,9	357,2	0,57	0,87	0,79	0,11
	3	197,5	183,4	163,8	500,6	422,5	144,3	33,1	16,2	3,9	13,0	69,0	65,8	312,2	0,62	0,93	0,83	0,18
	4	202,6	168,3	151,8	536,4	403,5	138,1	32,5	13,7	7,0	11,8	77,5	69,0	317,1	0,59	0,83	0,75	0,19

Bild 5: Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener Doppelhaushälften

Haustyp	Nr.	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Wohnfläche	Bruttorauminhalt	Nettorauminhalt	Außenwandfläche	Fensterfläche				Dachoberste Geschoßdeckfläche	Kellerdeckfläche	Hüllfläche	A/V	Netto-/Bruttogrundfläche	Wohnfläche/Bruttogrundfläche	Fensterfläche/Nettogrundfläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
								m ²	m ²	m ²	m ²							
Reihenhaus	1	144,1	122,1	113,8	428,2	301,6	47,9	16,1	8,9	0	7,2	91,1	71,6	226,7	0,53	0,85	0,79	0,13
	2	239,8	208,2	187,4	631,5	467,3	58,2	21,4	11,5	0	9,9	91,6	79,9	251,1	0,40	0,87	0,79	0,10
	3	197,5	183,4	163,8	500,6	422,5	78,5	29,2	16,2	0	13,0	69,0	65,8	242,5	0,48	0,93	0,83	0,16
	4	202,6	168,3	151,8	536,4	403,5	78,9	25,5	13,7	0	11,8	77,5	69,0	250,0	0,47	0,83	0,75	0,15

Bild 6:
Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener Reihemittelhäuser

Haustyp	Nr.	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Wohnfläche	Bruttorauminhalt	Nettorauminhalt	Außenwandfläche	Fensterfläche				Dachoberste Geschoßdeckfläche	Kellerdeckfläche	Hüllfläche	A/V	Netto-/Bruttogrundfläche	Wohnfläche/Bruttogrundfläche	Fensterfläche/Nettogrundfläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
								m ²	m ²	m ²	m ²							
Wohngebäude mit zwei Wohnungen	1	192,9	170,8	138,9	577,8	480,8	140,2	32,6	13,7	12,1	6,8	139,1	112,5	424,4	0,73	0,88	0,72	0,18
	2	210,5	174,7	156,4	530,3	414,2	126,2	35,0	11,2	17,5	6,3	144,7	120,7	426,6	0,80	0,83	0,74	0,20
	3	210,6	172,4	142,2	573,4	441,7	146,0	33,4	14,7	11,4	7,3	148,5	113,8	441,7	0,77	0,82	0,68	0,19
	4	212,6	179,4	150,9	546,8	434,1	126,9	19,8	8,9	7,9	3,0	138,0	115,7	400,4	0,73	0,84	0,71	0,11
	5	241,7	195,2	179,9	706,9	535,7	187,3	52,3	27,2	15,7	9,4	147,1	127,4	514,1	0,73	0,81	0,74	0,22
	6	246,7	197,3	171,6	670,0	503,4	187,1	33,9	13,9	14,9	5,1	169,3	135,1	525,4	0,78	0,80	0,70	0,17
	7	248,0	203,4	184,8	576,7	444,9	134,5	33,7	7,8	19,5	6,4	180,9	133,6	482,7	0,83	0,82	0,75	0,17
	8	274,6	233,4	194,6	712,1	567,9	140,9	48,5	18,6	17,8	12,1	181,2	152,4	523,0	0,73	0,85	0,71	0,21
	9	280,2	235,4	196,1	727,7	573,6	148,8	40,9	16,5	13,9	10,5	175,0	159,5	524,2	0,72	0,84	0,70	0,17
	10	303,9	248,9	218,8	801,9	615,9	157,2	43,9	16,5	19,4	8,0	184,5	172,5	558,1	0,70	0,82	0,72	0,18
	11	326,1	260,0	216,6	1004,8	750,1	214,6	40,1	12,0	22,5	5,6	216,6	170,7	642,0	0,64	0,80	0,66	0,15

Bild 7:
Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener Wohngebäude mit zwei Wohnungen

Haustyp	Nr.	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Wohnfläche	Bruttorauminhalt	Nettorauminhalt	Außenwandfläche	Fensterfläche				Dachoberste Geschoßdeckfläche	Kellerdeckfläche	Hüllfläche	A/V	Netto-/Bruttogrundfläche	Wohnfläche/Bruttogrundfläche	Fensterfläche/Nettogrundfläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
								m ²	m ²	m ²	m ²							
Wohngebäude mit drei bis sechs Wohnungen	1	287,4	243,0	201,2	775,8	615,0	265,8	51,6	18,7	17,3	15,6	95,8	95,8	509,0	0,66	0,84	0,70	0,21
	2	383,2	324,0	279,7	1034,0	818,1	254,1	68,8	26,0	22,0	20,8	191,6	191,6	706,1	0,68	0,85	0,73	0,21
	3	407,4	341,1	288,3	1121,6	878,3	344,5	59,9	24,9	15,1	19,9	177,4	135,8	717,6	0,64	0,84	0,71	0,18
	4	513,4	434,2	369,6	1437,5	1135,6	338,2	84,4	37,5	15,0	31,9	256,7	256,7	936,0	0,65	0,84	0,72	0,19
	5	592,2	491,5	408,6	1536,0	1190,6	354,7	85,6	39,4	16,2	30,0	214,5	258,6	913,4	0,59	0,83	0,69	0,17
	6	614,4	517,5	430,1	1644,2	1292,9	296,0	90,5	40,7	24,4	25,4	250,9	266,7	904,1	0,55	0,84	0,70	0,17
	7	664,3	551,4	471,1	1869,6	1448,2	357,1	88,5	36,7	19,6	32,2	252,0	346,5	1044,1	0,56	0,83	0,71	0,16

Bild 8:
Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener Wohngebäude mit drei bis sechs Wohnungen

Haustyp	Nr.	Brutto-grund-fläche	Netto-grund-fläche	Wohn-fläche	Brutto-raum-inhalt	Netto-raum-inhalt	Außen-wand-fläche	Fensterfläche				Dach - oberste Geschoß-decken-fläche	Keller-decken-fläche	Höhl-fläche	A/V	Netto-/Brutto-grund-fläche	Wohn-fläche/Brutto-grund-fläche	Fenster-fläche/Netto-grund-fläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
								m ²	m ²	m ²	m ²							
Wohngebäude mit 7 bis 12 Wohnungen	1	498,0	421,2	348,6	1394,3	1101,7	328,0	81,9	36,5	15,6	29,8	249,0	249,0	907,9	0,65	0,85	0,70	0,19
	2	770,2	651,3	554,5	2079,0	1640,0	466,8	111,8	43,6	30,0	38,2	336,6	255,3	1170,5	0,56	0,85	0,72	0,17
	3	777,9	697,9	552,3	2255,0	1778,6	509,2	127,9	56,4	15,2	56,3	259,2	259,2	1155,5	0,51	0,85	0,71	0,19
	4	820,5	704,3	599,0	2215,3	1773,5	506,9	140,9	73,3	38,0	29,6	191,4	186,3	1025,5	0,46	0,86	0,73	0,20
	5	1026,9	868,4	729,1	2773,0	2186,8	632,8	154,0	62,6	30,4	47,9	334,5	254,6	1375,9	0,50	0,85	0,71	0,18
	6	1121,6	916,6	773,9	3028,0	2306,3	734,4	179,5	75,4	77,2	26,9	265,3	265,3	1444,5	0,49	0,82	0,69	0,20

Bild 9:
Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener Wohngebäude mit sieben bis zwölf Wohnungen

Haustyp	Nr.	Brutto-grund-fläche	Netto-grund-fläche	Wohn-fläche	Brutto-raum-inhalt	Netto-raum-inhalt	Außen-wand-fläche	Fensterfläche				Dach - oberste Geschoß-decken-fläche	Keller-decken-fläche	Höhl-fläche	A/V	Netto-/Brutto-grund-fläche	Wohn-fläche/Brutto-grund-fläche	Fenster-fläche/Netto-grund-fläche
								gesamt	Süd	Ost/West	Nord							
								m ²	m ²	m ²	m ²							
Wohngebäude mit dreizehn und mehr Wohnungen	1	1026,9	868,4	708,6	2773,0	2185,8	632,8	154,0	66,2	30,8	57,0	336,6	256,7	1380,1	0,50	0,85	0,69	0,18
	2	1089,8	893,6	795,6	2871,2	2194,5	541,0	207,0	84,9	78,7	43,4	229,9	245,0	1222,9	0,43	0,82	0,73	0,23
	3	1121,6	916,6	751,4	3028,0	2306,3	734,4	179,5	75,4	75,6	28,5	265,3	265,3	1444,5	0,48	0,82	0,67	0,20
	4	1287,0	1081,1	952,4	3464,7	2711,7	635,0	244,0	100,0	90,3	53,7	271,5	289,3	1439,8	0,42	0,84	0,74	0,23
	5	1367,1	1165,7	957,0	3691,1	2932,1	747,2	202,6	32,4	162,1	8,1	385,8	385,8	1721,4	0,47	0,85	0,70	0,17
	6	1556,5	1326,2	1167,4	4226,8	3354,1	646,0	180,2	46,8	91,9	41,5	545,5	536,0	1907,7	0,45	0,85	0,75	0,14
	7	1616,2	1350,6	1179,8	5240,8	4077,8	805,7	310,4	86,9	145,9	77,6	615,2	634,7	2366,0	0,45	0,84	0,73	0,23
	8	1788,9	1449,0	1270,1	4687,5	3536,1	676,8	354,5	138,2	148,9	67,4	567,1	467,5	2076,9	0,44	0,81	0,71	0,24
	9	1889,0	1548,0	1265,6	5101,0	3892,6	970,0	297,0	118,8	130,7	47,5	488,0	488,0	2243,0	0,44	0,82	0,67	0,19
	10	2438,2	2018,9	1731,1	7096,0	5469,4	1224,5	320,7	176,4	38,5	105,8	979,2	681,9	3206,3	0,45	0,83	0,71	0,16

Bild 10:
Zusammenstellung der ermittelten Gebäudekennwerte verschiedener Wohngebäude mit dreizehn und mehr Wohnungen

6.2 Festlegung von Ist-Werten und Anforderungswerten des Jahres-Primärenergiebedarfs

Zur Ausstellung eines Energieausweises für neu zu errichtende Wohngebäude ist nach §16 der EnEV 2009 unter anderem die Angabe eines Gebäude-Ist-Wertes und eines EnEV-Anforderungswertes des Jahres-Primärenergiebedarfs erforderlich. Die Idee war, eine Abhängigkeit der beiden Kennwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs von einem Parameter, wie zum Beispiel Nutzfläche, in Form einer einfachen Funktion zu finden und für das zu errichtende Wohngebäude einen Höchstwert für den Ist-Wert und einen Minimalwert für den Anforderungswert (Soll-Wert) des Jahres-Primärenergiebedarfs anzugeben.

