

BDH

Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie



BTGA

Bundesindustrieverband
Technische Gebäudeausrüstung e.V.



Anregungen zur künftigen Behandlung von Hallengebäuden im Energiesparrecht

Endbericht



Auftraggeber:	BTGA Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e. V. Hinter Hoben 149 in 53129 Bonn IG Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH Frankfurter Straße 720-726 in 50968 Köln FIGAWA Service GmbH Marienburger Straße 15 in 50968 Köln
Auftragnehmer:	ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Bayreuther Straße 29 in 01187 Dresden
Bearbeitung:	ITG Dresden Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz

Dresden, 31.03.2016

Inhaltsverzeichnis

Begriffe	7
(Katalog-)Nutzung, Nutzungsprofil	7
Baulicher Wärmeschutz	7
Energiebedarf	7
Konditionierung	7
Nutz-, End- und Primärenergie	8
 1 Hintergrund und Aufgabe	 9
 2 Derzeitige Regelung, Stand Januar 2016	 10
2.1 Energieeinsparverordnung - EnEV 2014	10
Primärenergiebedarf	10
Baulicher Wärmeschutz	11
2.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG 2015	12
2.3 Schwierigkeiten in der aktuellen Anwendung beider Regelwerke	13
 3 Vorbetrachtung zur Weiterentwicklung des Energiesparrechts (für Gebäude) in Deutschland	 15
3.1 Allgemeines	15
3.2 Allgemeine Ziele	15
3.3 Spezifische Ziele und Bedingungen im Bereich Hallengebäude	15
3.4 Annahmen für die Weiterentwicklung des Regelwerkes	16
3.4.1 Allgemeines	16
3.4.2 Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch das Referenzgebäude <i>EnEV 2014</i> in Verbindung mit einem Minderungsfaktor	17
3.4.3 Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch ein neues Referenzgebäude	18
 4 Behandlung von Hallen bei alleiniger Weiterentwicklung der EnEV, EEWärmeG unverändert (Szenario A)	 22
4.1 Allgemeines	22
4.2 Variante A.1: Modifizierung der bestehenden Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen mit dem Ziel der Annäherung der Anforderungen für zentral und dezentral beheizte Hallenzonen	22
4.3 Variante A.2: Wegfall Ausnahmeregelung, differenzierte Q_p -Anforderung EnEV in Abhängigkeit vom Erfüllungsweg EEWärmeG	22
4.4 Variante A.3: Wegfall Ausnahmeregelung, Ermittlung eines modifizierten Q_p -Bezugs- wertes für Berechnung EEWärmeG-Erfüllungsweg <i>Einsparung von Energie</i>	23

5	Behandlung von Hallen bei Weiterentwicklung, ggf. Zusammenlegung, beider Regelwerke (Szenario B)	24
5.1	Allgemeines	24
5.2	Variante B.1: Aufhebung expliziter EE-Anforderungen für Hallen	24
5.3	Variante B.2: Minderung expliziter EE-Anforderungen für Hallen	25
5.4	Variante B.3: Erweiterung anrechenbarer EE-Nutzungsoptionen und des Bilanzrahmens	25
5.5	Energie-Monitoring	26
5.5.1	Allgemeines	26
5.5.2	Überlegungen zu den Anforderungen an ein Energie-Monitoring	26
5.5.3	Definition des minimalen Umfangs als Basis für einen Textvorschlag	27
5.5.4	Motivation zur Einführung von Energie-Monitoring-Systemen im NWG-/Hallenbereich ...	28
5.5.5	Potenzielle Schwierigkeiten bei der Einführung einer Verpflichtung zum Energie-Monitoring	29
5.5.6	Energiesparpotenzial durch Energie-Monitoring	30
5.6	Weiterentwicklung des Energiesparrechts (für Gebäude) in Deutschland	30
6.	Berechnungsbeispiele	32
6.1	Allgemeines	32
6.2	Modellgebäude	33
	Fertigungshalle (Variationen 17 °C und 20 °C, zwei Höhen)	33
	Sporthalle	34
	Logistikhalle	34
	Markt	35
6.3	Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch das Referenzgebäude <i>EnEV 2014</i> in Verbindung mit einem Minderungsfaktor	35
6.4	Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch ein neues Referenzgebäude	37
6.5	Übergangsregelung 2017-2019/20	42
6.6	Fazit	44
7	Quellen	47
8	Anhang: Nutzungsprofile DIN V 18599-10:2011-12	48

Begriffe

(Katalog-)Nutzung, Nutzungsprofil

Das Berechnungsverfahren *DIN V 18599* benötigt für eine Energiebedarfsberechnung mehrere Parameter, welche von der Art und Weise der Nutzung der betrachteten Zone abhängen – z.B. Innenraumsolltemperatur, Anzahl der jährlichen Nutzungstage, tägliche Nutzungsdauer usw. Teil 10 der Norm fasst die für eine Energiebedarfsberechnung notwendigen Nutzungsparameter als Werte für mittlere Verhältnisse zu Nutzungsprofilen für unterschiedliche Nutzungsarten zusammen.

Für Energiebedarfsberechnungen im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nach Energieeinsparverordnung müssen Nutzungsparameter grundsätzlich nach den in DIN V 18599-10 aufgeführten Nutzungsprofilen festgelegt werden – im Rahmen der *Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung* wird auch von *Katalognutzungen* gesprochen. Ein Abweichen von diesen Werten ist im Nachweisfall nicht zulässig.

Typische Nutzungsprofile für Hallen werden im Anhang (8) dargestellt.

Baulicher Wärmeschutz

Unter dem Begriff des *baulichen Wärmeschutzes* werden im Allgemeinen bauphysikalische Eigenschaften der Gebäudehülle bzw. Maßnahmen an ihr verstanden, die dem Wärmetransport durch sie entgegenwirken. Der bauliche Wärmeschutz eines Gebäudes kann durch verschiedene Größen quantifiziert werden, wie z.B. Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte).

Die EnEV formuliert Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz unter anderem durch einzuhaltende Maximalwerte des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten $\bar{U}$.

Energiebedarf

Der *Energiebedarf* eines Gebäudes ist die Energiemenge, die das Gebäude unter standardisierten Randbedingungen (z.B. Innen- und Außentemperaturen) auf Grundlage eines definierten Berechnungsverfahrens (z.B. Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599) verbrauchen würde.

Energiebedarfswerte lassen somit nur bedingt Rückschlüsse auf tatsächliche oder zu erwartende Energieverbräuche zu. Sie eignen sich jedoch gut für objektive Vergleiche zwischen unterschiedlichen Gebäude-/Anlagentechnikvarianten.

Konditionierung

Im Kontext der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Berechnungsverfahrens DIN V 18599 ist die Konditionierung von Räumen (und im weiteren, von Zonen und ganzen Gebäuden) die Schaffung bestimmter für die Nutzung notwendiger Bedingungen innerhalb dieser Räume – wie beispielsweise das Bereitstellen einer geforderten Innenraumtemperatur, einer bestimmten Helligkeit oder eines Luftwechsels – durch Heizung, Kühlung, Be- und Entlüftung, Befeuchtung, Beleuchtung und Versorgung mit Trinkwarmwasser.

Nutz-, End- und Primärenergie

Bei der Bilanzierung energieumsetzender Systeme lassen sich unterschiedliche Bilanzräume definieren. In der Bewertung von Gebäuden einschließlich ihrer Anlagentechnik haben sich die Begriffe *Nutz-, End- und Primärenergie* etabliert.

Der Begriff **Nutzenergie** bezieht sich auf die Energiemenge, welche zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe – der Konditionierung – unmittelbar am Ort der Nutzung unter idealisierten Bedingungen aufgewendet werden müsste. Das kann beispielsweise die Wärmemenge sein, welche einem Raum zur Aufrechterhaltung einer definierten Innentemperatur unter idealisierten Bedingungen zuzuführen wäre – also die Summe der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste. Nutzenergie ist daher weder anlagen- noch energieträgerspezifisch.

Endenergie bezieht darüber hinaus auch spezifische Energieverluste der Anlagentechnik ein. Diese können z.B. durch die Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe von Wärme entstehen. Eine definierte Menge an Endenergie kann mit der entsprechenden Menge des eingesetzten Energieträgers (Kubikmeter Erdgas, Liter Heizöl, etc.) gleichgesetzt werden. Endenergie ist energieträgerspezifisch zu betrachten – Endenergiemengen unterschiedlicher Energieträger können nicht unmittelbar verglichen oder miteinander verrechnet werden. Die Grenzen des Bilanzrahmens einer endenergetischen Betrachtung werden i.d.R. durch die Gebäudegrenzen gebildet.

Bei einer **primärenergetischen** Betrachtung wird zusätzlich der Aufwand berücksichtigt, welcher für Erschließung, Transport und Bereitstellung der notwendigen Energie an der Gebäudegrenze notwendig ist. Somit erlaubt die *primärenergetische* Betrachtung auch einen Vergleich verschiedener Energieträger.

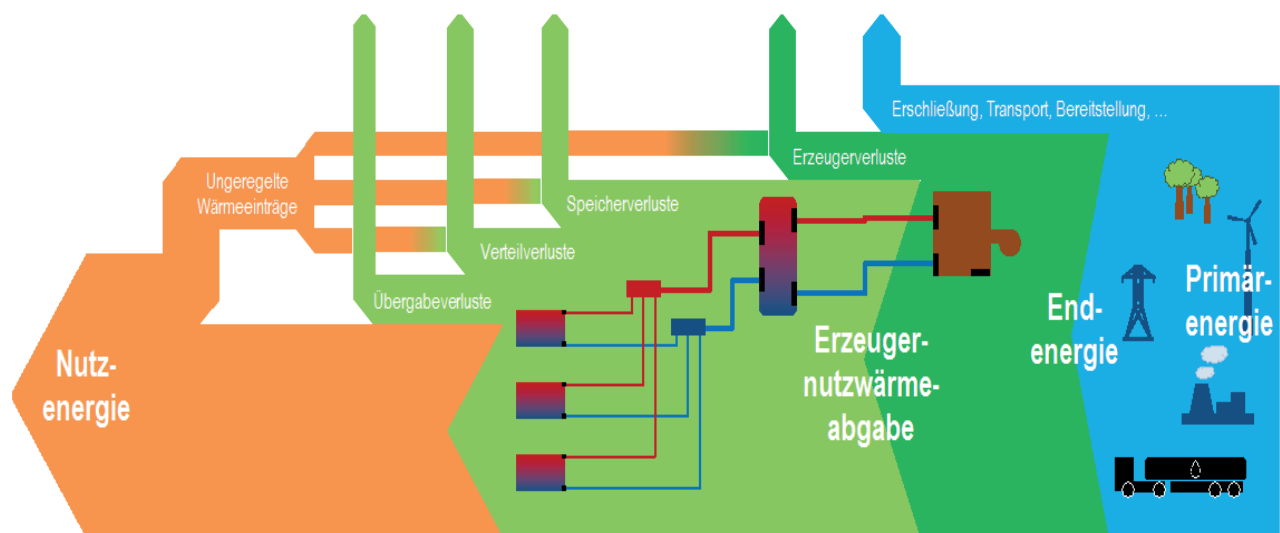


Abbildung 1: Energiefluss zwischen Nutz- und Primärenergie nach DIN V 18599, Beispiel Heizung

1 Hintergrund und Aufgabe

Die energierechtlichen und energiesparrechtlichen Vorgaben für die Errichtung und Ausstattung von neuen Gebäuden in Deutschland sind geprägt durch das Nebeneinander zweier Regelwerke,

- ▶ die Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014 [1]) und
- ▶ das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2015 (EEWärmeG [2]).

Die Energieeinsparverordnung macht in ihren Hauptanforderungen (Primärenergiebedarf und baulicher Wärmeschutz) weitgehend technologieoffene Vorgaben zur rechnerischen Energieeffizienz von Gebäuden. Das EEWärmeG schreibt Mindestnutzungsanteile bestimmter erneuerbarer Energieträger bzw. der hiermit verbundenen Technologien an der Wärme-/Kältebereitstellung des Gebäudes vor und lässt daneben bestimmte Ersatzmaßnahmen, unter anderem die Unterschreitung der EnEV-Anforderungen um ein festgelegtes Maß, als Erfüllung zu. Jedoch sind die beiden Regelwerke hinsichtlich der verwendeten Anforderungs- und Bezugsgrößen, der Bewertungssystematik sowie der Nachweisverfahren kaum aufeinander abgestimmt. Planung und Nachweisführung von Gebäuden haben einen hohen Grad an Komplexität erreicht, der im Markt vielfach kritisiert wird. Ferner konzentrieren sich die derzeitigen Regelwerke in ihrem Geltungsbereich ganz oder weitgehend auf den Neubaubereich, das Potential der Energieeinsparung und der möglichen Klimaschutzeffekte des Gebäudebestandes wird nicht ausreichend adressiert. Dieser Aspekt wird in der vorliegenden Studie jedoch nicht behandelt.

Das EEWärmeG orientiert sich zudem in seinen Erfüllungsoptionen weitgehend an Strukturen und Technologien von Wohnungsgebäuden bzw. ähnlich zum Aufenthalt von Personen genutzten Geschossgebäuden – die Bedingungen von Hallengebäuden wurden nicht berücksichtigt.

Mit der EnEV 2014 wurde vom Verordnungsgeber in der aktuellen Energieeinsparverordnung eine Ausnahmeregelung für Zonen mit großer Raumhöhe (Höhe > 4 m) beheizt mit dezentralen Gebläse- oder Strahlungsheizungen eingeführt, die für diesen Gebäudesektor Mängel des EEWärmeG kompensieren soll, dabei jedoch gleichzeitig zu einer energetischen Ungleichbehandlung von Hallengebäuden in Abhängigkeit vom Hallenheizsystem führt.

Neben den beiden deutschen Rechtsetzungen zur energetischen Ausführung von Gebäuden sind bei der Ausführung und Ausstattung von Gebäuden die sukzessive in Kraft tretenden Bestimmungen der Ecodesign-Richtlinie für Produkte (wie Kessel, Pumpen, Gebläse, dezentrale Heizprodukte etc.) – mit wiederum eigenen energetischen Bewertungskriterien – zu beachten.

Nach der aktuellen Meinungsbildung und Beschlusslage des Gesetzgebers sollen die beiden deutschen Rechtsetzungen zur Gebäudeenergie mit der anstehenden Novellierung zu einem konsistenten Regelwerk zusammengeführt werden.

Ziel des Projektes ist die Erarbeitung eines technischen Vorschlages zu einer ausgewogenen und technologieoffenen Behandlung von Hallenheizsystemen innerhalb des neu zu schaffenden, einheitlichen Regelwerkes.

2 Derzeitige Regelung, Stand Januar 2016

2.1 Energieeinsparverordnung – EnEV 2014

Die Energieeinsparverordnung formuliert energetische Anforderungen an Gebäude. Die beiden Hauptanforderungen betreffen den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs sowie den baulichen Wärmeschutz des Gebäudes. Zusätzlich sind technische Nebenanforderungen – beispielsweise zur Effizienz einzelner Anlagenkomponenten – sowie formale Vorgaben enthalten.