Im Rahmen der Untersuchungen an mehreren Gebäuden einer Gebäudegruppe ist eine deutliche lineare Abhängigkeit des Ist- und des Soll-Wertes des Jahres-Primärenergiebedarfs von dem Kompaktheitsgrad (A/V_e -Verhältnis) festgestellt. Allerdings ist nicht bei jedem Anlagensystem eine getrennte Angabe des Ist- und des Soll-Wertes möglich.

Bei Anlagensystemen, die erneuerbare Energie in Form von Wärme aus dem Erdboden, Wärme aus Biomasse oder Wärme aus einem Netz der Nah-/Fernwärmeversorgung nutzen, wie zum Beispiel Anlage 5, 6, 9 und 11, ist der spezifische Transmissionswärmeverlust (H'_T) maßgebend für die Festlegung der

mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen zur Erfüllung der Anforderungen. In diesem Fall ist der Ist-Wert deutlich kleiner als der Anforderungswert des Jahres-Primärenergiebedarfs.

Bei weiteren Anlagensystemen, insbesondere Anlage 2, 3 und 7, ist der spezifische Jahres-Primärenergiebedarf ($Q_{p'}$) maßgebend für die Festlegung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen zur Erfüllung der Anforderungen. In diesen Fällen ist der Ist-Wert gleich bzw. nur geringfügig kleiner als der Anforderungswert des Jahres-Primärenergiebedarfs.

Bei den Anlagen 4, 8 und 10 kann der Anforderungswert, welcher für die Festlegung der mindestens erforderlichen U-Werte der wärmetauschenden Hüllflächen zur Erfüllung der Anforderungen maßgebend ist, nicht eindeutig zugeordnet werden.

Den Ausgangspunkt zur rechnerischen Ermittlung des Ist- bzw. des Soll-Wertes des Jahres-Primärenergiebedarfs in Abhängigkeit vom AV_e -Verhältnis bietet die Durchführung einer linearen Regression über eine gewisse Anzahl der Primärenergiebedarfswerte.

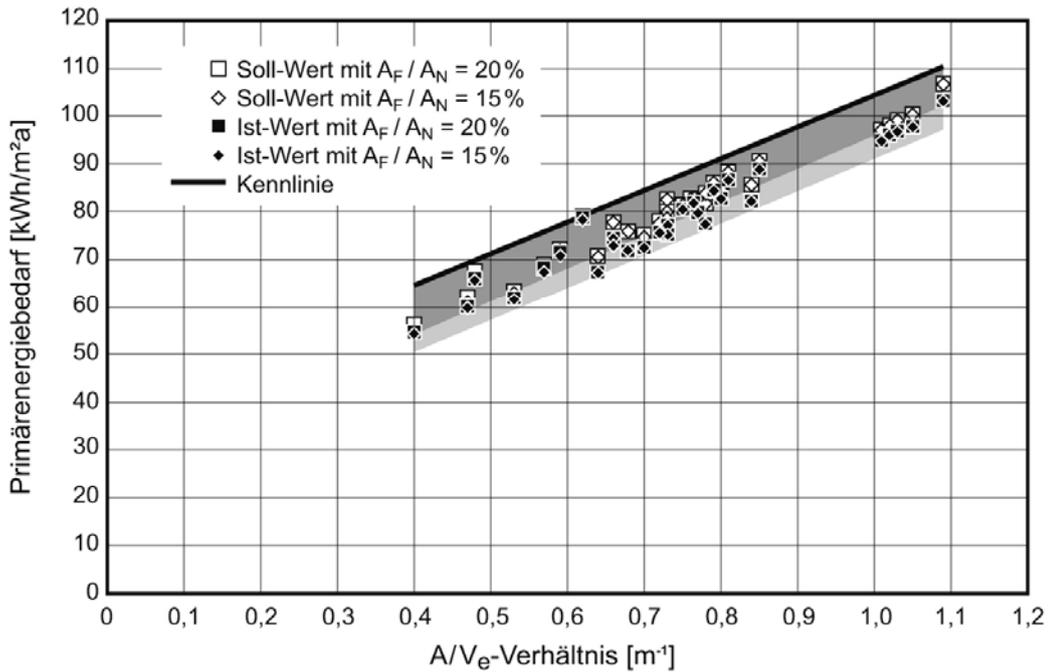
Ist eine getrennte Angabe von Ist- und Soll-Werten möglich, so wird die lineare Regression einmal über die berechneten Soll-Werte und einmal über die berechneten Ist-Werte durchgeführt. Die Gerade über die Soll-Werte wird in diesem Fall parallel der Ordinate so weit nach unten verschoben, bis alle Werte oberhalb bzw. auf dieser Geraden liegen. Mit der auf diese Weise ermittelten Kennlinie kann bei bekanntem AV_e -Verhältnis ein Minimalwert für den Anforderungswert des Jahres-Primärenergiebedarfs angegeben werden. Der tatsächliche Anforderungswert (ermittelt durch die energetische Bewertung mit 4108-6/4701-10) eines zu errichtenden Wohngebäudes würde entweder dem errechneten Wert entsprechen oder höher sein und in dem grau markierten Bereich des entsprechenden Diagramms liegen.

Die Gerade über die Ist-Werte wird dagegen parallel der Ordinate so weit nach oben verschoben, bis alle Werte unterhalb bzw. auf dieser Geraden liegen. Mit dieser Kennlinie kann bei bekanntem AV_e -Verhältnis ein Höchstwert für den Ist-Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs angegeben werden. Der tatsächliche Ist-Wert (ermittelt durch die energetische Bewertung mit 4108-6/4701-10) eines zu errichtenden Wohngebäudes würde entweder dem errechneten Wert entsprechen oder niedriger sein und in dem grau markierten Bereich des entsprechenden Diagramms liegen. Für diesen Fall typische Diagramme sind zum Beispiel Diagramme 7 und Diagramme 11.

Bei Anlagensystemen, bei welchen die Ist-Werte und Soll-Werte gleich sind bzw. sich nur geringfügig unterscheiden, wird die lineare Regression nur über die Soll-Werte gelegt. Die so gewonnene Gerade wird soweit entlang der Ordinate nach oben verschoben, bis alle Werte unterhalb bzw. auf dieser Geraden liegen. In diesem Fall kann über die Kennlinie zwar ein Höchstwert für den Ist-Wert, aber kein Minimalwert für den Anforderungswert des Jahres-Primärenergiebedarfs angegeben werden. Es erfolgt eine für die beiden Werte gleiche Wertangabe (siehe Tabelle 12 und Tabelle 13 im Abschnitt 3.3). Der tatsächliche Ist-Wert und der tatsächliche Soll-Wert (ermittelt durch die energetische Bewertung mit 4108-6/4701-10) eines zu errichtenden Wohngebäudes

würden entweder dem errechneten Wert entsprechen oder niedriger sein und in dem grau markierten Bereich des entsprechenden Diagramms liegen. Es ist aber in jedem Fall gewährleistet, dass der Ist-Wert kleiner oder gleich dem Soll-Wert ist. Für diesen Fall typische Diagramme sind zum Beispiel Diagramme 1 und Diagramme 1.