Primärenergiebedarf

Das primärenergetische Anforderungsniveau der EnEV wird seit der Fassung von 2007 auf Grundlage des sogenannten *Referenzgebäudes* ermittelt. Hierbei wird der Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes – ein Gebäude, welches dem zu bewertenden Gebäude hinsichtlich Nutzung und Geometrie identisch ist, jedoch über einen definierten baulichen Wärmeschutz sowie eine definierte anlagentechnische Ausführung verfügt – berechnet. Bis zum 31.12.2015 stellte der so ermittelte Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes auch den Anforderungswert des zu bewertenden Gebäudes dar¹. Seit dem 01.01.2016 wird der Anforderungswert durch Verringerung des Referenzgebäude-Wertes anhand eines fixen Minderungsfaktors gebildet. Dieser Faktor beträgt 0,75 (EnEV 2014). Für Gebäudezonen *mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt* werden, ist der Minderungsfaktor nicht anzuwenden [1] – der Anforderungswert ergibt sich hier also unmittelbar mit dem Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes. Diese Ausnahmeregelung dient allein der Kompensation von Unzulänglichkeiten des EEWärmeG, greift jedoch deutlich in die Nachweisführung nach EnEV ein.

	zu bewertendes Gebäude	Referenzgebäude
Nutzung	identisch (Auswahl nach EnEV und DIN V 18599-10)	
Geometrie	identisch (wie zu bewertendes Gebäude)	
baulicher Wärmeschutz	wie ausgeführt	Referenzgebäude-Ausführung
Anlagentechnik	wie ausgeführt	Referenzgebäude-Ausführung
Ermittlung der Kennwerte	- Berechnung $Q_{P,(Zone)}$ - ggf. Summierung über alle Zonen des Gebäudes $Q_P = \sum(Q_{P,Zone})$	- Berechnung $Q_{P,Ref,(Zone)}$ - Berechnung Anforderungswert $Q_{P,Anf,(Zone)} = 0,75 * Q_{P,Ref,(Zone)}$ - Ausnahme für dezentral beheizte Hallen(zonen) $Q_{P,Anf,(Zone)} = Q_{P,Ref,(Zone)}$ - ggf. Summierung über alle Zonen des Gebäudes $Q_{P,Anf} = \sum(Q_{P,Anf,Zone})$
Anforderung	$Q_P \leq Q_{P,Anf}$	

Abbildung 2: Primärenergie-Anforderungswert nach Referenzgebäudeverfahren der EnEV

¹ Im Falle der Bewertung von Bestandsgebäuden ist abweichend ein gegenüber dem Referenzgebäude-Wert erhöhter Anforderungswert heranzuziehen.

Baulicher Wärmeschutz

Hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes nennt die EnEV Höchstwerte der außenbauteilgruppenbezogenen *Mittelwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten* (mittlerer U-Wert, „U-quer“). Analog zur Verschärfung des primärenergetischen Anforderungsniveaus müssen – in Zonen mit Raumtemperaturen von mindestens 19 °C – seit dem 01.01.2016 ebenfalls geringere mittlere U-Werte eingehalten werden. Ebenfalls gelten diese geringeren mittleren U-Werte nicht für *Gebäudezonen mit mehr als 4 m Raumhöhe, die durch dezentrale Gebläse- oder Strahlungsheizungen* beheizt werden; d.h. hier sind noch die „früheren“ mittleren U-Werte nach dem Stand der EnEV 2009 anzuwenden. Diese Ausnahmeregelung dient allein der Kompensation von Unzulänglichkeiten des EE-WärmeG, greift jedoch deutlich in die Nachweisführung nach EnEV ein, nicht nur hinsichtlich des Anforderungsniveaus, sondern auch hinsichtlich des Aufwands zu Nachweisführung – die mögliche Anzahl der zu bewertenden Gruppen von Außenbauteilen verdoppelt sich von vormals maximal 8 auf nunmehr maximal 16 (Abbildung 3).

	Hallenmerkmale	$\theta_{i,h,soll}$	Außenbauteilgruppen / Auswahl Anforderungswert
bis 31.12.2015	Gesamtheit aller Zonen (keine Unterscheidung)	$\geq 19\text{ °C}$	Opake Außenbauteile nach Zeile 1b, Spalte 4
			Transparente Außenbauteile nach Zeile 2b, Spalte 4
			Vorhangfassaden nach Zeile 3b, Spalte 4
			Dachfenster und -verglasungen nach Zeile 4b, Spalte 4
		$< 19\text{ °C}$	– wie oben, jedoch Spalte 5 –
seit 01.01.2016	Neue Kategorie: Gesamtheit aller Zonen mit Raumhöhen > 4 m und dezentraler Hallenheizung	$\geq 19\text{ °C}$	Opake Außenbauteile nach Zeile 1b, Spalte 4
			Transparente Außenbauteile nach Zeile 2b, Spalte 4
			Vorhangfassaden nach Zeile 3b, Spalte 4
			Dachfenster und -verglasungen nach Zeile 4b, Spalte 4
		$< 19\text{ °C}$	– wie oben, jedoch Spalte 5 –
	Gesamtheit aller sonstigen Zonen	$\geq 19\text{ °C}$	Opake Außenbauteile nach Zeile 1c, Spalte 4
			Transparente Außenbauteile nach Zeile 2c, Spalte 4
			Vorhangfassaden nach Zeile 3c, Spalte 4
			Dachfenster und -verglasungen nach Zeile 4c, Spalte 4
		$< 19\text{ °C}$	– wie oben, jedoch Spalte 5 –

* gemäß Tabelle 2 Anlage 2 EnEV

Abbildung 3: Kategorisierung bei der Berechnung des mittleren U-Wertes nach EnEV

2.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG 2015

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz schreibt die anteilige Deckung des *Wärme-/Kälteenergiebedarfs* aus erneuerbaren Energien im Sinne des Gesetzes vor, bietet jedoch auch Ersatzmaßnahmen zur Einhaltung an – unter anderem die Unterschreitung von EnEV-Anforderungen um einen festgelegten Satz oder die Nutzung von Abwärme.

Tabelle 1: Möglichkeiten zur Erfüllung des EEWärmeG [2]

Erfüllung EEWärmeG zu 100 %		Einschränkungen / zusätzliche Anforderungen	
Nutzung erneuerbarer Energien			
Solare Strahlungsenergie	15 % ¹⁾		Zertifizierung der Kollektoren: „Solar Keymark“
Feste Biomasse	50 %	Deckung der Erzeugernutzwärmeabgabe (Nutzenergie, Übergabe-, Verteil- und Speicherverluste) durch die Anlage zur Nutzung der jeweiligen erneuerbaren Energie	Einhaltung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen und Mindestwert Kesselwirkungsgrad
Flüssige Biomasse	50 %		Erfüllung Nachhaltigkeitsverordnung und Einsatz mit Brennwertkessel
Gasförmige Biomasse mit KWK	30 %		Nutzung nur in KWK-Anlagen (+ Anforderungen KWK) und Einhaltung von Nachhaltigkeitsforderungen
Gasförmige Biomasse mit Brennwertkesseln	30 %		Nur anrechenbar für Bestandsgebäude der öffentlichen Hand
Geothermie und Umweltwärme	50 %		Wärmemengen- und "Stromzähler" und Mindestwerte JAZ
Ersatzmaßnahmen			
Anlagen zur Nutzung von Abwärme	50 %	Deckung der Erzeugernutzwärmeabgabe (Nutzenergie, Übergabe-, Verteil- und Speicherverluste) durch die Anlage zur Nutzung der jeweiligen erneuerbaren Energie	Bei Nutzung durch Wärmepumpen: Anforderungen wie bei Geothermie und Umweltwärme Bei Nutzung mit Wärmeübertrager in zentraler Lüftungsanlage: Wärmerückgewinnungsgrad (WRG-Grad) ≥ 70 % und Leistungszahl ≥ 10 (Begriffsdefinition: die Leistungszahl ist das Verhältnis zwischen Abwärmenutzung [kW] und Stromeinsatz bei der WRG [kW]) Sonstige Nutzung: nach Stand der Technik
KWK-Anlagen	50 %		Nutzung hocheffizienter Anlagen: Primärenergieeinsparung gegenüber getrennter Erzeugung von Wärme und Elektroenergie
Maßnahmen zur Einsparung von Energie	-15 %	bezogen auf Anforderungen EnEV	$q_p \leq 0,85 \cdot q_{p, \text{Anforderung}}$ und $\bar{U} \leq 0,85 \cdot \bar{U}_{\text{max}}$ ²⁾
Nah-/Fernwärme, anteilig aus erneuerbaren Energien	Nah-/Fernwärmeerzeugung gemäß oben stehenden Maßnahmen und Anforderungen		

¹⁾ Für Wohngebäude gilt die Anforderung als erfüllt, wenn die Aperturfläche, je nach Anzahl der Wohneinheiten, 3 bzw. 4 % der Nutzfläche beträgt.

²⁾ Für Wohngebäude wird abweichend der spezifische Transmissionswärmeverlust H_T als Anforderungsgröße herangezogen

Die meisten Erfüllungsoptionen des Gesetzes sind stark auf Wohngebäude und ähnliche Nutzungen und Bauweisen zugeschnitten und werden in Hallen bisher kaum oder nur in kleinem Umfang genutzt. Besonders bei dezentral beheizten Hallen ist eine Erfüllung des Gesetzes in aller Regel nur durch zumindest anteilige Nutzung der Ersatzmaßnahme *Einsparung von Energie* möglich. Dies spiegelt auch der Markt wider – gemäß Erfahrungsbericht zum EEWärmeG wurden die Anforderungen des EEWärmeG seit seiner Einführung im Nichtwohnbau zu über 70 % über die Ersatzmaßnahme Einsparung von Energie erfüllt [3, 4]. Eine stichprobenhafte Auswertung von Energiebedarfsausweisen im Rahmen des Projektes EEEH [5] legt einen nochmals höheren Anteil dieser Ersatzmaßnahme in der Größenordnung $> 90\%$ bei der Erfüllung des Gesetzes im Hallenbereich nahe.

Vor Inkrafttreten der EnEV 2014 zeichnete sich ab, dass bei weiterer Verschärfung der EnEV-Anforderungen eine Erfüllung der Anforderungen des EEWärmeG über die Ersatzmaßnahme Einsparung von Energie kaum noch möglich sei – hierdurch wäre eine dezentrale Beheizung von Hallen im Neubau wegen mangelnder anderer Erfüllungsoptionen im EEWärmeG kaum noch möglich gewesen. Da aus Perspektive des Ordnungsgebers zu diesem Zeitpunkt keine grundlegende Novellierung des EEWärmeG möglich war, wurde stattdessen die im Unterkapitel *Primärenergiebedarf* angesprochene Ausnahmeregelung in die EnEV aufgenommen.

2.3 Schwierigkeiten in der aktuellen Anwendung beider Regelwerke

- ▶ Die Nachweisführung zur Erfüllung von EnEV und EEWärmeG ist sehr komplex und von den Marktbeteiligten sehr schwer zu überblicken (siehe auch Leitfaden EEEH [5]).
- ▶ Die **Anforderungsgrößen**, Maßstäbe, Kenn- und Bezugsgrößen beider Regelwerke (EnEV: Primärenergiebedarf – EEWärmeG: Deckungsanteil der für die Erfüllung anerkannten Energieträger an der Erzeugernutzenergie) sind in wichtigen Teilen **nicht abgestimmt** und erfordern im Nachweis zusätzlichen Berechnungsaufwand.
- ▶ Die Bezugnahme des **EEWärmeG** auf die Erzeugernutzenergieabgabe von Wärme-/Kälteerzeugern erlaubt **keinen belastbaren Rückschluss auf den tatsächlichen Anteil genutzter erneuerbarer Energien**.
- ▶ Das **EEWärmeG enthält technische Nebenanforderungen** – in der Form von Einschränkungen bzw. Kennwert- oder Effizienzvorgaben. Das Gesetz knüpft die enthaltenen Erfüllungsoptionen an die Einhaltung dieser technischen Nebenanforderungen und schafft so für viele Erfüllungswege (einschließlich Einsparung von Energie, also Unterschreitung der EnEV-Anforderungen²) eine „**Alles-oder-Nichts**“-Situation.

Die Erfüllungsoptionen des **EEWärmeG** orientieren sich größtenteils stark an typischen Konditionierungsanforderungen und Technologien des Wohngebäudebereichs (die teilweise auf die Bedingungen von zum Personenaufenthalt genutzten Geschoss-NWG übertragen werden können). Die Nutzungsbedingungen und spezifischen TGA-Technologien von Hallengebäuden wurden nicht berücksichtigt. So bietet das EEWärmeG **kaum geeignete Erfüllungsoptionen für dezentral beheizte Hallengebäude**.

- ▶ In der Konsequenz wird das **EEWärmeG im Bereich Hallengebäude** in der Praxis bisher fast vollständig **auf dem Wege der Ersatzmaßnahme Zusätzliche Einsparung von Energie** erfüllt (vgl. EEEH [5]: > 90 %) – die Bestimmungen des EEWärmeG bilden damit in den meisten Fällen die eigentlichen Effizienzanforderungen von (Hallen)Gebäuden.
- ▶ Die Kompensation der **Unzulänglichkeiten des EEWärmeG** in der EnEV 2014 (**Ausnahmeregelung** für dezentral beheizte Hallenzonen von der Verschärfung der Anforderungen 2016) hat zu einer **Ungleichbehandlung von Hallengebäuden in Abhängigkeit von der eingesetzten Heizungstechnologie** geführt. Hallenzonen mit dezentraler Heizung wird die Verschärfung von 25% bei der Primärenergie bzw. ca. 20 % beim baulichen Wärmeschutz erlassen (EnEV), um eine zusätzliche Einsparung von 15 % (EEWärmeG) zu ermöglichen (Überkompensation).

² Die Ersatzmaßnahme *Einsparung von Energie* ist an die Einhaltung der technischen Nebenanforderungen des EEWärmeG geknüpft. Wird also eine Unterschreitung des Primärenergieanforderungswertes der EnEV in zwar ausreichender Höhe (15 %), jedoch mit einer Technologie, welche nicht den Anforderungen des EEWärmeG genügt (z.B. Arbeitszahl einer Wärmepumpe zu gering), erreicht, so ist diese Unterschreitung nicht als *Einsparung von Energie* im Sinne des EEWärmeG anrechenbar.