Anlage 2/2a: Brennwertkessel mit Solar-WW
Gebäudegruppe: EFH, DHH, RMH und kl. MFH



Anlage 3a: Brennwertkessel mit Solar-Heizung
Gebäudegruppe: EFH, DHH, RMH und kl. MFH

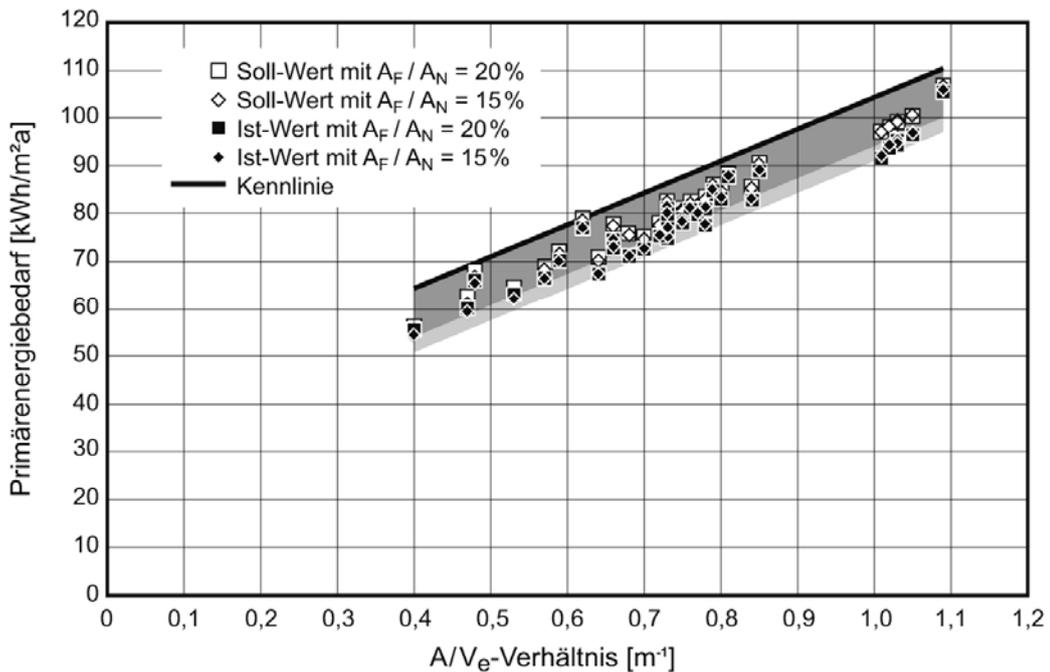
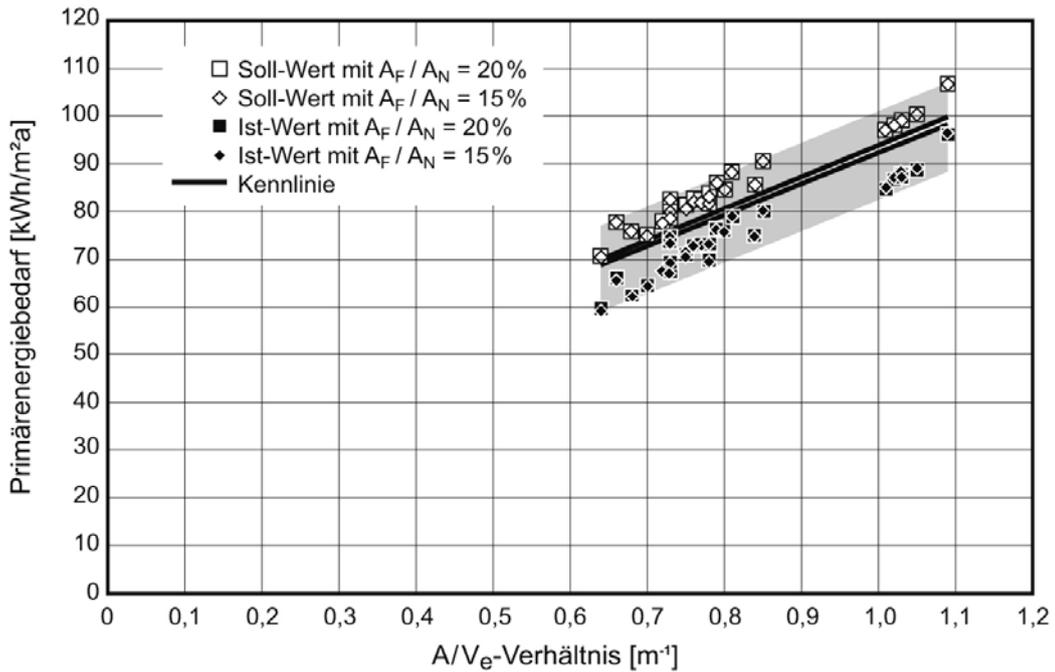


Diagramme 1 und 2:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 4/4a: Brennwertkessel mit WRG
Gebäudegruppe: EFH und kl. MFH



Anlage 4: Brennwertkessel mit WRG
Gebäudegruppe: DHH und RMH

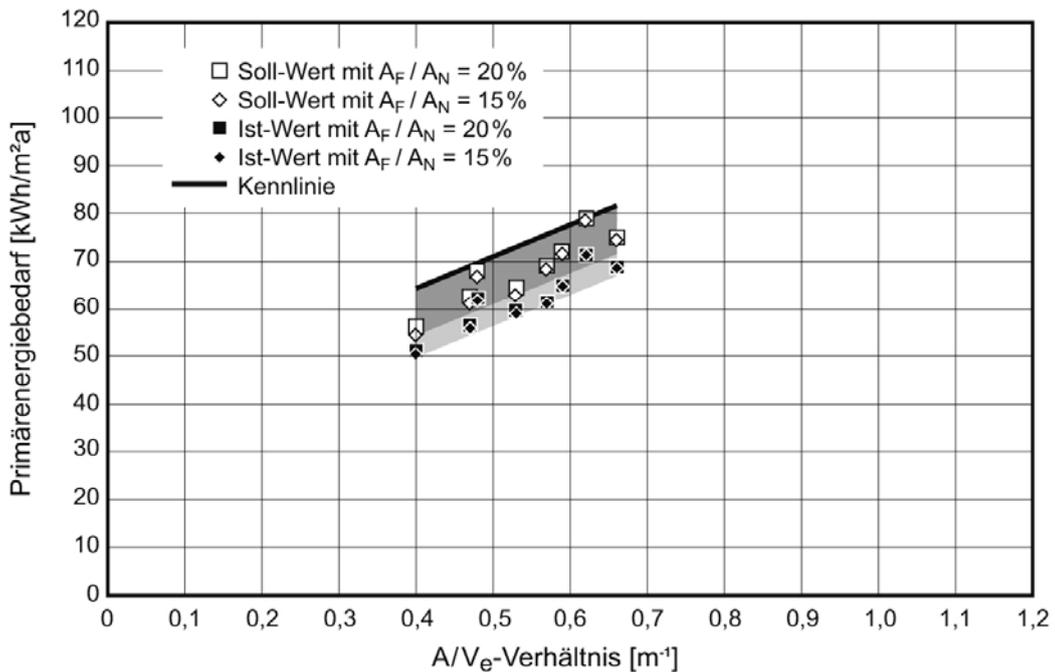
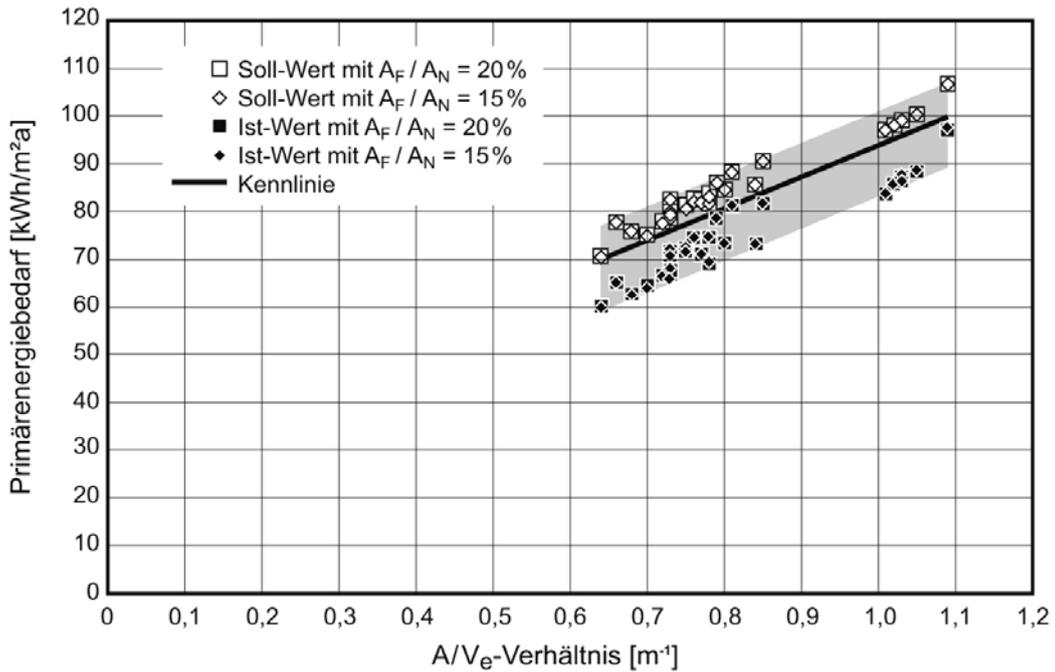


Diagramme 3 und 4:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 5a: Erdreichwärmepumpe
Gebäudegruppe: EFH und kl. MFH