- ▶ Die Einführung der **Ausnahmeregelung in der EnEV 2014** bringt zudem eine **nochmalige Verkomplizierung** in der Nachweisführung durch die Notwendigkeit einer differenzierteren Gruppierung von Bauteilen und Zonen des Gesamtgebäudes.
- ▶ Eine zusätzliche **generelle Unsicherheit** im Planungsprozess von Nichtwohngebäuden entsteht durch die Angewiesenheit des Planers auf **komplexe Softwareprogramme** und deren Anpassungs- und Optimierungsschleifen bei der Abbildung der Anforderungen (Auslegungsfragen von EnEV und EEWärmeG) und der Rechenalgorithmen (DIN V 18599).
- ▶ Der Nachweis konzentriert sich ganz auf die Einhaltung eines **rechnerischen Energiebedarfs** in einer frühen Phase der Antragstellung, der reale Energieverbrauch gerät aus dem Blick.
- ▶ Das Nebeneinander **nicht abgestimmter Anforderungen** von EnEV und EEWärmeG birgt eine Reihe **weiterer relevanter Detailprobleme** (u.a. Bewertung von gebäudenaher Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien), die bisher nicht befriedigend gelöst sind.
- ▶ Die **Überwachung** des Vollzuges der Bestimmungen aus EnEV und EEWärmeG ist bisher unbefriedigend gelöst. Die Dokumentation des **EnEV-Nachweises** erfolgt – da bisher ohne standardisierte Vorgaben – völlig individuell, teils unvollständig und unsystematisch je nach verwendeter Software, was eine Überprüfung in einem akzeptablen Zeitrahmen oder gar statistische Auswertung **praktisch unmöglich** macht (siehe Schlussbericht EEEEH).
- ▶ **Die Zuständigkeiten beider Regelwerke liegen zum Teil bei unterschiedlichen Organen.** Die Überwachung der EnEV ist nach Landesrecht sehr unterschiedlich geregelt und liegt üblicherweise in der Zuständigkeit der Bauaufsichtsbehörden im Rahmen der Bauplanung. Für das EEWärmeG existieren bundeseinheitliche Mindestvorgaben. Die Nachweise müssen hier nach Inbetriebnahme der Heizung erbracht werden und liegen nicht immer in der Zuständigkeit der Bauaufsicht.
- ▶ Die Richtlinie **RL 2009/28/EG** (Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen) verpflichtet die Mitgliedsstaaten zu Maßnahmen, um den Anteil aller Arten von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gebäudebereich zu erhöhen und bezieht in diesem Punkt auch [bestehende Gebäude], an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden, in den Geltungsbereich mit ein. Hier bieten sich im Hallenbereich möglicherweise bisher ungenutzte Potenziale zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele.

3 Vorbetrachtung zur Weiterentwicklung des Energiesparrechts (für Gebäude) in Deutschland

3.1 Allgemeines

Nachfolgend werden Ziele der Weiterentwicklung des Energiesparrechts für Gebäude stichpunktartig in den Kapiteln 3.2 (Allgemeine Ziele) und 3.3 (Hallenspezifische Aspekte) wiedergegeben. Im Unterkapitel 3.4 werden ausgehend vom aktuellen Diskussionsstand Annahmen für eine Weiterentwicklung des Energiesparrechts konkretisiert, welche im Weiteren auch für quantitative Betrachtungen der vorliegenden Studie herangezogen werden sollen.

3.2 Allgemeine Ziele

- ▶ Schaffung eines abgestimmten/einheitlichen Gesamtregelwerkes für den Energiebedarf von Gebäuden und die Nutzung erneuerbarer Energien
- ▶ Deutliche Reduzierung der Komplexität in Anforderungen und Nachweis
- ▶ Rechtssicherheit in der praktischen Anwendung
- ▶ Schaffung möglichst langfristiger Planungssicherheit
- ▶ Berücksichtigung der weiteren Entwicklung der Energieversorgung
- ▶ Technologieoffenheit

3.3 Spezifische Ziele und Bedingungen im Bereich Hallengebäude

Im Bereich der Hallengebäude sind für diese Gebäudekategorie spezifische Aspekte und Ziele zu berücksichtigen, besonders

- ▶ die wirtschaftliche Zweckbestimmung des Gebäudes z.B. für Gewerbe, Industrie etc. im internationalen Wettbewerb stehender Unternehmen,
- ▶ sehr heterogene Nutzungsbedingungen von Hallengebäuden (z.B. für Fertigung, Distribution, Sport etc.),
- ▶ sehr heterogene, von der spezifischen Nutzung abhängige Konditionierungsanforderungen; Beispiel Warmwasserbedarf: Bedarf von vernachlässigbar gering (Bsp. Logistikhalle) bis zu hoch und bei hohem Temperaturniveau (Bsp. zu Reinigungsprozessen in der Fertigung oder für thermische Prozesse)
- ▶ teilweise spezifische TGA-Technologien in Großräumen, z.B. in der Heizungstechnik
- ▶ Beachtung von Vorgaben aus anderen Regelwerken, u.a. Arbeitsstätten-RL, Verkaufsstätten-RL, Versammlungsstätten-RL bezüglich Sicherheit und TGA
- ▶ häufig vorliegende interne Wärmequellen, Ermöglichung bzw. Erleichterung der vorrangigen Nutzung zu Konditionierungszwecken, Vermeidung zusätzlicher Energieaufwendungen für die Abführung dieser Wärmequellen durch hohe Wärmeschutz- und Dichtheitsstandards dieser Gebäude
- ▶ Nutzung des wirtschaftlichen und ökologischen Potenzials eines einfachen Energie-Monitorings mit ohnehin vorhandenen Personalkapazitäten, Know-how und technischer Einrichtungen; z.B. durch konkrete Forderung oder auch Verknüpfung mit anderen Anforderungen/Erfüllungsoptionen
- ▶ Nutzung der besonderen Möglichkeiten der effizienten und regenerativen Energieerzeugung (Wärme und Strom) im Gebäude oder in der Nähe des Gebäudes und deren Nutzung innerhalb und außerhalb des Gebäudes, möglicherweise auch zu Nicht-Raumkonditionierungszwecken (Bilanzgrenzen, Anrechenbarkeit, Kompensationsmöglichkeiten)

3.4 Annahmen für die Weiterentwicklung des Regelwerkes

3.4.1 Allgemeines

Mit der nächsten Novellierung der EnEV soll die EU-rechtliche Vorgabe zur Einführung des Niedrigstenergiegebäude-Standards (Nearly Zero Energy Building, öffentliche Gebäude ab Anfang 2019, private Gebäude ab Anfang 2021) in nationales Recht umgesetzt werden. Die Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden 2010 [6] führt zum Begriff des Niedrigstenergiegebäudes aus:

Niedrigstenergiegebäude [ist] ein Gebäude, das eine sehr hohe [...] Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird – gedeckt werden.

Die allgemeine Beschreibung der Richtlinie lässt den Mitgliedsstaaten bewusst Handlungsspielraum zur Deutung und Auslegung der Anforderung nach klimatischen, technologischen und sonstigen nationalen Bedingungen.

Aus den bisher vorliegenden Studien und Stellungnahmen ist nicht erkennbar, wie die Bundesregierung die EU-Anforderung des NZEB qualitativ und quantitativ umzusetzen gedenkt.

Mit der zweiten hier maßgeblichen europäischen Richtlinie RL 2009/28/EG (Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen) wird der mögliche Bilanzrahmen für die Nutzung erneuerbarer Energien weiter gefasst als vom bisherigen EEWärmeG definiert:

Die Mitgliedsstaaten nehmen in ihre Bauvorschriften und Regelwerke geeignete Maßnahmen auf, um den Anteil aller Arten von Energie³ aus erneuerbaren Quellen im Gebäudebereich zu erhöhen.

(...)

Bis spätestens 31. Dezember 2014 schreiben die Mitgliedsstaaten in ihren Bauvorschriften und Regelwerken oder auf andere Weise mit vergleichbarem Ergebnis, sofern angemessen, vor, dass in neuen Gebäuden und in bestehenden Gebäuden, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden, ein Mindestmaß an Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt wird. Die Mitgliedsstaaten gestatten, dass diese Mindestanforderungen unter anderem durch Fernwärme und Fernkälte erfüllt werden, die zu einem bedeutenden Anteil aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.

In der aktuellen politischen Diskussion in Deutschland wird die Wichtigkeit der Abstimmung/Vereinheitlichung/Zusammenführung von EnEV und EEWärmeG betont – die *Energieeffizienzstrategie Gebäude* benennt hier beispielhaft auch die Möglichkeit der Überführung von EnEV und EEWärmeG in ein gemeinsames Regelwerk [7]. Die Notwendigkeit der Vorgabe eines Mindestanteils der Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeherzeugung des Gebäudes in einem separaten Regelwerk könnte sich hierbei erübrigen, falls durch die Festlegung der Verschärfungsrate der primärenergetischen Anforderung (exakter: des nicht-erneuerbaren Anteils des Primärenergiebe-

3 Anmerkung:

Im Bericht „Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 18 EEWärmeG“ (ECOFYS: Fraunhofer ISI, Öko-Institut, IZES, Prof. Klinski) vom 28. Februar 2013, beauftragt vom BMU, werden die im Text unterstrichenen Passagen wie folgt kommentiert:

- alle Arten von Energie: die EE-RL intendiert oder lässt zumindest zu, dass die Mitgliedsstaaten Regelwerke erlassen, die die Nutzung von EE-Wärme und EE-Strom fördern; das zeigt sich auch in Art. 13 Abs. 5 zur Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude, die ausdrücklich auch die Möglichkeit der Überlassung von Dachflächen an Dritte erwähnt. Allerdings geht es in Art. 13 Abs. 4 bis 6 ausdrücklich um die Nutzung von EE „für Gebäude“.
- sofern angemessen: Es wird davon ausgegangen, dass es den Mitgliedsstaaten gestattet ist, fallgruppenbezogene Differenzierungen zwischen Neubauten und Fällen der Anwendung auf Bestandsgebäude vorzusehen.

darfs) implizit ein Mindestanteil erneuerbarer Energienutzung zur Erfüllung der Anforderungen erforderlich würde. In den nachfolgenden Betrachtungen und Vorschlägen wird zunächst davon ausgegangen, dass die wesentliche Anforderungsstruktur der bisherigen Vorschriften (Vorgaben zum Jahresenergiebedarf und zum baulichen Wärmeschutz aus EnEV, Vorgaben zur Nutzungspflicht von EE-Energien aus EEWärmeG) erhalten bleibt – unabhängig davon, ob diese Anforderungen in einem oder in zwei Regelwerken formuliert werden.

Ein wichtiger Detailpunkt der derzeitigen Diskussion ist ferner die Bestimmung der Hauptanforderungsgröße oder einer Kombination von Hauptanforderungsgrößen im Gebäudebereich in Hinblick auf die gewünschte Klimaschutzwirkung und die Konsistenz des Regelwerkes. Bisher bezieht sich die EnEV auf den nicht-erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs und das EEWärmeG auf die Erzeugernutzenergie; jedoch sind weitere Anforderungsgrößen denkbar, u.a.

- ▶ der Wärmeenergiebedarf des Gebäudes (Nutzenergie Wärme) als Effizienzindikator für Gebäude und Anlagentechnik,
- ▶ die verursachten CO₂-Emissionen als Indikator für die Umweltauswirkungen,
- ▶ der Bezug von EE-Anforderungen auf den gesamten Primärenergiebedarf einschließlich des erneuerbaren Anteils für eine ganzheitliche und quantitativ korrekte EE-Bilanzierung von der Erschließung der genutzten Energieträger bis hin zu deren Verbrauch im Gebäude sowie
- ▶ Kombinationen mehrerer Parameter.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt in der Gesamtbilanzierung des Gebäudes ist die Bewertung der verwendeten Energieträger – z.B. anhand von Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergiebedarfs oder anhand spezifischer CO₂-Emissionsfaktoren zur Berechnung der CO₂-Emissionen (hier insbesondere für Erdgas, Erdöl und Strom). Diese Kenngrößen müssen einerseits der Entwicklung der Energieversorgung folgen, um eine belastbare Bewertung des Erschließungs- und Bereitstellungsaufwands sowie der Umweltwirkungen von Energieträgern zu ermöglichen, sollen andererseits für den Verbraucher mit Blick auf Planungssicherheit möglichst keinen Veränderungen unterliegen. Zur zukünftigen Entwicklung dieser Kenngrößen liegen erste Studien und Überlegungen vor; In den nachfolgenden Betrachtungen und Vorschlägen wird davon ausgegangen, dass

- a. die Hauptanforderungsgröße eines novellierten Regelwerkes unverändert der nicht-erneuerbare Anteil des Primärenergiebedarfes sein wird und
- b. die derzeitigen Primärenergiefaktoren (Erdgas und Erdöl je 1,1 Strom 1,8) zunächst weiter Bestand haben werden.

Darüber hinaus ist jedoch aus der bisherigen Diskussion noch keine Zielvorstellung eines primärenergetischen Anforderungsniveaus innerhalb eines zukünftigen Regelwerkes relativ zum derzeitigen Anforderungsstatus der EnEV sowie mögliche Differenzierungen zwischen den Bereichen Wohngebäude, Nichtwohngebäude und ggf. Hallengebäude als besondere Unterkategorie (differenziert durch das Hilfsmerkmal Raumhöhe > 4 m) zu erkennen.

3.4.2 Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch das Referenzgebäude EnEV 2014 in Verbindung mit einem Minderungsfaktor

Eine Verschärfung des primärenergetischen Anforderungsniveaus kann sich analog zu den seit 01.01.2016 geltenden Anforderungen der EnEV 2014 auf den Primärenergiebedarf des (unveränderten) Referenzgebäudes in Verbindung mit einem Minderungsfaktor stützen.

Nachfolgend wird hinsichtlich eines zukünftigen Anforderungsniveaus beispielhaft zunächst von einer Größenordnung von 55 % des Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes gemäß EnEV

2014 ausgegangen – dies entspricht den primärenergetischen Anforderungen des KfW-Förderprogramms Energieeffizient Bauen für ein *KfW-Effizienzhaus 55* und stellt eine deutliche Verschärfung des Anforderungsniveaus um ca. 27 % gegenüber den seit 01.01.2016 geltenden Anforderungen dar.

$$Q_{P,Anf} = Q_{P,Ref,2014} * 0,55$$

Kapitel 5.6 soll anhand ausgewählter Beispielrechnungen tendenzielle Aussagen darüber erlauben, ob dieses Anforderungsniveau mit moderner energieeffizienter Bauweise und Anlagentechnik im Hallenbau eingehalten werden kann, welche Nutzungsanteile erneuerbarer Energien dabei eingesetzt werden müssen und ob darüber hinaus noch weiteres Energiesparpotenzial gegeben ist. Weiter soll der Frage nachgegangen werden, ob und ggf. in welchem Maße Ausnahmeregelungen oder Erleichterungen für Hallen(zonen) bzw. die darin enthaltene Anlagentechnik notwendig sein können.

3.4.3 Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch ein neues Referenzgebäude

Alternativ zum Ansatz der EnEV 2014 (Minderungsfaktor ab 01.01.2016) kann das zukünftige primärenergetische Anforderungsniveau auch durch eine Neudefinition des Referenzgebäudes erfolgen. Tabelle 2 zeigt – in Anlehnung an *Tabelle 2 Anlage 2* EnEV 2014 – beispielhaft erste Überlegungen für die Definition eines möglichen zukünftigen Anforderungsniveaus durch geänderte Ausführung des Referenzgebäudes. Die Darstellung erfolgt auszugsweise und beschränkt sich hierbei vorwiegend auf für Hallen relevante Aspekte – ebenso orientieren sich die beispielhaft gezeigten Änderungen überwiegend an den Gegebenheiten im Hallenbau und erheben keinen Anspruch auf Verallgemeinerbarkeit.