Anlage 5a: Erdreichwärmepumpe
Gebäudegruppe: DHH und RMH

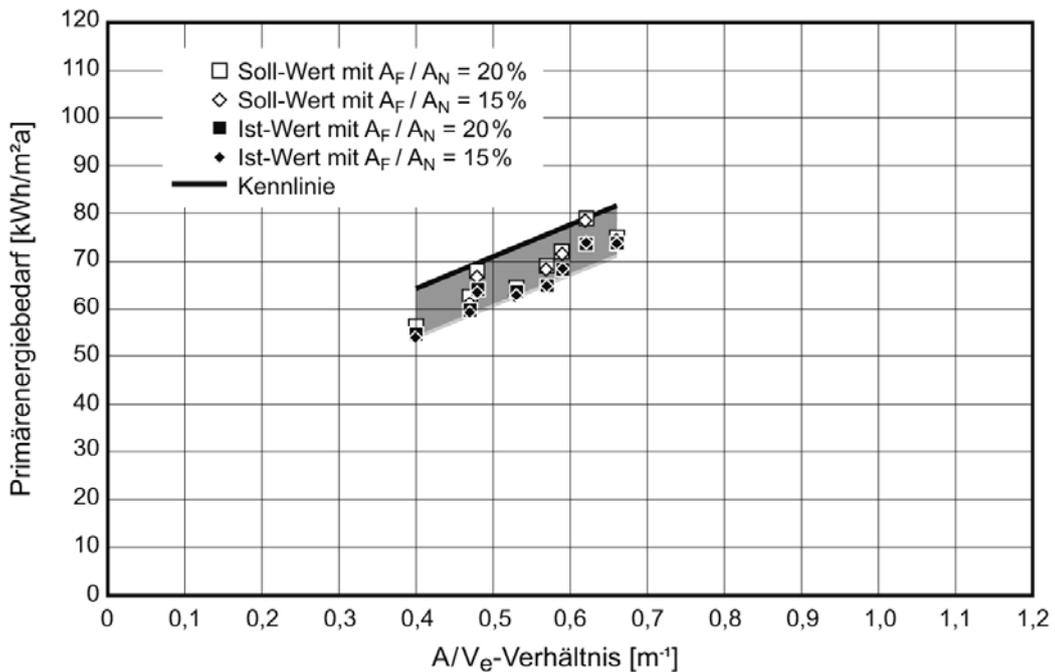
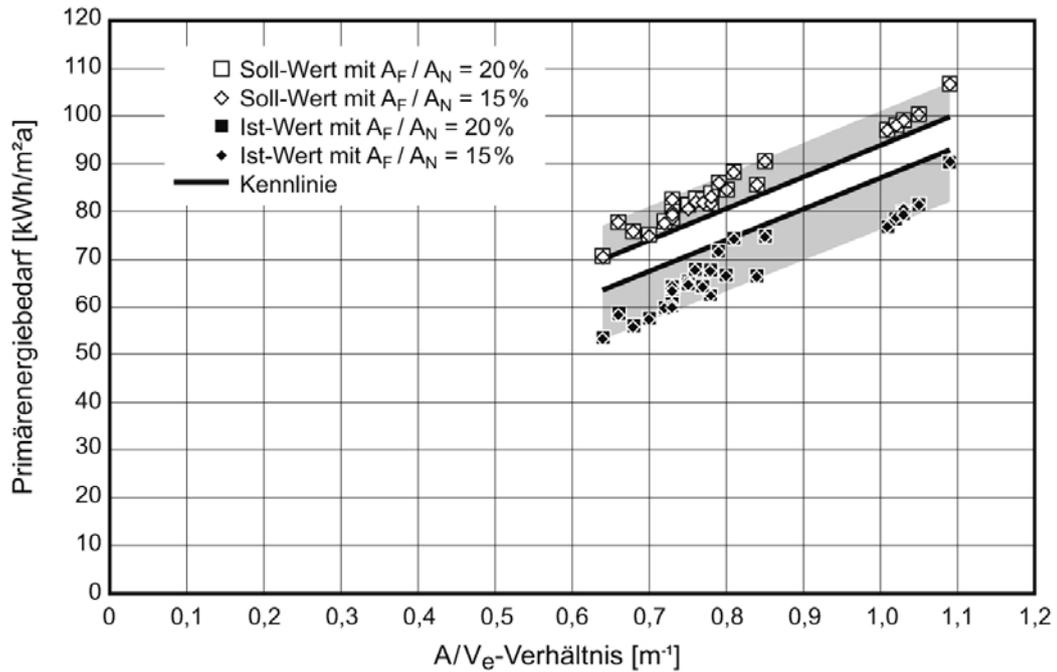


Diagramme 5 und 6:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis.

Anlage 6a: Erdreichwärmepumpe mit WRG
Gebäudegruppe: EFH und kl. MFH



Anlage 6a: Erdreichwärmepumpe mit WRG
Gebäudegruppe: DHH

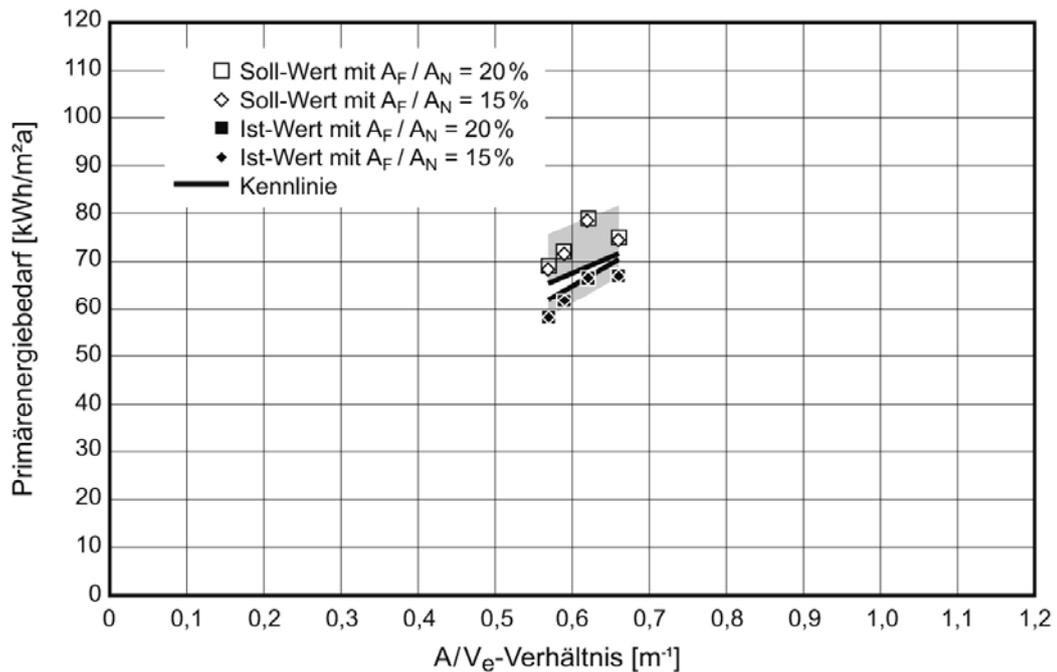
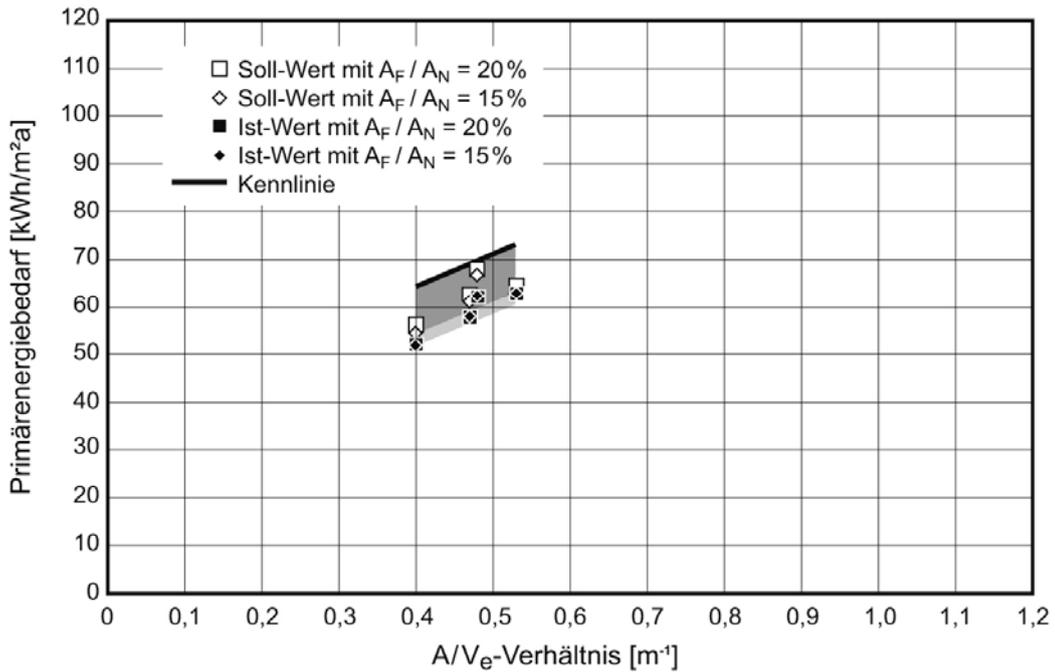


Diagramme 7 und 8:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 6a: Erdreichwärmepumpe mit WRG
Gebäudegruppe: RMH



Anlage 7a: Luft-Wasser Wärmepumpe
Gebäudegruppe: EFH, DHH und kl. MFH

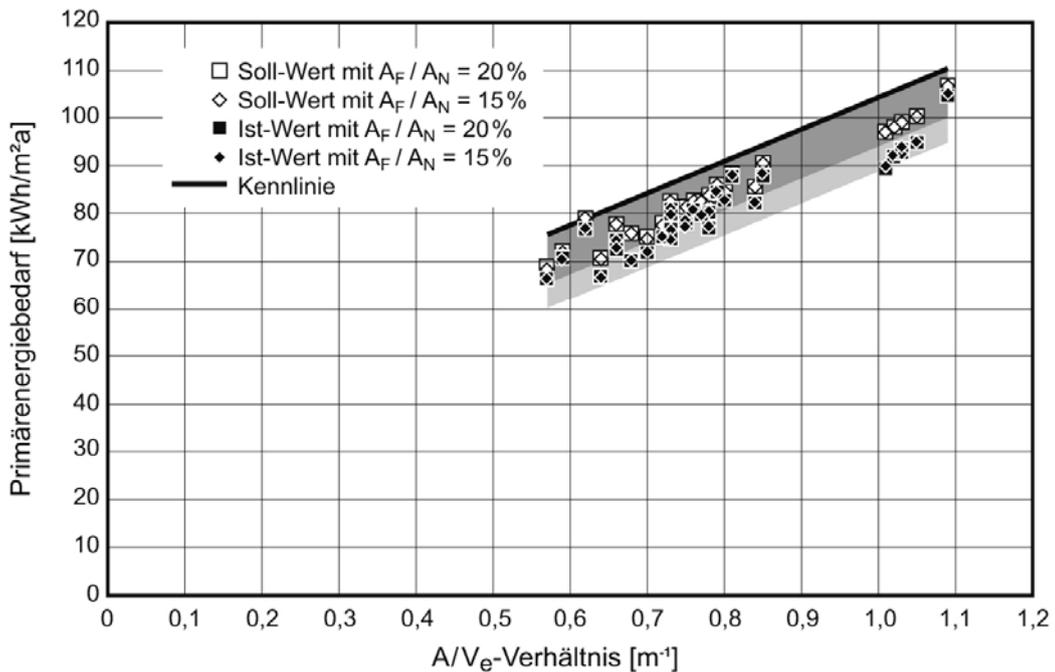
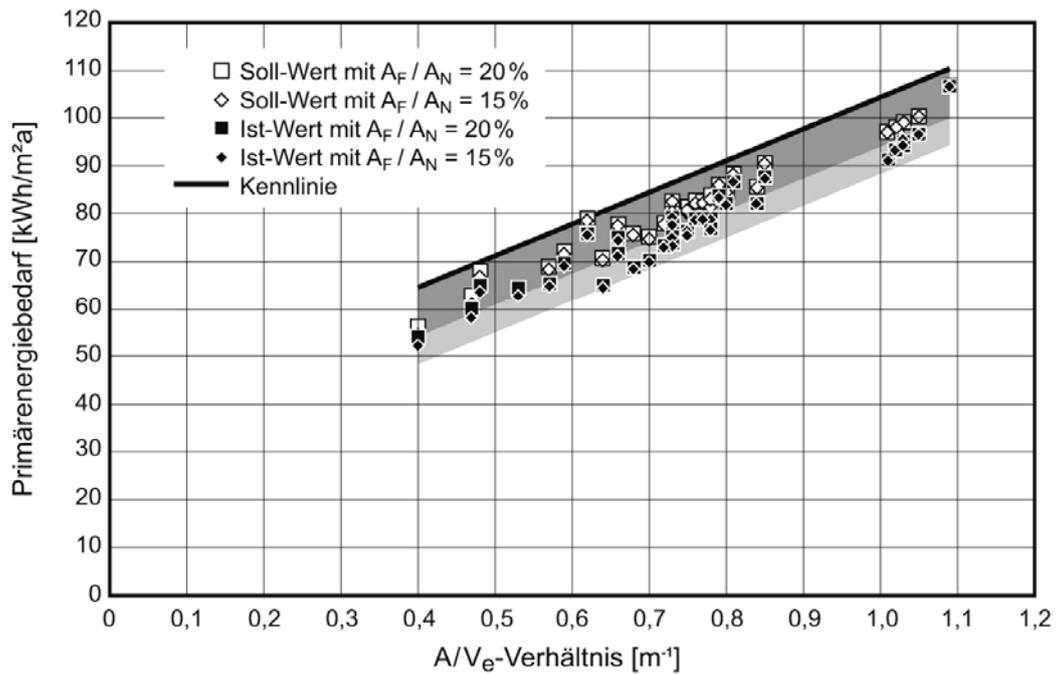


Diagramme 9 und 10:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 8a: Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG
Gebäudegruppe: EFH, DHH, RMH und kl. MFH



Anlage 9a: Biomassekessel
Gebäudegruppe: EFH, DHH, RMH und kl. MFH

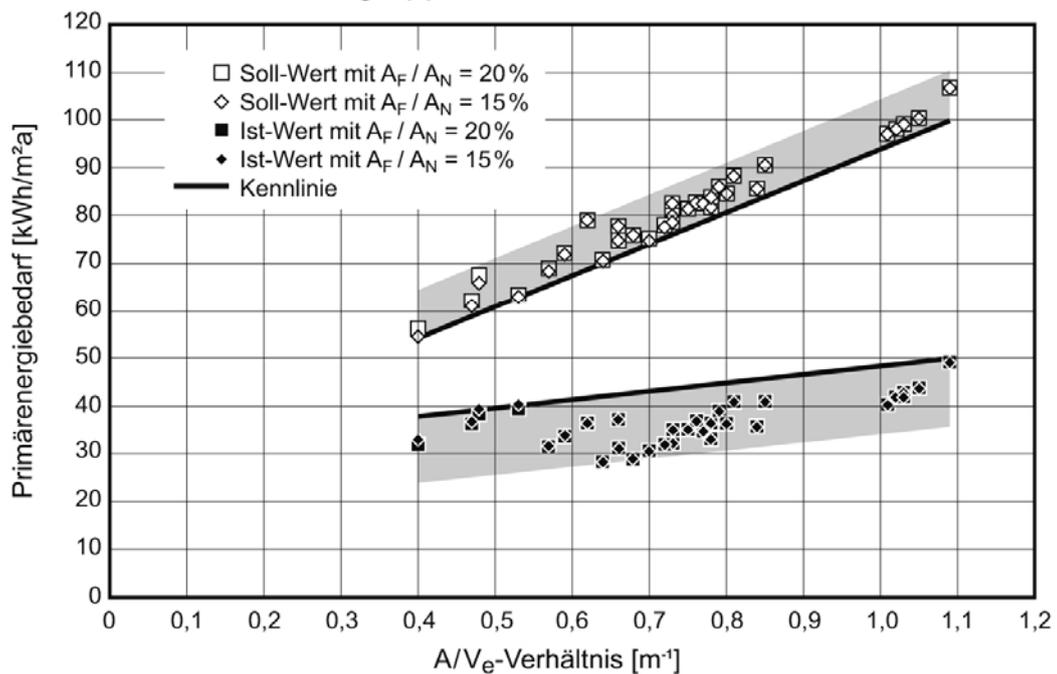
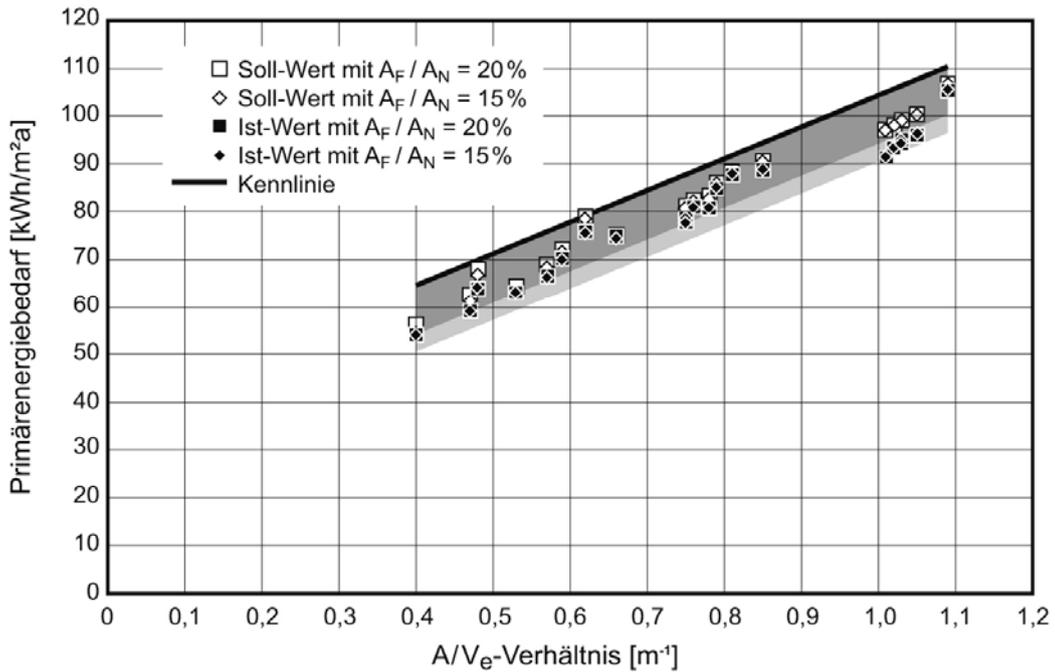


Diagramme 11 und 12:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 10a: Nah-/Fernwärme KWK
Gebäudegruppe: EFH, DHH und RMH