Änderungen bestehender Einträge sind nach dem Muster „[alt] → [neu]“ angegeben und hellblau markiert (werden mehrere Eigenschaften innerhalb der geänderten Zeile aufgeführt, sind **geänderte Eigenschaften nochmals in roter Schrift hervorgehoben**)

hinzugefügte Einträge hellrot.

Anmerkungen der Autoren erfolgen als Fußnoten am Tabellenende; die betroffenen Passagen oder Kennwerte der Tabelle sind gelb hervorgehoben.

Kapitel 5.6 soll anhand ausgewählter Beispielrechnungen tendenzielle Aussagen darüber erlauben, welche Unterschreitung des Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes der EnEV 2016 durch eine innerhalb realistischer Grenzen effizientere/ambitioniertere Ausführung des Referenzgebäudes realistisch erscheint.

Tabelle 2: Beispiel zur Fortschreibung des Referenzgebäudes - Darstellung beschränkt sich auf für Hallen wesentliche Aspekte

Spalte Zeile	1	2	3a	3b
	Bauteil/System	Eigenschaft	Referenzausführung in Abhängigkeit von der Innenraum-Solltemperatur	
			$\Theta_{i,h,soll} \geq 19\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Theta_{i,h,soll} < 19\text{ }^{\circ}\text{C}$
1	Außenbauteile/Gebäudehülle			
1.1	Außenwand (einschließlich Einbauten wie Roll-ladenkästen), Geschoss-decke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	0,28 → 0,24	0,35 → 0,30
1.2	Vorhangfassade	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	1,4	1,9
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g _L	0,63	0,63
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung _{TD,65}	0,76	0,76
1.3	Wand gegen Erdreich, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer Abseitenwände nach Zeile 1.4)	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	0,35	0,35
1.3b	Bodenplatte auf Erdreich	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] des 5 m breiten horizontalen Randbereichs der Bodenplatte entlang der Außenwände (exponierter Umfang)	0,35	0,35
		Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] der Bodenplatte für Flächen, welche mehr als 5 m von der jeweils nächsten Außenwand entfernt sind ⁴⁾	3,0 ⁴⁾	3,0 ⁴⁾
1.4	Dach (soweit nicht unter Zeile 1.5), oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	0,20	0,35 → 0,26
1.5	Glasdächer	Wärmedurchgangskoeffizient Uw [W/m²K]	2,7	2,7
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g _L	0,63	0,63
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung _{TD,65}	0,76	0,76
1.6	Lichtbänder	Wärmedurchgangskoeffizient Uw [W/m²K]	2,4 → 2,0	2,4 → 2,0
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g _L	0,55 ¹⁾	0,55 ¹⁾
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung _{TD,65}	0,48 ¹⁾	0,48 ¹⁾
1.7	Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient Uw [W/m²K]	2,7 → 2,0	2,7 → 2,0
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g _L	0,64 ¹⁾	0,64 ¹⁾
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung _{TD,65}	0,59 ¹⁾	0,59 ¹⁾
1.8	Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient Uw [W/m²K]	1,3 → 1,0	1,9 → 1,0
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g _L	0,60 ¹⁾	0,60 ¹⁾
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung _{TD,65}	0,78 ¹⁾	0,78 ¹⁾
1.9	Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient Uw [W/m²K]	1,4 → 1,1	1,9 → 1,4
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g _L	0,60 ¹⁾	0,60 ¹⁾
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung _{TD,65}	0,78 ¹⁾	0,78 ¹⁾
1.10	Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	1,8 → 1,5	2,9 → 1,8
1.10b	Außentore	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	1,5	1,8
1.11	Bauteile der Zeilen 1.1 und 1.3 bis 1.10	Wärmebrückenzuschlag ΔU _{WB} [W/m²K]	0,05 → 0,03 ⁵⁾	0,10 → 0,05 ⁵⁾

Tabelle 2: Beispiel zur Fortschreibung des Referenzgebäudes - Darstellung beschränkt sich auf für Hallen wesentliche Aspekte

Spalte Zeile	1	2	3a	3b
	Bauteil/System	Eigenschaft	Referenzausführung in Abhängigkeit von der Innenraum-Solltemperatur	
			$\Theta_{i,h,soll} \geq 19\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Theta_{i,h,soll} < 19\text{ }^{\circ}\text{C}$
1.12	gesamte Gebäudehülle	Gebäudedichtheit nach Tabelle 6 DIN V 18599-2	Kategorie I	
1.3	Tageslichtversorgung bei Sonnen- und/oder Blendschutz	Tageslichtversorgungsfaktor nach DIN V 18599-4 $C_{TL,Vers.SA}$	♦ weder Sonnen- noch Blend- schutz vorhanden: 0,70 ♦ Sonnen- oder Blendschutz vorhanden: 0,15	
1.14	Sonnenschutzvorrich- tung	Für das Referenzgebäude ist die tatsächliche Sonnenschutzvorrichtung des zu errichtenden Gebäudes anzunehmen [...]. Soweit hierfür Sonnenschutzverglasung zum Einsatz kommt, sind für diese die nachfolgenden Kennwerte anzusetzen.		
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g_L , bei Bauteilen nach Zeile 1.2	0,35	0,35
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung $_{TD,65'}$ bei Bauteilen nach Zeile 1.2	0,58	0,58
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g_L , bei Bauteilen nach Zeile 1.8 und 1.9	0,35	0,35
		Lichttransmissionsgrad der Verglasung $_{TD,65'}$ bei Bauteilen nach Zeile 1.8 und 1.9	0,62	0,62
2	Beleuchtung			
2.1	Leuchten	Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{Leuchte}$ [lm/W]	64 ²⁾ → 115	
		Sofern bei der vorliegenden realen Nutzung im Montagebereich des Beleuchtungssystems nutzungs- und prozessbedingt regelmäßig Temperaturen ⁵⁾ zu erwarten sind, welche keine Nutzung von LED-Beleuchtung zulassen, ist im Referenzgebäude mit einer verminderten Leuchten-Lichtausbeute von $\eta_{Leuchte} = 95$ lm/W zu rechnen.		
		Beleuchtungsart ♦ in Zonen der Nutzungen 6 und 7: wie beim ausgeführten Gebäude ♦ in Zonen der Nutzungen 18, 20, 22.1-22.3, 31 und 41: direkt ♦ sonst direkt/indirekt		
2.2	Beleuchtungsregelung	Präsenzkontrolle ♦ in Zonen der Nutzungen 4, 15 bis 19, 21 und 31: mit Präsenzmelder ♦ sonst manuell		
		Konstantlichtkontrolle und tageslichtabhängiges Kontrollsystem ♦ in Zonen der Nutzungen 5, 9, 10, 14, 22.1-22.3, 29, 37, 40: Konstantlichtkontrolle gemäß Abschnitt 5.4.6 DIN V 18599-4 ♦ in Zonen der Nutzungen 1 bis 4, 8, 12, 28, 31 und 36: tageslichtabhängige Kontrolle, Kontrollart „gedimmt, nicht ausschaltend, wieder einschaltend“ gemäß Abschnitt 5.5.4 DIN V 18599-4 einschließlich Konstantlichtkontrolle gemäß Abschnitt 5.4.6 DIN V 18599-4 ♦ sonst manuell		

Tabelle 2: Beispiel zur Fortschreibung des Referenzgebäudes - Darstellung beschränkt sich auf für Hallen wesentliche Aspekte

Spalte Zeile	1	2	3a	3b														
	Bauteil/System	Eigenschaft	Referenzausführung in Abhängigkeit von der Innenraum-Solltemperatur															
			$\theta_{i,h,soll} \geq 19\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\theta_{i,h,soll} < 19\text{ }^{\circ}\text{C}$														
3	Heizung																	
...	...																	
3.4	Heizung bei Raumhöhen > 4m	Dezentrale Hallenheizung Wärmeerzeugung gemäß Tabelle 50 DIN V 18599-5: ◆ dezentraler Warmlufterzeuger ◆ nicht kondensierend → kondensierender Betrieb ◆ Leistung 25 bis 50 kW ◆ Energieträger Erdgas ◆ Leistungsregelung 1 → Leistungsregelung 2 (mehrstufig/modulierend mit Anpassung der Verbrennungsluftmenge) ◆ Wärmeübergabe; Raumtemperaturregelung und Hilfsenergie gemäß Tabellen 12, 13 und 18 DIN V 18599-5: ◆ seitlicher Luftauslass → • Luftauslass, abhängig von der mittleren Raumhöhe der Zone ° $h \leq 6\text{ m}$: Luftauslass von oben (ohne Warmluft-rückführung) ° $h > 6\text{ m}$ 2-Punkt-geregelte Warmluft-rückführung ◆ P-Regler → PI-Regler ◆ Systemgebläse: Radialventilator																
...	...																	
5		Raumluftechnik																
...	...																	
5.2/ 5.3	Zu- und Abluftanlage	Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7 [...] 5.8.1 ◆ in Zonen der Nutzungen 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 und 40: mit bedarfsabhängiger Volumenstromregelung ◆ sonst: ohne <table><tr><td>Spezifische Leistung*) Zuluftventilator P_{SFP} [kW// (m³/s)]</td><td>1,5¹⁾</td></tr><tr><td>Spezifische Leistung*) Abluftventilator P_{SFP} [kW// (m³/s)]</td><td>1,0¹⁾</td></tr><tr><td colspan="2">*) ggf. zzgl. Zuschlag nach DIN EN 13779 ...</td></tr><tr><td>Rückwärmezahl η_T</td><td>Kreislaufverbundsysteme: 0,68³⁾</td></tr><tr><td></td><td>sonst: 0,73³⁾</td></tr><tr><td>Druckverhältniszahl f_p</td><td>0,4</td></tr><tr><td>Zulufttemperatur (nur bei Anlagen bei Heizfunktion) [°C]</td><td>18</td></tr></table>			Spezifische Leistung*) Zuluftventilator P_{SFP} [kW// (m³/s)]	1,5 ¹⁾	Spezifische Leistung*) Abluftventilator P_{SFP} [kW// (m³/s)]	1,0 ¹⁾	*) ggf. zzgl. Zuschlag nach DIN EN 13779 ...		Rückwärmezahl η_T	Kreislaufverbundsysteme: 0,68 ³⁾		sonst: 0,73 ³⁾	Druckverhältniszahl f_p	0,4	Zulufttemperatur (nur bei Anlagen bei Heizfunktion) [°C]	18
Spezifische Leistung*) Zuluftventilator P_{SFP} [kW// (m³/s)]	1,5 ¹⁾																	
Spezifische Leistung*) Abluftventilator P_{SFP} [kW// (m³/s)]	1,0 ¹⁾																	
*) ggf. zzgl. Zuschlag nach DIN EN 13779 ...																		
Rückwärmezahl η_T	Kreislaufverbundsysteme: 0,68 ³⁾																	
	sonst: 0,73 ³⁾																	
Druckverhältniszahl f_p	0,4																	
Zulufttemperatur (nur bei Anlagen bei Heizfunktion) [°C]	18																	
...	...																	

¹⁾ Ggf. Anpassung notwendig

²⁾ In der EnEV 2014 wird kein Wert angegeben – die Angabe erfolgt implizit durch Definition von Leuchtenart und Vorschaltgerät

³⁾ In nachfolgenden Beispielberechnungen wird – ohne Systemunterscheidung – vereinfachend ein Wärmerückgewinnungsgrad von $\eta = 0,7$ für die Referenzgebäude-Ausführung unterstellt

⁴⁾ Hier kann zwischen Hallen (Raumhöhe + ggf. Nutzungsprofil) und sonstigen Zonen differenziert werden. Beispielhafte Modellberechnungen (6.4) legen nahe, dass der ungedämmte Kernbereich von Bodenplatten zumindest für Hallengeometrien und -nutzungen durch die parallel unterstellten Verschärfungen der Referenzausführung zum baulichen Wärmeschutz deutlich überkompensiert werden – Verallgemeinerbarkeit auf alle Nichtwohngebäude wurde nicht untersucht

⁵⁾ Sofern dem aktuellen Kenntnisstand zu LED-Leuchten ein relativ gut verallgemeinerbarer kritischer Temperaturwert, ab welchem LED-Systeme nicht mehr wirtschaftlich oder überhaupt nicht mehr eingesetzt werden können, zu entnehmen ist, kann dieser als Zahlenwert in den Text aufgenommen werden, um nachträglichen Interpretationsbedarf zu vermeiden.

⁶⁾ Ggf. explizite Zuordnung zu den Kategorien A/B des fortgeschriebenen Beiblatts 2 der DIN 4108

4 Behandlung von Hallen bei alleiniger Weiterentwicklung der EnEV, EEWärmeG unverändert (Szenario A)

4.1 Allgemeines

Die Ausgestaltung und Umsetzbarkeit alternativer Ansätze zur besseren Berücksichtigung von Hallengebäuden in EnEV/EEWärmeG hängen wesentlich von Art und Weise zukünftiger Anforderungsverschärfungen der EnEV ab. Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Anforderungsniveaus wurden beispielhaft in Kapitel 3 beschrieben.

Kapitel 4 stellt Ansätze zur Modifizierung der EnEV unter der Annahme dar, dass das EEWärmeG als separates Regelwerk weitgehend unverändert bestehen bleibt. Diese werden lediglich in Stichpunkten angerissen, da sich mit Blick auf die aktuelle politische Diskussion eine Fortschreibung von EnEV und EEWärmeG als gemeinsames Regelwerk als wahrscheinlich abzeichnet. Kapitel 5 befasst sich mit alternativen Ansätzen zur Berücksichtigung von Hallengebäuden/Hallenheizungen unter der Annahme, dass EnEV und EEWärmeG aufeinander abgestimmt und ggf. auch als ein einziges Regelwerk fortgeschrieben werden.

4.2 Variante A.1: Modifizierung der bestehenden Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen mit dem Ziel der Annäherung der Anforderungen für zentral und dezentral beheizte Hallenzonen

- ▶ Die Ausnahme beim baulichen Wärmeschutz für dezentral beheizte Hallenzonen fällt weg oder wird zumindest vermindert, sodass die mittleren U-Wert-Anforderungen für alle Systeme gleich sind oder so, dass bei Einsatz dezentraler Systeme bei 15 %iger Unterschreitung ein ähnliches Niveau erreicht wird.
- ▶ Die Verschärfung des Primärenergiebedarfs (zur Zeit Faktor 0,75) wird nicht gänzlich aufgehoben sondern nur abgeschwächt, z.B. durch Erhöhung des zukünftigen Minderungsfaktors um 10 bis 15 %-Punkte für dezentral beheizte Hallenzonen; bei Neudefinition der Anforderung durch ein neues Referenzgebäude (bessere Ausstattung) kann der Primärenergiebedarf für die Maßnahme Einsparung von Energie alternativ auch über einen Faktor erhöht werden.

Vorteile	Nachteile
▶ für Verordnungsgeber einfach umzusetzen ▶ weitgehende Aufhebung der jetzt bestehenden Überkompensation möglich - hängt jedoch wesentlich vom Maß der Erleichterung ab	▶ weiterhin Beeinflussung und Erschwerung des EnEV-Nachweises durch Unzulänglichkeiten des EEWärmeG ▶ Änderungen des EEWärmeG würden Anpassung der EnEV erfordern (+ ggf. notwendige Voruntersuchungen der Auswirkungen usw.) ▶ ungewollte Marktbeeinflussung (zentral/dezentral) weiterhin möglich
→ „Schmutzige“, aber relativ einfache Lösung	

4.3 Variante A.2: Wegfall Ausnahmeregelung, differenzierte Q_p -Anforderung EnEV in Abhängigkeit vom Erfüllungsweg EEWärmeG

- ▶ Hinsichtlich des EnEV-Nachweises gelten identische Anforderungen für zentrale und dezentrale Hallenheizungen.
- ▶ Der Anforderungswert des Primärenergiebedarfs – für EnEV und EEWärmeG – richtet sich jedoch nach dem gewählten Erfüllungsweg zur Einhaltung des EEWärmeG (vgl. *Nummer 1.1 Satz 3 Anlage 1 EnEV 2009*).

Vorteile	Nachteile
- für Verordnungsgeber einfach umzusetzen - weitgehende Aufhebung der jetzt bestehenden Überkompensation und nicht gewollten Marktbeeinflussung	- wenig plausible Beeinflussung des EnEV-Nachweises durch EEWärmeG-Erfüllungsweg - Handhabung bei anteiliger Nutzung verschiedener EEWärmeG-Optionen unklar → schwierige Regelung/Auslegung
→ Klingt einfach, aber praktisch u.U. schwierig zu handhaben	

4.4 Variante A.3: Wegfall Ausnahmeregelung, Ermittlung eines modifizierten Q_p -Bezugswertes für Berechnung EEWärmeG-Erfüllungsweg Einsparung von Energie

- ▶ Für den EnEV-Nachweis gelten grundsätzlich einheitliche Anforderungen für Zonen mit zentralen und dezentralen Hallenheizungen (gleiches Anforderungsniveau beim Primärenergiebedarf und baulichen Wärmeschutz).
- ▶ Für den Nachweis der Einhaltung des EEWärmeG anhand der Ersatzmaßnahme Einsparung von Energie sind die folgenden Vergleichsgrößen heranzuziehen:
 - ◆ Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes ohne oder mit deutlich verringerter Verschärfung (gegenüber EnEV-Anforderungswert)
 - ◆ die ggf. verschärften mittleren U-Werte der EnEV

Vorteile	Nachteile
- technologieneutraler Eingriff in Richtung Nachweisführung EEWärmeG bei Erfüllungsweg Einsparung von Energie, EnEV-Nachweis bleibt unverändert - gleiche Anforderungen an Primärenergie und baulichen Wärmeschutz für Hallenzonen mit zentraler oder dezentraler Heizungstechnik - flexible Anpassung bei separater Novellierung des EEWärmeG möglich - einfach umzusetzen und zu berechnen (benötigte Werte liegen ohnehin vor)	- geringfügige Umgewöhnung in der Nachweispraxis: 2 verschiedene Primärenergie-Ergebnisse, eines für EnEV-Nachweis, eines für EEWärmeG-Erfüllungsweg Maßnahme Einsparung von Energie; Berücksichtigung unterschiedlicher Bedarfswerte bei EEWärmeG-Nachweis jedoch derzeit auch schon notwendig (z.B. mit WRG / ohne WRG) - Je nach Anforderungsniveau EnEV und EEWärmeG-Ersatzmaßnahme Aushebelung aller EE-Anforderungen möglich (siehe unten)
→ Ausgehend von aktueller Regelung verhältnismäßig „saubere“ und einfache Lösung ohne wesentliche Nachteile EEWärmeG bei Einhaltung der EnEV dann primärenergetisch jedoch immer über Einsparung von Energie erfüllt (EnEV-Anforderung: $Q_{p,Ref} - 25\%$; EEWärmeG: $Q_{p,Ref} - 15\%$); daher ggf. Anpassung des Niveaus zu erwägen, z.B. $Q_{p,Anf} = Q_{p,Ref} - 25\%$ - für EEWärmeG, Einsparung von Energie, ist jedoch nur $Q_{p,Bezug} = Q_{p,Ref} - 15\%$ einzusetzen	

Die oben genannten Varianten (A.1 bis A.3) haben den grundsätzlichen Mangel gemein, dass darin versucht wird, ein Defizit des EEWärmeG durch eine Maßnahme innerhalb der EnEV zu kompensieren. Sie werden nachfolgend nicht weiter betrachtet, da nach derzeitigem Diskussionsstand davon auszugehen ist, dass sowohl EnEV als auch EEWärmeG überarbeitet werden – von diesem Szenario gehen die Varianten B aus.

5 Behandlung von Hallen bei Weiterentwicklung, ggf. Zusammenlegung, beider Regelwerke (Szenario B)

5.1 Allgemeines

Kapitel 5 stellt Ansätze zur besseren Berücksichtigung von Hallengebäuden und Hallenheizungen in einem novellierten, abgestimmten oder Gesamtregelwerk EnEV / EEWärmeG dar.

Die Definition, Ausgestaltung und Umsetzbarkeit alternativer Ansätze hängen in diesem Fall wesentlich ab von

- der Definition des Geltungsbereiches und des zugehörigen Anforderungsprofils des novellierten Regelwerkes (Wohngebäude / Nichtwohngebäude / Hallen)
- der Definition des Bilanzrahmens (Wärme / Strom) und der Bilanzierungsgrenzen (Gebäude, Gebäudeverbund) erneuerbarer Energien
- der möglichen Anerkennung (aller) erneuerbarer Energieträger zur Wärmebereitstellung von Gebäuden
- der Ausgestaltung von Anforderungen im Bereich anteiliger EE-Nutzungspflicht und evtl. Ersatzmaßnahmen, sofern diese als explizite Anforderungen weiter bestehen
- der vorgesehenen Verschärfung des primärenergetischen Anforderungsniveaus in einem novellierten Regelwerk

Bei allen nachfolgend dargestellten Szenario-Varianten B wird davon ausgegangen, dass die bisherige Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallenzonen im Regelungsumfang der EnEV in Zukunft entfällt.

5.2 Variante B.1: Aufhebung expliziter EE-Anforderungen für Hallen

- ▶ Wegfall der Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen(-zonen) der EnEV 2014; keine Differenzierung zentral/dezentral
- ▶ Hallen werden von der Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgenommen
- ▶ Die Ausnahme aus der Verpflichtung zur EE-Nutzung kann ggf. an Nebenbedingungen geknüpft werden, z.B.
 - ◆ Verpflichtung zu einem einfachen und kostengünstigen Energie-Monitoring-System: Erfassung, Dokumentation **und Optimierung** der wichtigsten Energieverbräuche und Effizienz-Kenngrößen

Vorteile	Nachteile
- gleiche Anforderungen an Primärenergiebedarf und baulichen Wärmeschutz für Hallenzonen mit zentraler und dezentraler Heizungstechnik - einfach umzusetzen in Kombination mit neuem Referenzgebäude, sofern dieses real baubar ist - kein zusätzlicher Berechnungsaufwand - sehr große wirtschaftliche und technische Flexibilität (Technologieoffenheit) - bei entsprechender Neudefinition des Referenzgebäudes auch ohne explizite EE-Anforderungen deutliche Energieeinsparungen möglich (vgl. 6.4)	- durch gänzliche Ausnahme von EE-Nutzungspflicht für Hallen keine Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energien durch Hallensegment - schwierig umzusetzen bei Referenzgebäude mit Mindefaktor → u.U. zu hohe Anforderungen (EE-Nutzung trotz Ausnahme notwendig um Primärenergie-Anforderung einzuhalten)
→ Einfach umzusetzen und anzuwenden, jedoch keine EE-Vorgaben für Hallen; europarechtskonform (Ausnahmen in RES-Richtlinie ausdrücklich vorgesehen)	

5.3 Variante B.2: Minderung expliziter EE-Anforderungen für Hallen

- ▶ Wegfall der Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen(zonen) der EnEV 2014; keine Differenzierung zentral/dezentral
- ▶ Darüber hinaus bestehende Anforderungen zur Nutzung erneuerbarer Energien oder etwaiger Ersatzmaßnahmen werden auf Hallen in verringertem Umfang angewendet, z.B.
 - ◆ Reduktion des geforderten Deckungsanteils bei direkter Nutzung erneuerbarer Energien,
 - ◆ Reduktion des Deckungsanteils der Abwärmenutzung (Ersatzmaßnahme) sowie ggf. Anpassung oder Streichung technischer Nebenbedingungen (z.B. Anforderung η_{WRG}) → siehe auch Variante B.3,
 - ◆ Reduktion der geforderten Unterschreitung der EnEV-Anforderungen (Ersatzmaßnahme Einsparung von Energie) im Primärenergiebedarf sowie evtl. Wegfall der zusätzlichen Anforderung, den baulichen Wärmeschutzstandard der EnEV ebenfalls zu unterschreiten
- ▶ Die Verringerung der EE-Anforderungen kann ggf. an Nebenbedingungen geknüpft werden, z.B.
 - ◆ Verpflichtung zu einem einfachen und kostengünstigen Energie-Monitoring-System: Erfassung, Dokumentation und Optimierung der wichtigsten Energieverbräuche und Effizienz-Kenngrößen

Vorteile	Nachteile
- gleiche Anforderungen an Primärenergiebedarf und baulichen Wärmeschutz für Hallenzonen mit zentraler und dezentraler Heizungstechnik - einfach umzusetzen in Kombination mit neuem Referenzgebäude, sofern dieses real baubar ist - keine Abweichung vom Berechnungsgang im Vergleich mit anderen Gebäudearten - wirtschaftliche und technische Flexibilität	- Keine Vereinfachung des Nachweisverfahrens gegenüber anderen Gebäuden; durch abweichendes Anforderungsniveau möglicherweise schwieriger zu handhaben - weiterhin kaum geeignete EE-Erfüllungsoptionen für Hallen - schwierig umzusetzen bei Referenzgebäude mit Minderungsfaktor → u.U. zu hohe Anforderungen
→ Einfach umzusetzen und anzuwenden bezüglich Energiesparanforderungen, jedoch komplexer bezüglich Zusammenspiel Energiespar-/EE-Anforderungen; Kompromiss zwischen gänzlicher Ausnahme von Hallen aus EE-Nutzungsverpflichtung (B.1) und einem ggf. nicht mehr einhaltbaren Anforderungsniveau (bestehendes EEWärmeG zusammen mit altem Referenzgebäude und weiter verringertem Minderungsfaktor)	

5.4 Variante B.3: Erweiterung anrechenbarer EE-Nutzungsoptionen und des Bilanzrahmens

- ▶ Bei der Neuformulierung expliziter EE-Anforderungen werden diese – im Vergleich zu den Anforderungen des EEWärmeG 2015 [2] – so erweitert, dass sich praktikable Erfüllungsoptionen für Hallen ergeben, z.B.
 - ◆ Verringerung/Aufhebung von Beschränkungen bei der Nutzung von Abwärme → notwendigerweise anfallende Abwärme sollte nach Möglichkeit vorrangig genutzt werden
 - ◆ Erweiterung der EE-Betrachtung auf alle Arten der Raumkonditionierung und die hierfür notwendigen Energiebedarfe des Gebäudes (Beleuchtung, Hilfsenergie ...)
 - ◆ sinnvolle Bezugsgröße für EE-Anforderungen (z.B. Gesamt-Primärenergiebedarf)
 - ◆ Anrechenbarkeit regenerativ erzeugter Elektroenergie
 - ◆ sinnvoll eingeschränkte Nutzung von Biogas
 - ◆ geringer Anteil am „EE-Erfüllungsgrad“ kann für sinnvolle Nebenmaßnahmen gewährt werden, z.B. Verpflichtung zu einem einfachen und kostengünstigen Energie-Monitoring-System: Erfassung, Dokumentation **und Optimierung** der wichtigsten Energieverbräuche und Effizienz-Kenngrößen
- ▶ Die Bewertung nach dem zukünftigen Regelwerk erlaubt in bestimmten Fällen die Bilanzierung über die Grenzen des einzelnen Gebäudes hinaus, sodass EE-Anforderungen ggf. auch durch symbiotisches Zusammenwirken mehrerer Gebäude erfüllt werden dürfen, z.B.

- ♦ Erweiterung der Bilanzgrenze auf mehrere benachbarte Gebäude anhand geeigneter „Kopplungskriterien“, z.B.
 - Gebäude desselben Unternehmens/Nutzers untereinander
 - Gebäude mit Energieüberschuss an Wohngebäude/Wohngebiete
 - allgemeiner: Gebäude mit zueinander passenden Überschüssen und Bedarfen (z.B. Gewerbeparks usw.)
- ♦ Anrechnung von innerhalb oder nahe des Gebäudes regenerativ erzeugtem Strom und regenerativ erzeugter Wärme sowohl bei Eigennutzung (nicht nur zu Raumkonditionierungszwecken) als auch bei externer Nutzung, z.B. im Gebäudeverbund

Vorteile	Nachteile
- größere bis sehr große technische und wirtschaftliche Flexibilität durch hallengeeignete EE-Erfüllungsoptionen (bessere) Ausnutzung energetischer Potenziale durch Gebäude-/Energieverbünde möglich - mögliche Nutzung ohnehin vorliegender technischer, räumlicher und personeller Gegebenheiten sowie vorhandener Infrastruktur – objektspezifisch günstige Lösungen möglich, besonders bei erweitertem Bilanzbereich - u.U. können Ausnahmeregelungen (B.1/B.2) wegfallen	- je nach Umfang ggf. Abkehr von einer (mehr oder weniger) etablierten Herangehensweise - Technische/juristische Umsetzung für Verordnungsgeber schwierig bei Erweiterung der Bilanzgrenzen - komplexere Nachweisführung und -kontrolle bei Erweiterung der Bilanzgrenzen - Durchsetzbarkeit der Maßnahmen im Einzelnen zu prüfen (z.B. unsicher bei Biogas)
→ Je nach Umfang sinnvoll als alleinige Änderung oder auch als Begleitmaßnahme(n) denkbar; grundsätzliche Erweiterungen jedoch schwierig, Einzelergänzungen hingegen einfacher zu implementieren	

5.5 Energie-Monitoring

5.5.1 Allgemeines

Mehrere der zuvor beschriebenen Varianten der möglichen zukünftigen Ausgestaltung des Energiesparrechts erwägen eine Verpflichtung zum *Energie-Monitoring*. Nachfolgend wird versucht, eine im gegebenen Kontext zweckmäßige Definition (Entwurf) zum Energie-Monitoring zu treffen, die Anforderungen für eine mögliche Verpflichtung zum Energie-Monitoring im Rahmen des Energiesparrechts zu entwerfen sowie die Motivation und mögliche Schwierigkeiten bei der Umsetzung einer solchen Verpflichtung zu beschreiben.