Anlage 10a: Nah-/Fernwärme KWK
Gebäudegruppe: kl. MFH

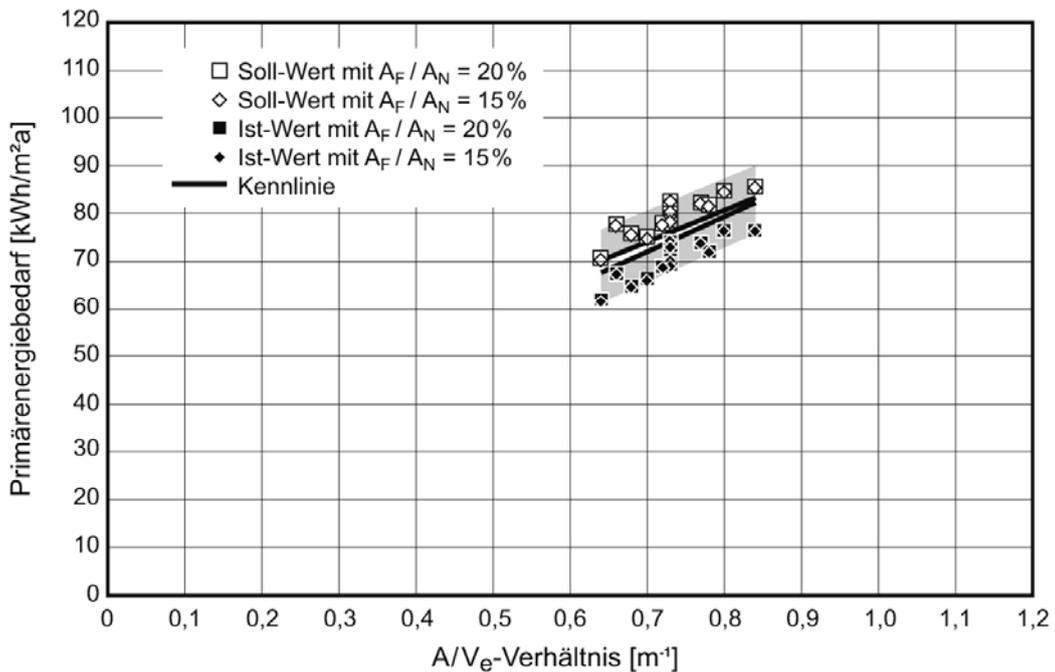
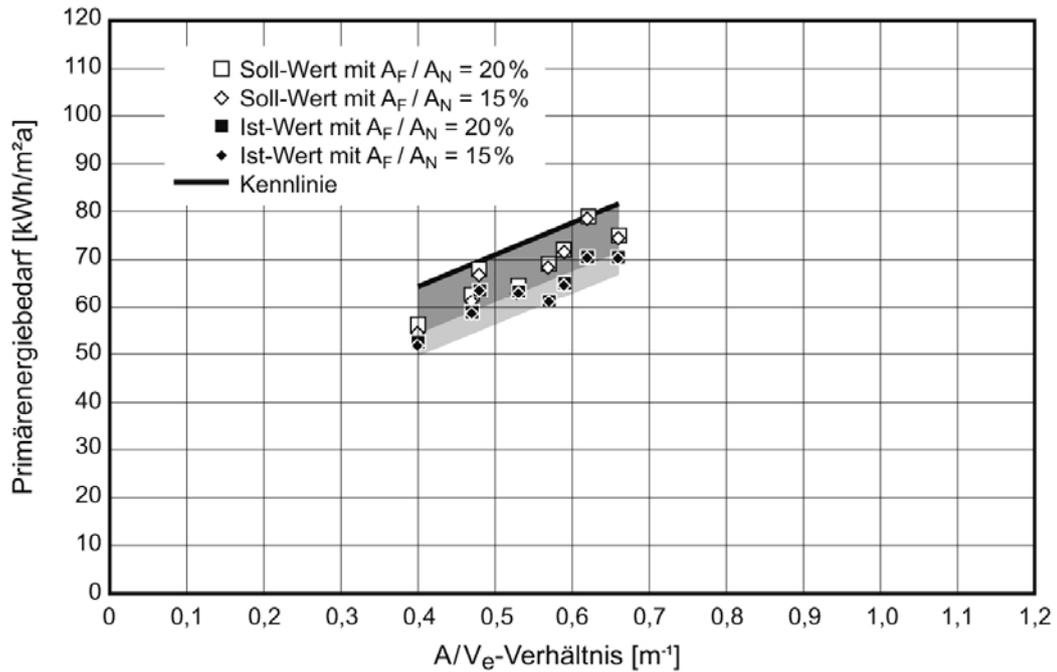


Diagramme 13 und 14:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 11a: Nah-/Fernwärme KWK mit WRG
Gebäudegruppe: DHH und RMH



Anlage 11a: Nah-/Fernwärme KWK mit WRG
Gebäudegruppe: EFH und kl. MFH

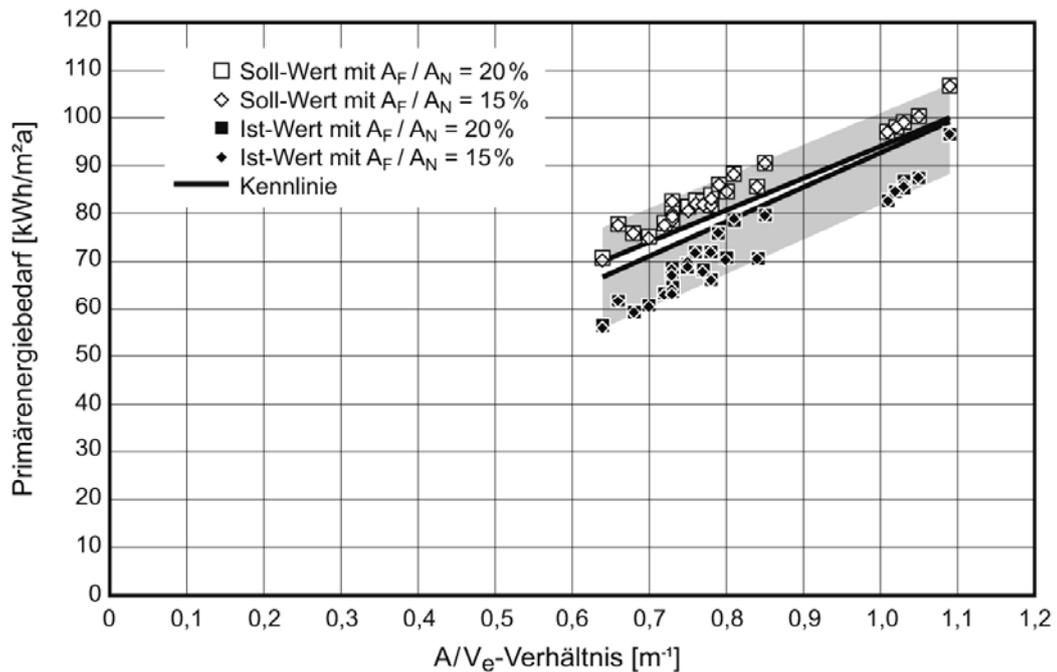
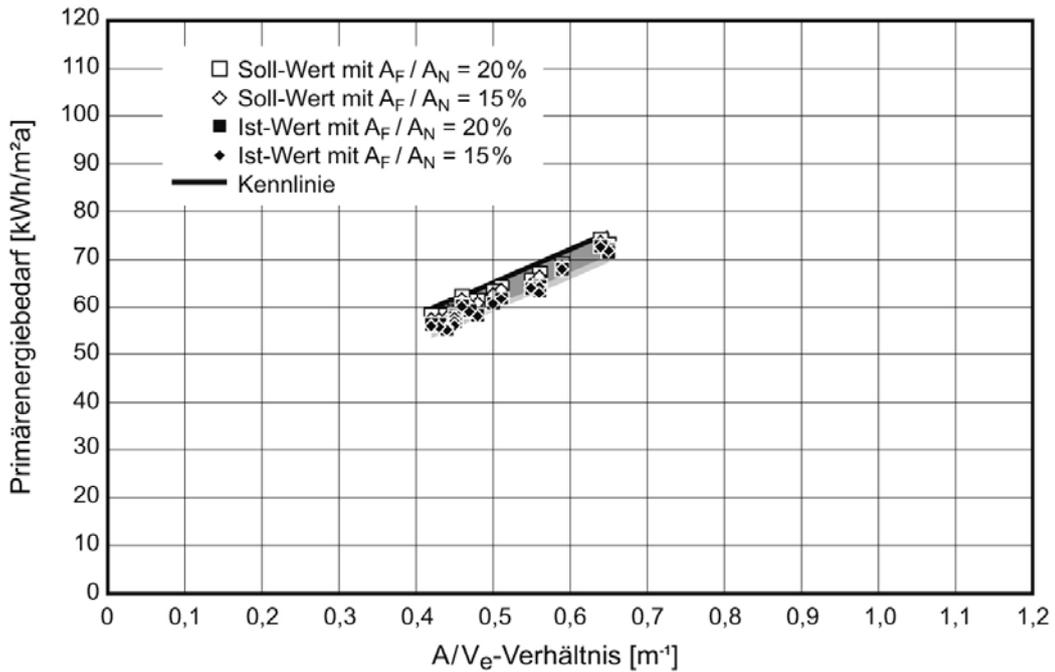


Diagramme 15 und 16:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 2a: Brennwertkessel mit Solar-WW
Gebäudegruppe: gr. MFH