Bei der Definition, der Charakterisierung der Merkmale und den Ansätzen zur Klassifizierung von Energie-Monitoring-Konzepten beziehen sich die Ausführungen wesentlich auf den Entwurf zur VDI-Richtlinie 6041 [8] *Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen*, die im April 2015 veröffentlicht wurde.

Unter *Energie-Monitoring* wird im Allgemeinen eine Vielzahl organisatorischer Maßnahmen, technischer Konzepte und Systeme zur Erfassung, Speicherung, Veranschaulichung und Auswertung von Verbrauchs- und Leistungsdaten in verschiedensten Bereichen verstanden.

5.5.2 Überlegungen zu den Anforderungen an ein Energie-Monitoring

Im hier gegebenen Rahmen – Fortschreibung des Energiesparrechts einschließlich ggf. der Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien, nachfolgend vereinfachend Regelwerk – ist eine konkrete Definition notwendig. Aus Sicht der Autoren sollten hierbei die folgenden Ansätze/Aspekte erfasst werden:

1. Das Regelwerk versteht unter Energie-Monitoring die
 - ▶ **Erfassung**, wie
 - ◆ Messung,
 - ◆ ggf. Umrechnung, Wichtung, Integration über Zeit oder anderweitige Berechnung aus Messwerten,
 - ▶ **Speicherung** und
 - ▶ **Auswertung**
wesentlicher **Energieverbrauchskennwerte**, ggf. zugehöriger **energierelevanter Kenndaten** und die Ableitung wichtiger **Effizienzkenngößen**.
2. Die Auswertung der Daten beinhaltet einen Vergleich der realen Verbrauchswerte mit Soll-/Zielwerten (z.B. bereinigter Energiebedarf, bei längerem Betrieb auch Berücksichtigung der Verbrauchshistorie).
3. Energie-Monitoring im Sinne des Regelwerkes erfolgt, mit Hinblick auf vereinfachte Kontrolle, möglichst geringe Fehleranfälligkeit sowie Standardisierbarkeit von Kenngrößen und ggf. Schnittstellen, durch ein technisches System weitestgehend **automatisch**.
4. Das Regelwerk legt die Bilanzgrenzen des Monitorings sowie die zu überwachenden Bereiche (z.B. Konditionierungsarten: Heizung, Kühlung, Trinkwassererwärmung usw.) fest
 - ▶ Erster Ansatz: alle Konditionierungsarten, die bei der Nachweisführung zu berücksichtigen sind, müssen auch vom Monitoring erfasst werden, damit Bedarfs- und (ggf. klima-/standortbereinigte) Verbrauchswerte vergleichbar werden.
5. Das Regelwerk formuliert klare wirkungs-/ergebnisbezogene Anforderungen (Technologieoffenheit) an das Energie-Monitoring, besonders:
 - ▶ zu erfassende Verbrauchswerte und ggf. zusätzlich zur Auswertung benötigt Daten
 - ◆ Energieabgabe und -aufnahme von Kälte-/Wärmeerzeugern,
 - ◆ Volumenströme und Lufttemperaturen von RLT-Anlagen,
 - ◆ Elektroenergieaufwände für Hilfsenergie und Beleuchtung
 - ◆ Außen- und Raumtemperatur
 - ▶ zu ermittelnde Effizienzkenngößen
 - ▶ Erzeuger- bzw. Anlagennutzungsgrade, Arbeitszahlen
 - ▶ Zeitliche Auflösung der Verbrauchskennwerte (Jahres-, Monats-, Tageswerte ...); hieran können unter Umständen Anforderungen zur Messdichte bzw. zum Messzeitschritt des Systems geknüpft sein
 - ▶ Aufbewahrungsfrist der gespeicherten Daten
6. Das Regelwerk kann ggf. Anforderungen an den Anlagenbetrieb als Folge der Ergebnisse des Energie-Monitorings formulieren, z.B.:
 - ▶ Nichtverschlechterung/Aufrechterhaltung der energetischen Qualität
 - ▶ Optimierung, sofern die Auswertung der Kenngrößen Optimierungspotenzial aufzeigt
7. Das Energie-Monitoring ist in Anlehnung an den Monitoring Steckbrief nach VDI 6041 (Entwurf) zu dokumentieren.
8. Das Regelwerk formuliert Anforderungen an die Qualität des Energie-Monitorings in Anlehnung an VDI 6041 (Entwurf) i.V.m. DIN EN 15232, welche überwiegend mindestens der *Kategorie II oder I* entsprechen (automatisierte/automatische Erfassung).

5.5.3 Definition des minimalen Umfangs als Basis für einen Textvorschlag

Nachfolgend wird versucht, aus den allgemeinen Anforderungen an ein Energie-Monitoring (5.5.2) eine Definition der Mindestanforderungen abzuleiten, welche im Weiteren als Grundlage für einen entsprechenden Textbaustein des zukünftigen Regelwerks dienen kann.

Die Verpflichtung zum Energie-Monitoring beinhaltet die über die gesamte Nutzungszeit betriebene weitestgehend automatische Ermittlung, Speicherung und Auswertung der Endenergieverbräuche für die gesamte Konditionierung des Gebäudes in dem Umfang, wie bei der Nachweiserstellung (Energiebedarfsberechnung) berücksichtigt. Verbräuche sind getrennt zu erfassen für

- (a) Heizung,
- (b) Kühlung,
- (c) Lüftung,
- (d) Be- und Entfeuchtung,
- (e) Trinkwassererwärmung,
- (f) Beleuchtung.

Verbräuche an Brennstoffen sind heizwertbezogen zu erfassen.

Für Systeme, welche zur Erfüllung von Heiz-/Kühlaufgaben zusätzlich elektrische Hilfsenergie (Steuerung/Regelung, elektrische Antriebe von Pumpen und Ventilatoren) benötigen, sind Verbräuche an Hilfsenergie separat zu erfassen.

Endenergieverbräuche sind auf alle verwendeten Energieträger aufgeschlüsselt zu erfassen.

Energieverbräuche sind so zu ermitteln und zu speichern, dass sie in der feinsten zeitlichen Auflösung für Auswertungsaufgaben nicht gröber als Monatswerte vorliegen.

Die Auswertung umfasst eine Umrechnung aller erfassten Endenergieverbräuche in Primärenergieverbräuche anhand der Primärenergiefaktoren, welche der Nachweisführung (Energiebedarfsausweis) zugrunde lagen.

Die weitestgehend automatische Auswertung der Verbrauchsdaten umfasst mindestens Vergleiche des aktuellen Primärenergieverbrauchs mit zurückliegenden Primärenergieverbräuchen und mit dem berechneten Primärenergiebedarf. Für den Vergleich von Primärenergieverbräuchen untereinander sind diese einer Klimabereinigung zur Minimierung des Einflusses jährlicher Klimaschwankungen zu unterziehen. Für den Vergleich zwischen Primärenergieverbräuchen und Primärenergiebedarfswerten sind erstere einer Klima- und Standortkorrektur zu unterziehen, sodass für sie dieselben klimatischen Randbedingungen wie bei Nachweiserstellung (Energiebedarfsberechnung) unterstellt werden.

Verbrauchsdaten sind mindestens für einen Zeitraum von 10 Jahren zu speichern.

5.5.4 Motivation zur Einführung von Energie-Monitoring-Systemen im NWG-/Hallenbereich

Die Umsetzung der von der Bundesregierung angestrebten nachhaltigen Klimaschutz- und Energieeffizienz-Strategie im Gebäudebereich umfasst unstrittig eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz in allen Bereichen der Errichtung und des Betriebs von Gebäuden, beispielsweise durch ein hohes Wärmedämmniveau der Gebäudehülle, energieeffiziente Anlagentechnik, Nutzung regenerativer Energiequellen sowie bedarfsgerechte und optimierte Anlagenfunktion im realen Betrieb. Hiermit ergeben sich steigende Anforderungen an Planung, Errichtung und Betrieb der Anlagentechnik, u.a. durch

- ▶ komplexere Anlagentechnik, z.B.
 - ◆ Bi-/multivalente Erzeugungskonzepte, Einbindung von Solaranlagen, Einbindung von Prozesswärme, usw.,
 - ◆ Einsatz unterschiedlichster WRG-Systeme, ggf. auch Kombination verschiedener Systeme
- ▶ umfangreichere Sensorik und Aktorik im Gebäude
- ▶ stärkerer Einfluss des Nutzungsverhaltens und der Betriebsparameter der Anlagentechnik auf den realen Energieverbrauch,
- ▶ ein erhöhter Informations- und Wartungsbedarf der Anlagenfunktionen,
- ▶ häufig eine verlängerte Phase für Inbetriebnahme und Einregulierung und auch
- ▶ die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Überwachung der energetischen Qualität des Anlagenbetriebs.

Ein nachhaltiger Betrieb immer effizienterer Gebäude mit komplexer werdender Anlagentechnik, welche empfindlich auf Schwankungen der Nutzungs-/Betriebsparameter reagieren, erfordern nach Auffassung der Autoren ohnehin eine Art des (Energie-)Monitorings. Das Energiesparrecht sollte

dies berücksichtigen und ggf. explizit zum Einsatz eines Energie-Monitorings verpflichten. Eine solche Verpflichtung könnte sich zunächst nur auf Hallen oder Nichtwohngebäude beziehen, da hier i.d.R. bessere personelle und technische Voraussetzungen für Installation und Betrieb vorliegen.

Das derzeit geltende Energiesparrecht im Gebäudebereich in Form von EnEV (und EEWärmeG) zielt nahezu ausschließlich auf den rechnerischen Nachweis der Einhaltung hypothetischer Energiebedarfswerte ab. Der für die Klimaauswirkungen entscheidende reale Verbrauch steht nicht im Fokus. Ein Energie-Monitoring könnte an dieser Stelle ansetzen und einen stärkeren Bezug zu tatsächlichen Verbrauchswerten schaffen. Darüber hinaus fördert es die energetische Optimierung im laufenden Betrieb.

5.5.5 Potenzielle Schwierigkeiten bei der Einführung einer Verpflichtung zum Energie-Monitoring

Zeitlicher Rahmen der Anforderung

In der Diskussion zum Schwerpunkt Energie-Monitoring wird als wesentliche Schwierigkeit angesehen, dass die Verpflichtung zum Energie-Monitoring – anders als die Hauptanforderungen der EnEV (Primärenergiebedarf, baulicher Wärmeschutz), welche sich ausschließlich auf die Eigenschaften des Gebäudes bei Errichtung beziehen – auch Anforderungen an den Betrieb des Gebäudes nach dessen Errichtung und über einen langen Zeitraum stellen würde. Anforderungen dieser Art sind allerdings auch jetzt schon Bestandteil von EnEV [1] und EEWärmeG [2], beispielsweise in

- ▶ § 11 EnEV: Aufrechterhaltung der energetischen Qualität
 - ◆ Verpflichtung zur Nichtverschlechterung der energetischen Qualität von Außenbauteilen und Anlagen sowie zum Weiterbetrieb energiebedarfsenkender Einrichtungen und zur Wartung und Instandhaltung energieeffizienzrelevanter Komponenten der Heizungs-, Kühl- und Raumluftechnik
- ▶ § 12 EnEV: Energetische Inspektion von Klimaanlage
 - ◆ Verpflichtung zur (wiederkehrenden) Inspektion von Klimaanlage
- ▶ § 10 EEWärmeG: Nachweise
 - ◆ Verpflichtung zur Aufbewahrung von Abrechnungen des Brennstofflieferanten (gasförmige und flüssige Biomasse)

Weitere Präzisierung und Ausgestaltung von Anforderungen

In Erwägung einer Verpflichtung zum Energie-Monitoring wäre zu untersuchen, welche diesbezüglichen Anforderungen im zukünftigen Energiesparrecht verankert werden können. Hierbei ist einerseits zu beleuchten, welcher Umfang eines Energie-Monitorings für die angestrebten Ziele zweckmäßig ist, und andererseits, wie weit die Gesetzgebung an dieser Stelle Vorgaben bzw. Anforderungen formulieren darf oder sogar sollte.

An dieser Stelle kann kein abschließender Textvorschlag für eine Verpflichtung zum Energie-Monitoring erarbeitet werden – dieser würde eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema, u.a. zu überwachende Verbrauchskennwerte/Betriebsparameter, hierzu ggf. verfügbare technische Schriften oder Normen, technische und juristische Rahmenbedingungen, Wirtschaftlichkeit usw., erfordern, als die vorliegende Arbeit erlaubt. Die Kapitel 5.5.2 und 5.5.3 gehen mit dem Versuch einer Begriffsdefinition und einer ersten Beschreibung von Anforderungen jedoch auf diese Aspekte ein und liefern Ausgangspunkte für weitere Betrachtungen.

5.5.6 Energiesparpotenzial durch Energie-Monitoring

Durch eine konsequente Überwachung von Energieverbräuchen und eine daran anknüpfende Optimierung des Betriebs der Anlagentechnik (Systemtemperaturen, Aufheizzeiten, Pumpenlaufzeiten, Regelungsalgorithmen usw.) kann gegenüber dem weitgehend unüberwachten Betrieb Energie eingespart werden.

Das Potenzial zur Optimierung und das Energieeinsparpotenzial hängen wesentlich von den konkreten Rahmenbedingungen im Einzelfall ab, u.a.

- ▶ Gebäudeart und Nutzung (z.B. bereitzustellende Temperaturniveaus und diesbezügliche Toleranzen),
- ▶ Robustheit↔Empfindlichkeit des Anlagenbetriebs gegenüber Störeinflüssen (Nutzungsänderungen, Kaltlufteinfall, Außentemperatur, ggf. Quellentemperatur bei Wärmepumpen, Systemtemperaturen von Wärme-/Kälteerzeugern und -verteilnetzen usw.)
- ▶ Komplexität der Anlagentechnik,
- ▶ Wartungsintervalle und -zustand.

Veröffentlichungen zum inhaltlich verwandten Thema des *Smart-Meterings und unterjähriger Verbrauchsinformationen oder -abrechnung* im Wohngebäudebereich lassen ein realistisches Einsparpotenzial in der Größenordnung von 5 % für Heizenergie allein durch bessere Information des Nutzers und hiermit initiiierter Änderung des Nutzerverhaltens vermuten [9, 10, 11]. Für die umfangreiche Konditionierung von Hallengebäuden kann in Verbindung mit einem Energie-Monitoring, welches deutlich über die Möglichkeiten einer etwaigen unterjährigen Energieverbrauchsinformation hinausgeht, von signifikant größerem Energiesparpotenzial ausgegangen werden. Auch zeigt die aktuelle Baupraxis im Hallenbereich, dass deutlich überwiegend auf knappe Einhaltung der gesetzlichen energetischen Anforderungen bei möglichst geringen Kosten hin optimiert wird. Je nach Hallennutzung und Struktur der gesamten Betriebskosten (z.B. auch für Maschinen/Produktion, Prozessenergie usw.) treten die Energieaufwendungen für Heizen, Lüften, Trinkwassererwärmung usw. z.T. in den Hintergrund – entsprechend gering ist teils die Motivation, eine nicht optimal laufende Heizungsanlage zu optimieren, erst recht, wenn hierfür nachträglich Messtechnik einzubauen und Arbeitskraft in Auswertung und folgende Anlagenoptimierung zu stecken wäre. In solchen Fällen kann ein automatisches Energie-Monitoring als Hilfsmittel zur einfachen und verhältnismäßig wenig kostenintensiven energetischen Optimierung Anreize setzen.

5.6 Weiterentwicklung des Energiesparrechts (für Gebäude) in Deutschland

Nach aktuellem Diskussionsstand ist davon auszugehen, dass im kommenden Regelwerk eine zweistufige Weiterentwicklung des Energiesparrechts fixiert werden wird. Hierbei soll im Zeitraum von 2017 bis 2019/20 eine Übergangsregelung in Kraft treten, bevor 2019/20 ein energetisches Anforderungsniveau gemäß der europäischen Forderung nach dem *Niedrigstenergiegebäude* Anwendung findet.

Während die Ausgestaltung des endgültigen Anforderungsniveaus – zu der die vorliegende Untersuchung aus Perspektive der Hallengebäude beiträgt – noch nicht abzusehen⁴ ist, wurden in der aktuellen Diskussion zur Ausgestaltung der bis dahin in Kraft tretenden Übergangsregelung seitens Vertreter des Verordnungsgebers folgende Ideen formuliert:

⁴ Nach derzeitigem Kenntnisstand wird das primärenergetische Anforderungsniveau anhand eines neuen Referenzgebäudes ohne Minderungsfaktor definiert. Darüber hinaus ist jedoch nicht bekannt, welches energetische Niveau hierbei erreicht wird, welche Nebenanforderungen ggf. formuliert werden und inwieweit explizite Anforderungen zur Nutzung erneuerbarer Energien gestellt werden.

- ▶ Das Referenzgebäude der EnEV 2014 bleibt in unveränderter Form erhalten
- ▶ Die seit 01.01.2016 verschärften Anforderungswerte gelten weiterhin und mit Inkrafttreten des neuen Regelwerks nunmehr auch für dezentral beheizte Hallen – die bisherige Ausnahmeregelung entfällt
- ▶ Das Regelwerk enthält Anforderungen zur Nutzung erneuerbarer Energien analog zum bisher geltenden EEWärmeG. Dezentral beheizte Hallen sind von diesen Anforderungen ausgenommen.

Aus Sicht der Autoren und der projektbeteiligten Industrieverbände würde die hier beschriebene inhaltliche Gestaltung der Übergangsregelung bereits eine deutliche Vereinfachung des Nachweisverfahrens darstellen. Im Sinne der Technologieoffenheit und zur Vermeidung einer in Bezug auf Energieeinsparung eher kontraproduktiven Marktbeeinflussung⁵ sprechen sich die projektbeteiligten Industrieverbände jedoch für eine Gleichbehandlung von zentralen und dezentralen Hallenheizsystemen aus – also der Ausnahme sowohl dezentral als auch zentral beheizter Hallen(zonen) von der expliziten Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Sowohl Übergangsregelung als auch endgültiges Anforderungsniveau sollen nach derzeitigen Plänen im selben Regelwerk, also auch in derselben zeitlichen Fassung des Regelwerks, formuliert werden. Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass das zukünftige Anforderungsniveau Niedrigstenergiegebäude bereits mit Beginn der Übergangsregelung bekannt ist und sich Bauherren/Investoren, Planer und Architekten in dieser Phase schon damit vertraut machen können. Jedoch werden hierbei auch wesentliche Nachteile in Kauf genommen. So geht wertvolle Zeit verloren, welche eigentlich noch zur Untersuchung möglicher Ausgestaltungen und zur endgültigen Definition des zukünftigen Anforderungsniveaus sowie zur Fortschreibung der im Verordnungstext referenzierten Berechnungsverfahren notwendig wäre. Auch werden Festlegungen für einen zukünftigen und voraussichtlich verhältnismäßig langen Zeitraum getroffen, obwohl die dann geltenden Rahmenbedingungen bisher nur sehr unsicher beurteilt werden können; nur beispielhaft seien genannt

- ▶ zukünftige Entwicklung des Energiemarktes sowie von Primärenergie- und Schadstoffbilanzen von Energieträgern,
- ▶ zukünftige Entwicklung von Baustoffen und Dämmsystemen sowie anlagentechnischen Systemen und Komponenten;

dieser Aspekt betrifft ebenfalls die Fortschreibung der referenzierten Berechnungsverfahren und technischen Regeln insofern, als sie technischen Fortschritt und Marktentwicklung nicht angemessen berücksichtigen können, wenn sie bereits lange Zeit vor ihrer eigentlichen Anwendung fertiggestellt sein müssen.

Die angedachte juristische/formale Zusammenfassung von Übergangsregelung und endgültiger Regelung im selben Regelwerk wird von den Autoren und den projektbeteiligten Industrieverbänden aus den zuvor genannten Gründen sehr kritisch gesehen.

⁵ Aus der unterschiedlichen Behandlung von zentralen und dezentralen Hallenheizsystemen bei der Nutzungspflicht erneuerbarer Energien kann eine ungewollte und energetisch kontraproduktive Marktbeeinflussung folgen: Dezentrale Hallenheizungen verursachen i.d.R. deutlich geringere Investitionskosten als zentrale Hallenheizungen und werden somit üblicherweise vorwiegend aus wirtschaftlichen Erwägungen eingesetzt. Eine nachträgliche Umstellung auf regenerative Energieversorgung ist mit dezentralen Hallenheizungen kaum möglich. Die in der Investition üblicherweise deutlich teurere zentrale Hallenheizung ermöglicht hingegen eine spätere Umstellung auf oder Einbindung von erneuerbaren Energien. Wird das ohnehin teurere zentrale Hallenheizsystem durch die im Vergleich zur dezentralen Alternative zusätzliche Pflicht zur (sofortigen) Nutzung erneuerbarer Energien weiter verteuert, dürften sich potenzielle Bauherren/Investoren, auch wenn sie ursprünglich ein zentrales Hallenheizsystem erwogen, üblicherweise für die investiv günstigere Alternative entscheiden. Die nachträgliche Umrüstbarkeit auf bzw. Einbindung von erneuerbaren Energien falle in diesen Fällen weg.

6. Berechnungsbeispiele

6.1 Allgemeines

In den nachfolgend dargestellten Beispielberechnungen werden die beiden in Kapitel 3.4 betrachteten Alternativen zur Definition eines zukünftigen Primärenergie-Anforderungswertes sowie die in 5.6 beschriebene Übergangsregelung bis zum Inkrafttreten des Anforderungsniveaus *Niedrigstenergiegebäude* aufgegriffen.

Das Unterkapitel 6.3 verdeutlicht an wenigen Beispielen, ob eine Unterschreitung des Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs *EnEV 2014* um fixe 45 % (Annahme 3.4.2) für unterschiedliche Modellgebäude durch Anpassung energetisch wesentlicher Parameter realistisch erreichbar wird. Eine derartige Fortschreibung des Regelwerks ist nach derzeitigem Diskussionsstand unwahrscheinlich.

Das Unterkapitel 6.4 zeigt die Auswirkungen einer geänderten Definition des Referenzgebäudes und verdeutlicht, welche Unterschreitungen des Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs *EnEV 2014* sich für unterschiedliche Modellgebäude aufgrund der geänderten Definition einstellen. Nach aktuellem Diskussionsstand erscheint aus Sicht des Verordnungsgebers eine Neudefinition des Referenzgebäudes als sehr wahrscheinlich.

Im Unterkapitel 6.5 werden die Auswirkungen der in 5.6 beschriebenen Übergangsregelung im Vergleich mit dem jetzigen Anforderungsniveau beurteilt.

Die für die Beispielberechnungen herangezogenen Gebäude wurden – i.d.R. durch Vereinfachungen wie Weglassen der Zonierung – aus den Modellgebäuden des Projektes *EEEEH* [5] abgeleitet:

- ▶ Fertigungshalle in vier Variationen
 - ◆ Nutzung 22.2 – mittelschwere Arbeit, überwiegend stehende Tätigkeit (17 °C)⁶
 - ◆ Nutzung 22.3 – leichte Arbeit, überwiegend sitzende Tätigkeit (20 °C)⁶
 - ◆ jeweils in 6 und 12 m Gebäudehöhe
- ▶ Sporthalle
- ▶ Logistikhalle
- ▶ Markt

Für alle Gebäude wird nur die jeweilige Zone hallentypischer Nutzung einbezogen, da im Rahmen dieser Untersuchung allein die Verhältnisse für Hallen verdeutlicht werden sollen.

⁶ siehe Anhang (Kapitel 8)

6.2 Modellgebäude

Fertigungshalle (Variationen 17 °C und 20 °C, zwei Höhen)

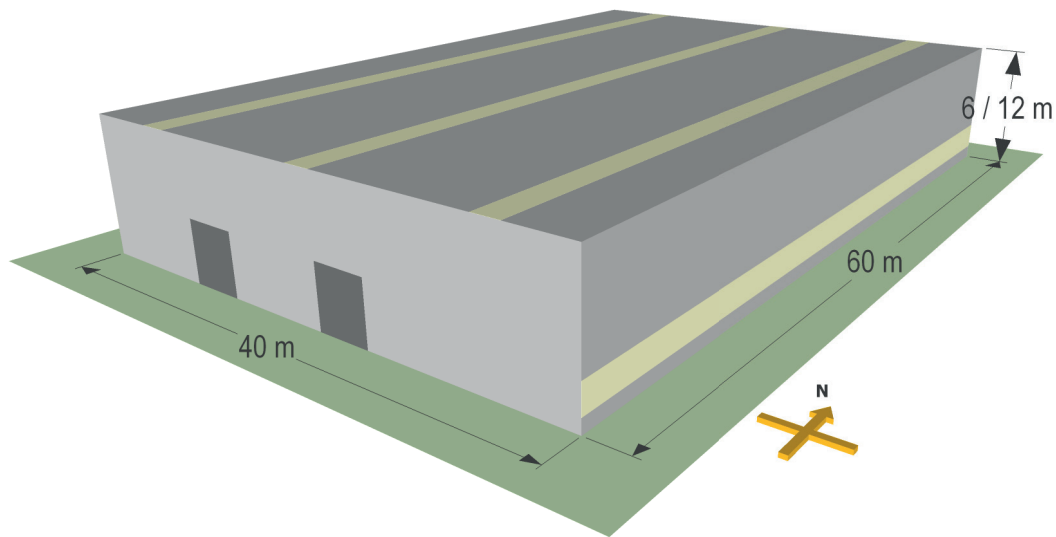


Abbildung 4: Fertigungshalle (Variationen 17 °C und 20 °C, zwei Höhen)

Tabelle 3: Geometrie Fertigungshalle (Variationen 17 °C und 20 °C, zwei Höhen)

Höhe [m]	6 (5,5)	12 (11,5)
Länge [m]	60	
Breite [m]	40	
A _{NGF} [m ²]	2.300	
V _i [m ³]	12.650	26.450
V _e [m ³]	14.400	28.800

Sporthalle

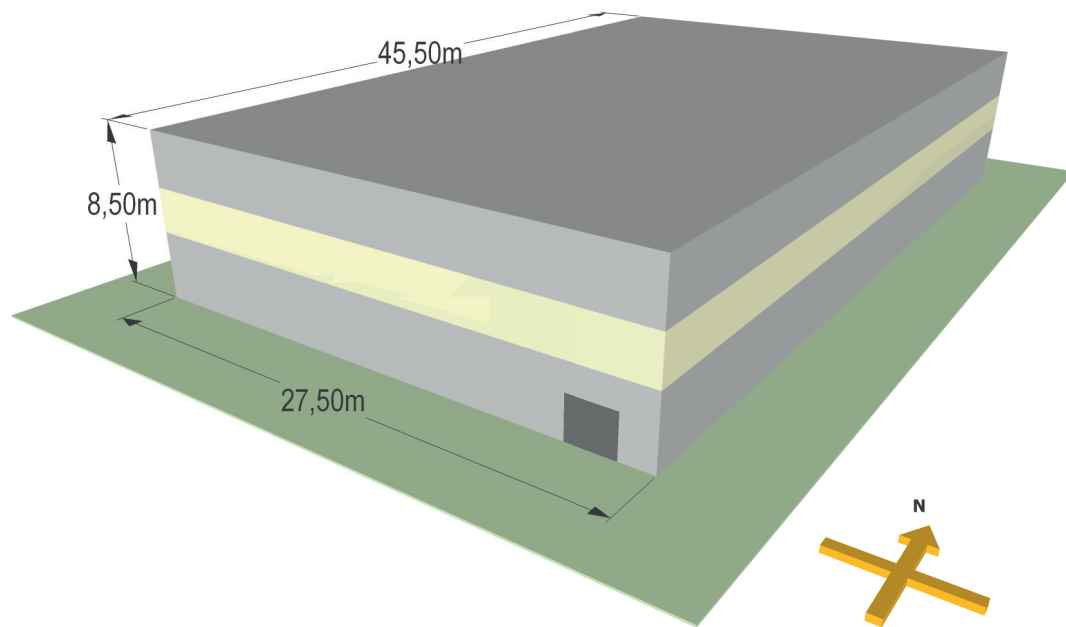


Abbildung 5: Sporthalle

Tabelle 4: Geometrie Sporthalle

Höhe [m]	8,5 (8)
Länge [m]	45,5
Breite [m]	27,5
A_NGF [m ²]	1.200
V_i [m ³]	9.600
V_e [m ³]	10.650

Logistikhalle

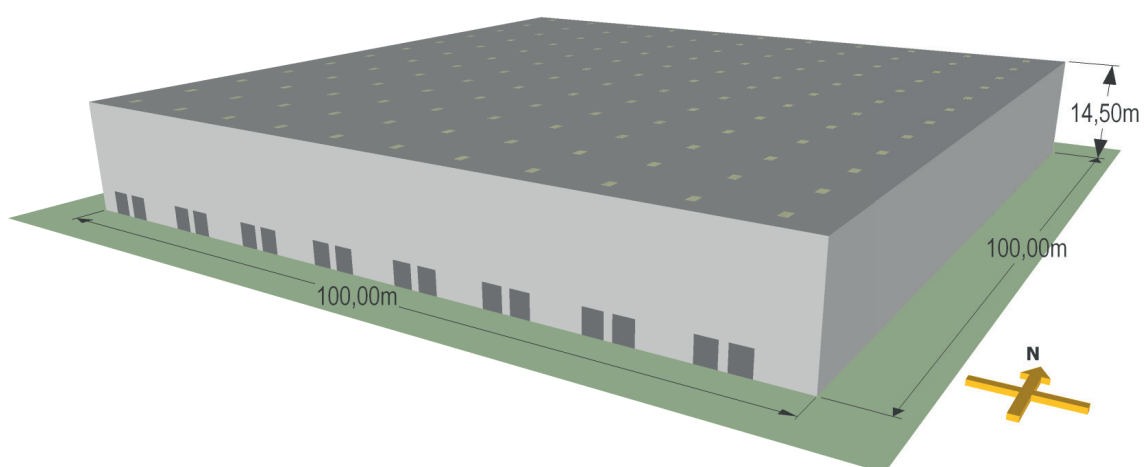


Abbildung 6: Logistikhalle

Tabelle 5: Geometrie Logistikhalle

Höhe [m]	14,5 (14)
Länge [m]	100
Breite [m]	100
A_NGF [m ²]	9.800
V_i [m ³]	137.200
V_e [m ³]	145.000