Anlage 3a: Brennwertkessel mit Solar-Heizung
Gebäudegruppe: gr. MFH

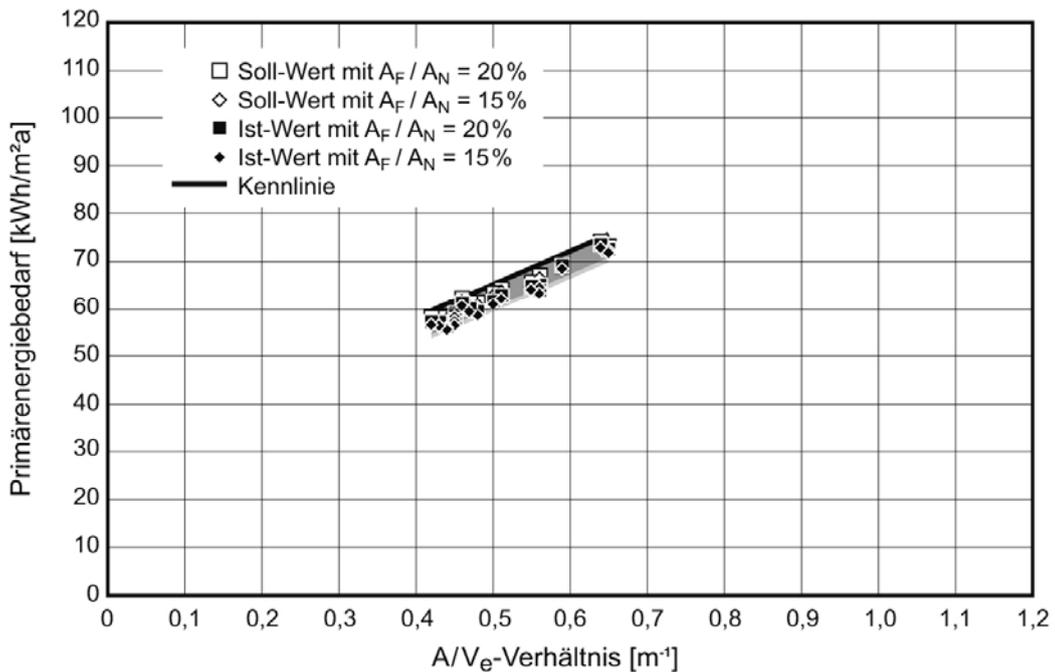
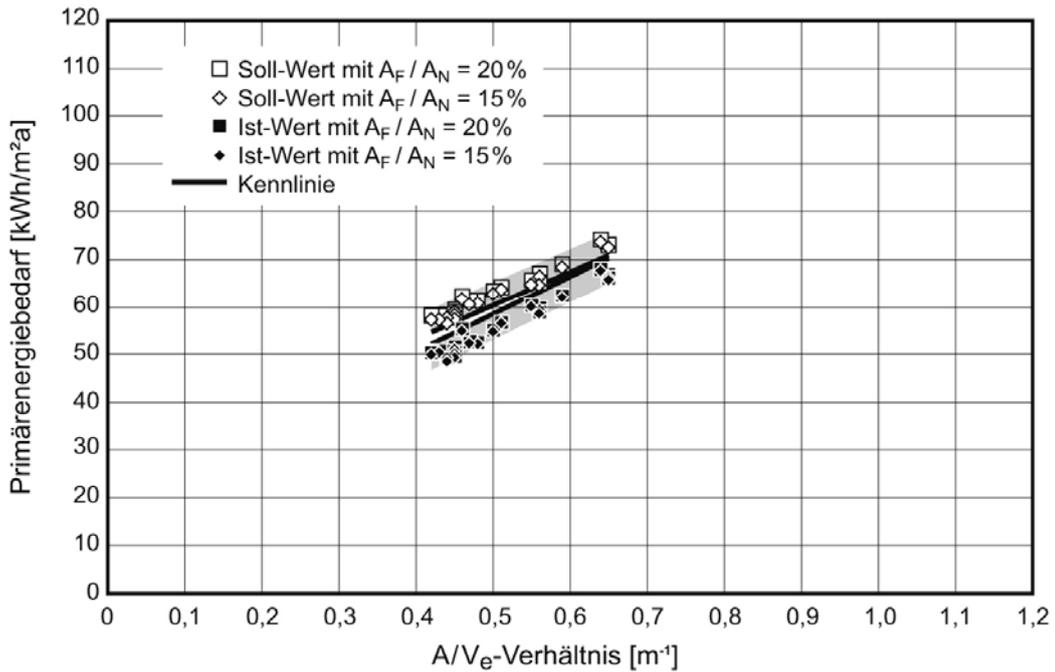


Diagramme 17 und 18:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 4a: Brennwertkessel mit WRG
Gebäudegruppe: gr. MFH



Anlage 5a: Erdreichwärmepumpe
Gebäudegruppe: gr. MFH

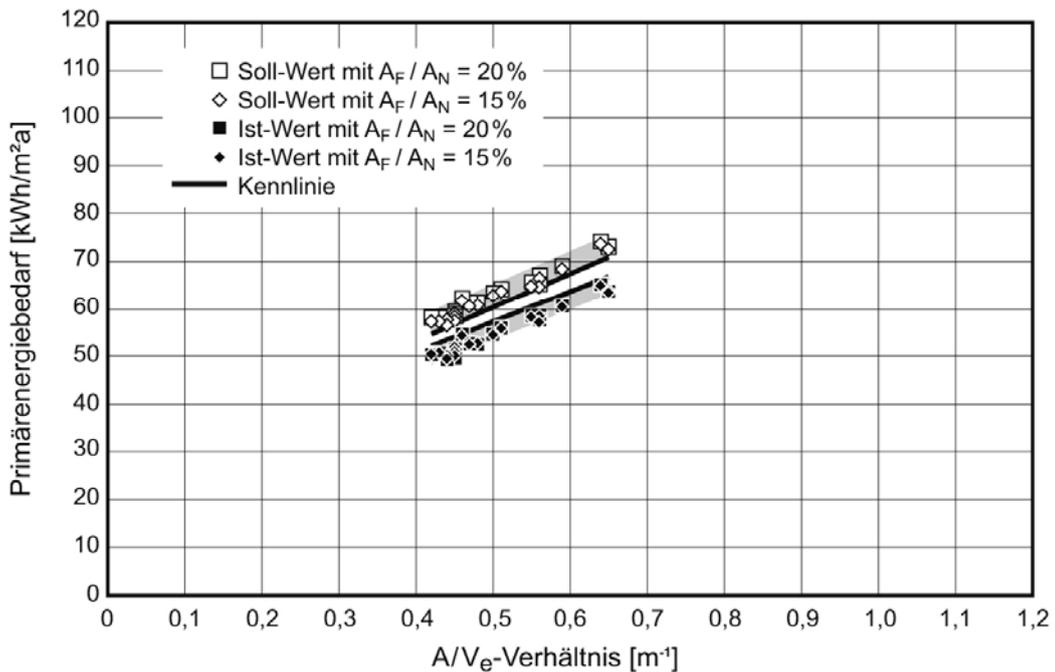
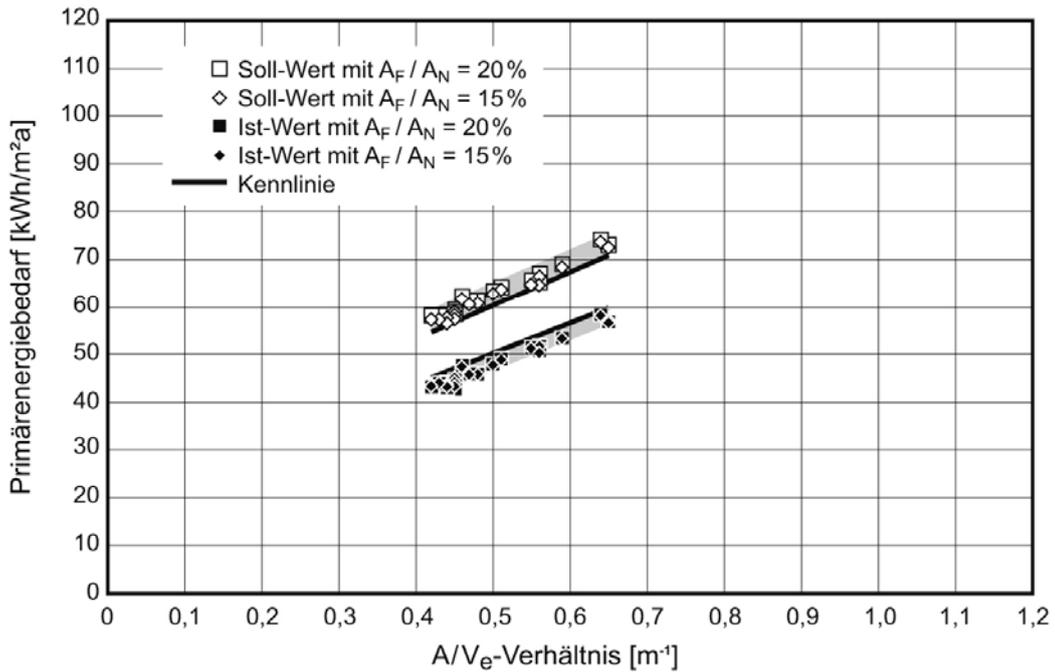


Diagramme 19 und 20:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und 20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 6a: Erdreichwärmepumpe mit WRG
Gebäudegruppe: gr. MFH



Anlage 7a: Luft-Wasser Wärmepumpe
Gebäudegruppe: gr. MFH

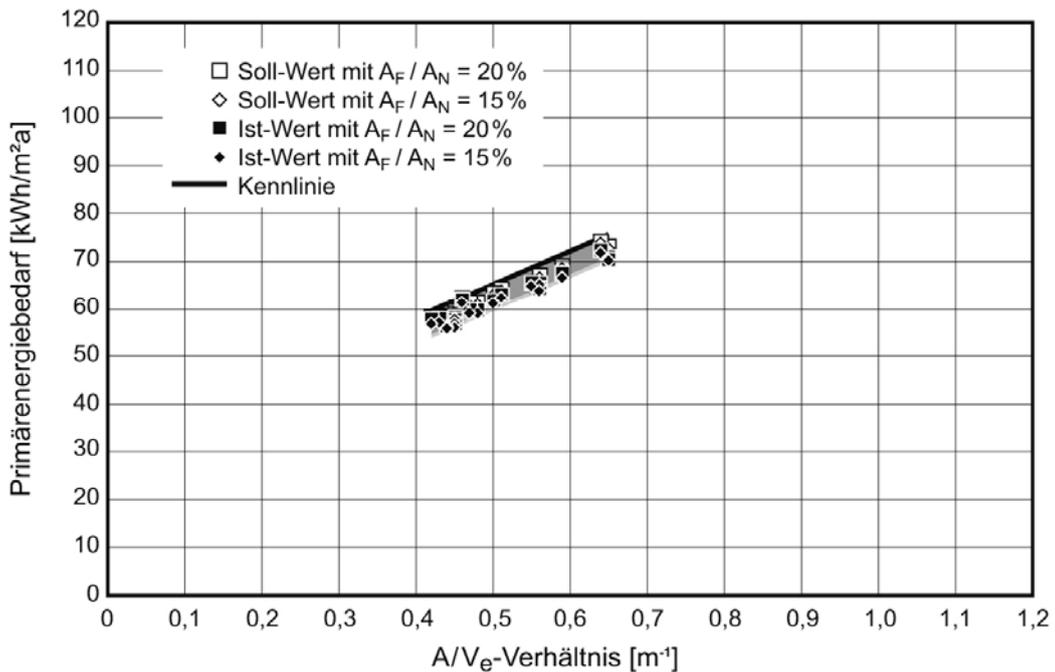
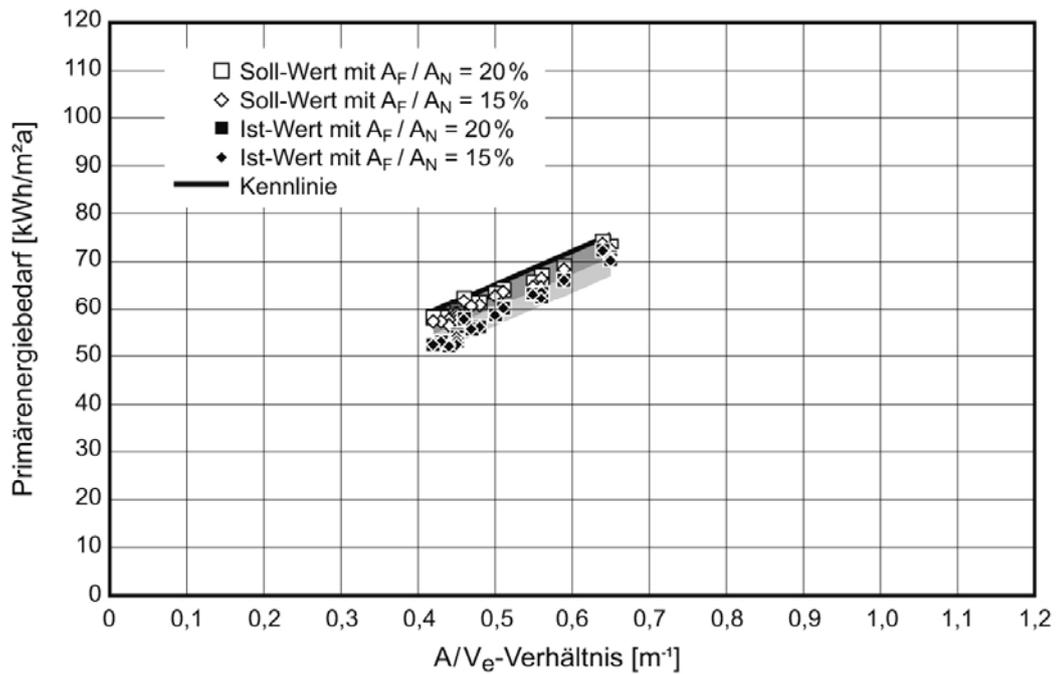


Diagramme 21 und 22:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 8a: Luft-Wasser Wärmepumpe mit WRG Gebäudegruppe: gr. MFH



Anlage 9a: Biomassekessel Gebäudegruppe: gr. MFH

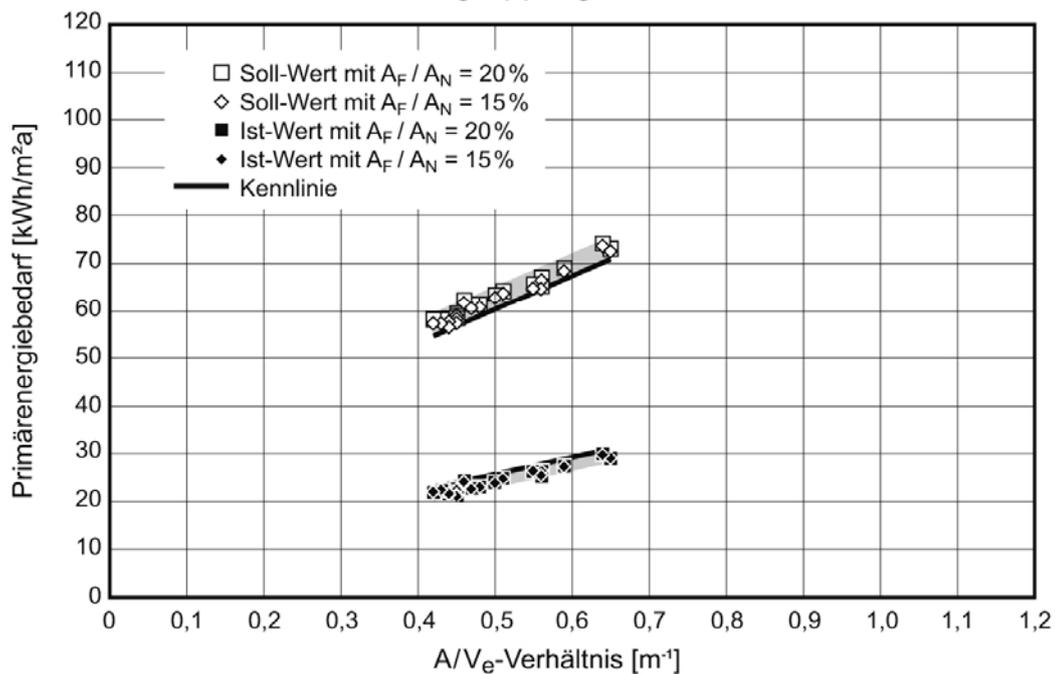
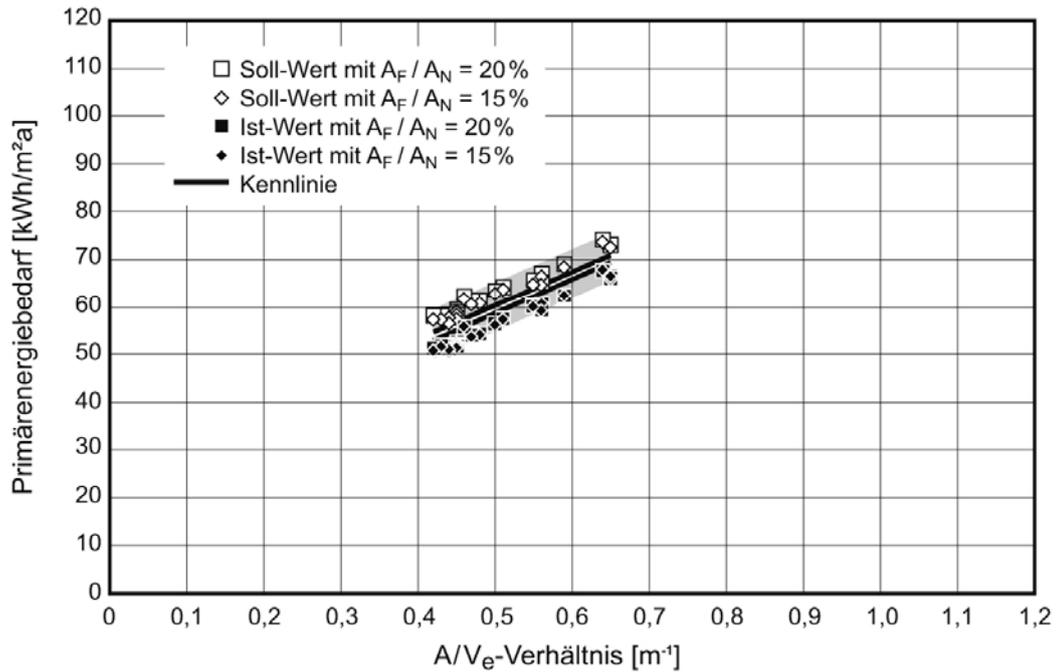


Diagramme 23 und 24:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis

Anlage 10a: Nah-/Fernwärme KWK
Gebäudegruppe: gr. MFH



Anlage 11a: Nah-/Fernwärme KWK mit WRG
Gebäudegruppe: gr. MFH

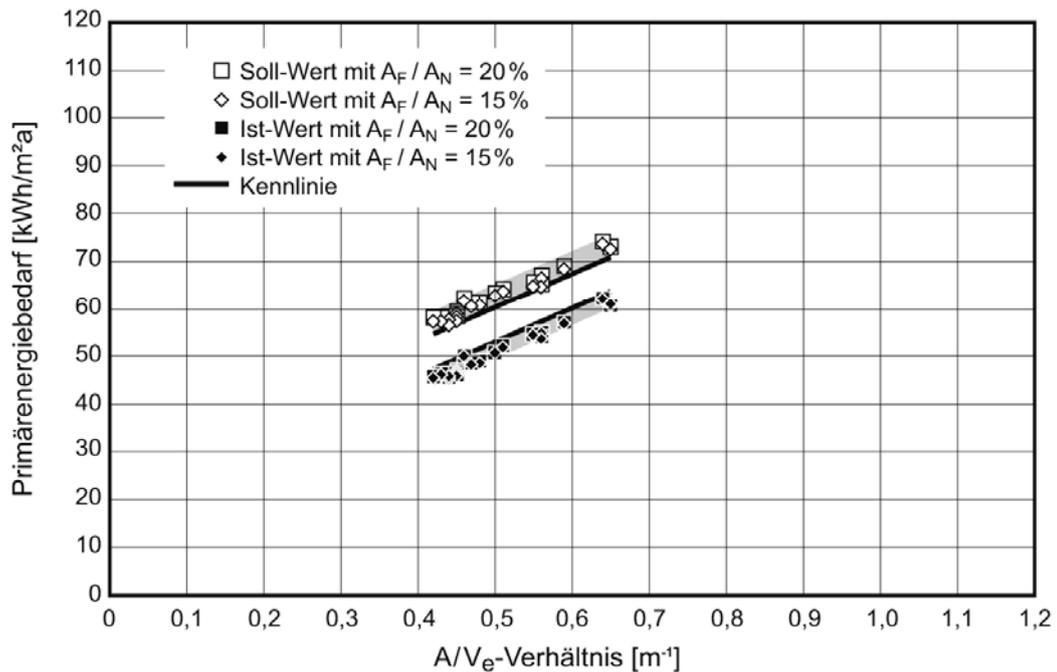


Diagramme 25 und 26:
Darstellung berechneter Ist- und Soll-Einzelwerte des Jahres-
Primärenergiebedarfs mit einem Fensterflächenanteil A_F/A_N von 15 % und
20 % sowie der gewonnenen Kennlinie in Abhängigkeit von A/V_e -Verhältnis