Markt

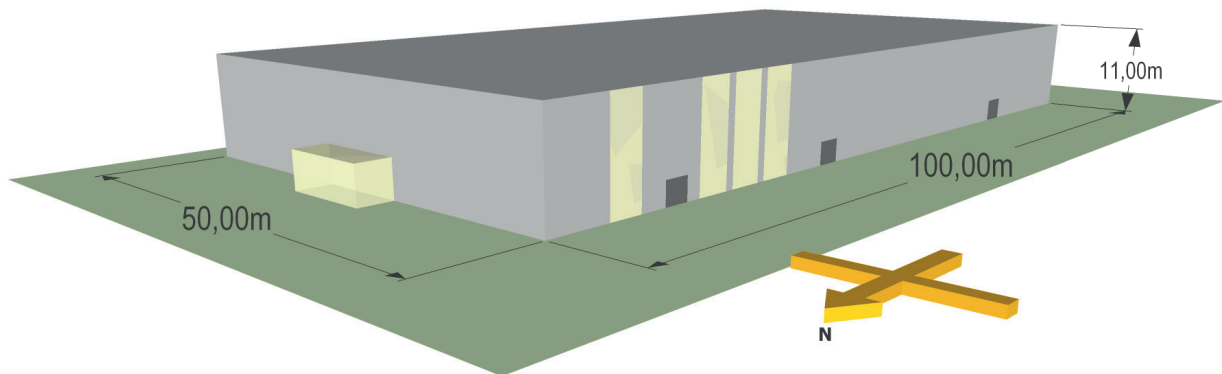


Abbildung 7: Markt

Tabelle 6: Geometrie Markt

Höhe [m]	11 (10)
Länge [m]	100
Breite [m]	50
A_NGF [m ²]	4.850
V_i [m ³]	48.500
V_e [m ³]	55.000

6.3 Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch das Referenzgebäude *EnEV 2014* in Verbindung mit einem Minderungsfaktor

Nachfolgend werden die Ergebnisse beispielhafter Energiebedarfsberechnungen dargestellt, in denen versucht wurde, durch iterative Anpassung energetisch wesentlicher Parameter den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes der EnEV 2014 um 45 % zu unterschreiten. Die Ergebnisse der Betrachtung sind also nicht die erreichbaren Energiebedarfswerte, sondern vielmehr Einschätzungen darüber, welcher Aufwand zu deren Erreichung betrieben werden muss.

Da die Beibehaltung des „alten“ Referenzgebäudes und Verschärfung des hiermit anzuwendenden Minderungsfaktors derzeit unwahrscheinlich erscheint, erfolgen hier nur auszugsweise Berechnungen anhand drei ausgewählter Modellgebäudekonfigurationen.

Fertigungshalle 20 °C

Höhe 6 und 12 m

Bei der Fertigungshalle mit hoher Innentemperatur ist – ausgehend von der fiktiven Referenzgebäudeausführung nach 3.4.3 – eine Verringerung des Primärenergiebedarfs auf das Niveau $0,55 \cdot Q_{P,Ref2014}$ noch durch relativ moderate Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik erreichbar. Da hierbei mehrere Kombinationen zur Erreichung des unterstellten Zielwerts bestehen, wird auf eine Darstellung der berechneten Primärenergiebedarfswerte verzichtet. Als mögliche Maßnahmen seien beispielhaft genannt:

- ▶ Gebäudehülle
 - ◆ moderat verringerte U-Werte
 - ◆ Verringerung des Wärmebrückenzuschlags
 - ◆ relativ großer Einfluss der Kennwerte der Dachlichtbänder (→ solare Wärmeeinträge)
 - ◆ höhere Luftdichtheit
- ▶ Beleuchtung
 - ◆ höhere Leuchten-Effizienz
 - ◆ Beleuchtungssteuerung
- ▶ Heizung
 - ◆ bessere Raumtemperaturregelung
 - ◆ ggf. bessere Regelung bei Warmluftrückführung
 - ◆ alternativ anderes Heizsystem

Zur Erreichung des unterstellten Zielniveaus ist i.d.R. eine Kombination mehrerer der genannten Maßnahmen notwendig, jedoch bei weitem nicht das Ausschöpfen aller gegebenen Möglichkeiten. Eine weitere Unterschreitung des Niveaus $0,55 \cdot Q_{P,Ref2014}$ erscheint daher noch machbar (z.B. im Rahmen der Ersatzmaßnahme *Einsparung von Energie*).

Sporthalle

Für das Modellgebäude Sporthalle erfordert eine Verringerung des Primärenergiebedarfs auf das Niveau $0,55 \cdot Q_{P,Ref2014}$ drastische Verbesserungen der energetisch relevanten Ausführung.

Ausgehend von der fiktiven Referenzgebäudeausführung nach 3.4.3 wurden nachfolgend aufgeführte Änderungen vorgenommen.

Variante mit dezentraler Hallenheizung

- ▶ Gebäudehülle:
 - ◆ vollflächige Bodendämmung
 - ◆ Verringerung der U-Werte (→ Bereich Passivhausniveau)
 - ◆ Dach und Außenwand: $0,20/0,24 \rightarrow 0,16 \text{ W/m}^2\text{h}$
 - ◆ Fenster: $1,0 \rightarrow 0,9 \text{ W/m}^2\text{h}$
 - ◆ Verringerung des Wärmebrückenzuschlags (rechnerischer Nachweis)
 - ◆ Erhöhung der Luftdichtheit von $q_{50} = 2 \rightarrow 1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$
- ▶ Lüftung: höhere WRG-Effizienz ($0,7 \rightarrow 0,75$)
- ▶ Beleuchtung
 - ◆ bessere Beleuchtungssteuerung
 - ◆ höhere Leuchten-Effizienz ($115 \rightarrow 125 \text{ lm/W}$)
- ▶ Heizung
 - ◆ kondensierender Dunkelstrahler mit mehrstufiger/modulierender Leistungsregelung
 - ◆ Strahlungsfaktor „verbessert“
 - ◆ Raumtemperaturregelung: PI optimiert

Das so angepasste Modellgebäude beschreibt in vielen Bereichen nicht mehr nur einen „energetisch guten Standard“, sondern ein Niveau nah an der besten verfügbaren Technik.

Tabelle 7: Primärenergiebedarf Sporthalle „0,55 * Q_{P,Ref2014}“, dezentral

		Gesamt	Heizung	TWE	Lüftung	Beleuchtung
Sporthalle	Referenzgebäude 2014	208,98	128,75	19,39	21,25	39,59
	Verbesserte Ausstattung	113,30	58,99	19,39	21,25	13,70
	Differenz	-95,68 -45,8 %	-69,76 -54,2 %	0,00 0,0 %	0,00 0,0 %	-25,89 -65,4 %

Variante mit zentral versorgter Hallenheizung

- ▶ Gebäudehülle:
 - ◆ vollflächige Bodendämmung
 - ◆ Verringerung der U-Werte (→ Bereich Passivhausniveau)
 - ◆ Dach und Außenwand: 0,20/0,24 → 0,16 W/m²h
 - ◆ Fenster: 1,0 → 0,9 W/m²h
 - ◆ Erhöhung der Luftdichtheit von q₅₀ = 2 → 1 m³/m²h
- ▶ Lüftung: höhere WRG-Effizienz (0,7 → 0,75)
- ▶ Beleuchtung
 - ◆ bessere Beleuchtungssteuerung
 - ◆ höhere Leuchten-Effizienz (115 → 125 lm/W)
- ▶ Heizung
 - ◆ Gas-Brennwertkessel, verbessert
 - ◆ Deckenstrahlplatte, verbessert, Mindestaußenwandabstand
 - ◆ Raumtemperaturregelung: PI optimiert

Das so angepasste Modellgebäude beschreibt in vielen Bereichen nicht mehr nur einen „energetisch guten Standard“, sondern ein Niveau nah an der besten verfügbaren Technik.

Tabelle 8: Primärenergiebedarf Sporthalle „0,55 * Q_{P,Ref2014}“, zentral

		Gesamt	Heizung	TWE	Lüftung	Beleuchtung
Sporthalle	Referenzgebäude 2014	208,98	128,75	19,39	21,25	39,59
	Verbesserte Ausstattung	113,89	59,55	19,39	21,25	13,70
	Differenz	-95,09 -45,5%	-69,20 -53,7%	0,00 0,0%	0,00 0,0%	-25,89 -65,4%

6.4 Definition des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch ein neues Referenzgebäude

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse stellen die Auswirkung einer Änderung des Referenzgebäudes gemäß 3.4.3 dar – geändert wurden insbesondere

- ▶ die U-Werte der Außenbauteile (orientiert an Leitfaden *EEEEH* [5]),
- ▶ die pauschalen Wärmebrückenzuschläge (0,05 → 0,03 bzw. 0,10 → 0,05),
- ▶ die Effizienz der Beleuchtung (64 → 115 lm/W für ein durchschnittliches zeitgemäßes LED-System, direkte statt direkt/indirekter Beleuchtung für Fertigungs-, Lager- und Sporthalle),
- ▶ das Hallenheizsystem (kondensierender Betrieb, bessere Leistungs- und Raumtemperaturregelung, anderer Luftauslass bzw. zusätzliche Warmluftückführung bei großen Raumhöhen) und
- ▶ die Effizienz der Wärmerückgewinnung von Lüftungsanlagen (0,6 → 0,7).

Tabelle 9: Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen, Vergleich Referenzgebäude 2014 mit „neuem Referenzgebäude“

		Primärenergiebedarf [kWh/m²a]					CO ₂ -Emissionen [kg/m²a]		
		Gesamt	Heizung	TWE	Lüftung	Beleuchtung	Gesamt	Erdgas	Strom
Fertigungshalle leichte Arbeit (20 °C) h = 6 m	Referenzgebäude 2014	82,17	58,77	0,00	0,00	23,40	21,0	13,2	7,8
	Referenzgebäude neu	55,27	46,06	0,00	0,00	9,22	13,6	10,3	3,3
	Differenz	-26,90	-12,71	0,00	0,00	-14,18	-7,4	-2,9	-4,5
		-32,7%	-21,6%	-	-	-60,6%	-35,2%	-22,0%	-57,8%
Fertigungshalle leichte Arbeit (20 °C) h = 12 m	Referenzgebäude 2014	126,91	103,50	0,00	0,00	23,40	31,4	23,3	8,0
	Referenzgebäude neu	80,97	71,76	0,00	0,00	9,22	19,6	16,1	3,5
	Differenz	-45,94	-31,74	0,00	0,00	-14,18	-11,8	-7,3	-4,6
		-36,2%	-30,7%	-	-	-60,6%	-37,7%	-31,1%	-56,8%
	Anteil gewerksweiser Verschärfung an Gesamt- einsparung, überschlägig	Baulicher Wärmeschutz: ~10 % Heizung: ~20 % Beleuchtung: ~10 %							
Fertigungshalle mittelschwere Arbeit (17 °C) h = 6 m	Referenzgebäude 2014	80,77	62,05	0,00	0,00	18,72	20,3	14,0	6,3
	Referenzgebäude neu	48,22	40,85	0,00	0,00	7,37	11,8	9,1	2,7
	Differenz	-32,55	-21,20	0,00	0,00	-11,35	-8,5	-4,8	-3,7
		-40,3%	-34,2%	-	-	-60,6%	-41,8%	-34,6%	-57,5%
Fertigungshalle mittelschwere Arbeit (17 °C) h = 12 m	Referenzgebäude 2014	123,12	104,39	0,00	0,00	18,72	30,1	23,6	6,6
	Referenzgebäude neu	70,56	63,18	0,00	0,00	7,37	17,0	14,2	2,8
	Differenz	-52,56	-41,21	0,00	0,00	-11,35	-13,1	-9,4	-3,7
		-42,7%	-39,5%	-	-	-60,6%	-43,5%	-39,9%	-57,0%
Sporthalle	Referenzgebäude 2014	187,65	128,12	14,54	15,94	29,05	48,5	28,8	19,7
	Referenzgebäude neu	136,30	94,78	14,54	15,94	11,05	35,1	21,3	13,8
	Differenz	-51,35	-33,34	0,00	0,00	-18,00	-13,4	-7,6	-5,8
		-27,4%	-26,0%	0,0%	0,0%	-62,0%	-27,7%	-26,3%	-29,7%
	Anteil gewerksweiser Verschärfung an Gesamt- einsparung, überschlägig	Baulicher Wärmeschutz: ~ 13 % Heizung: ~16 % Beleuchtung: ~ -8 %							
Lagerhalle	Referenzgebäude 2014	106,24	87,05	0,00	0,00	19,19	26,2	19,7	6,6
	Referenzgebäude neu	68,33	55,89	0,00	0,00	12,44	16,9	12,5	4,4
	Differenz	-37,91	-31,16	0,00	0,00	-6,75	-9,3	-7,1	-2,2
		-35,7%	-35,8%	-	-	-35,2%	-35,6%	-36,2%	-33,6%
Markt	Referenzgebäude 2014	175,37	97,30	6,62	21,00	50,46	47,2	21,9	25,3
	Referenzgebäude neu	125,81	70,18	6,62	21,00	28,00	33,9	15,7	18,1
		-49,56	-27,12	0,00	0,00	-22,46	-13,3	-6,2	-7,2
		-28,3%	-27,9%	0,0%	0,0%	-44,5%	-28,3%	-28,3%	-28,3%

Die Ergebnisse der Berechnungsvariante *Referenzgebäude 2014* beruhen auf der Definition des Referenzgebäudes gemäß EnEV 2014. Für die Ergebnisse der Variante *Referenzgebäude neu* wurden Randbedingungen gemäß Kapitel 3.4.3 (Tabelle 2) unterstellt. Gegenüber dem Referenzgebäude der EnEV 2014 wurden insbesondere Verbesserungen des Wärmeschutzes, der Beleuchtung, der Wärmerückgewinnung von Lüftungsanlagen sowie des Heizungssystems unterstellt. Analog zur Definition des Referenzgebäudes der EnEV 2014 wird auch im Vorschlag *Referenzgebäude neu* ein dezentrales Hallenheizungssystem (Warmlüfterzeuger) unterstellt.

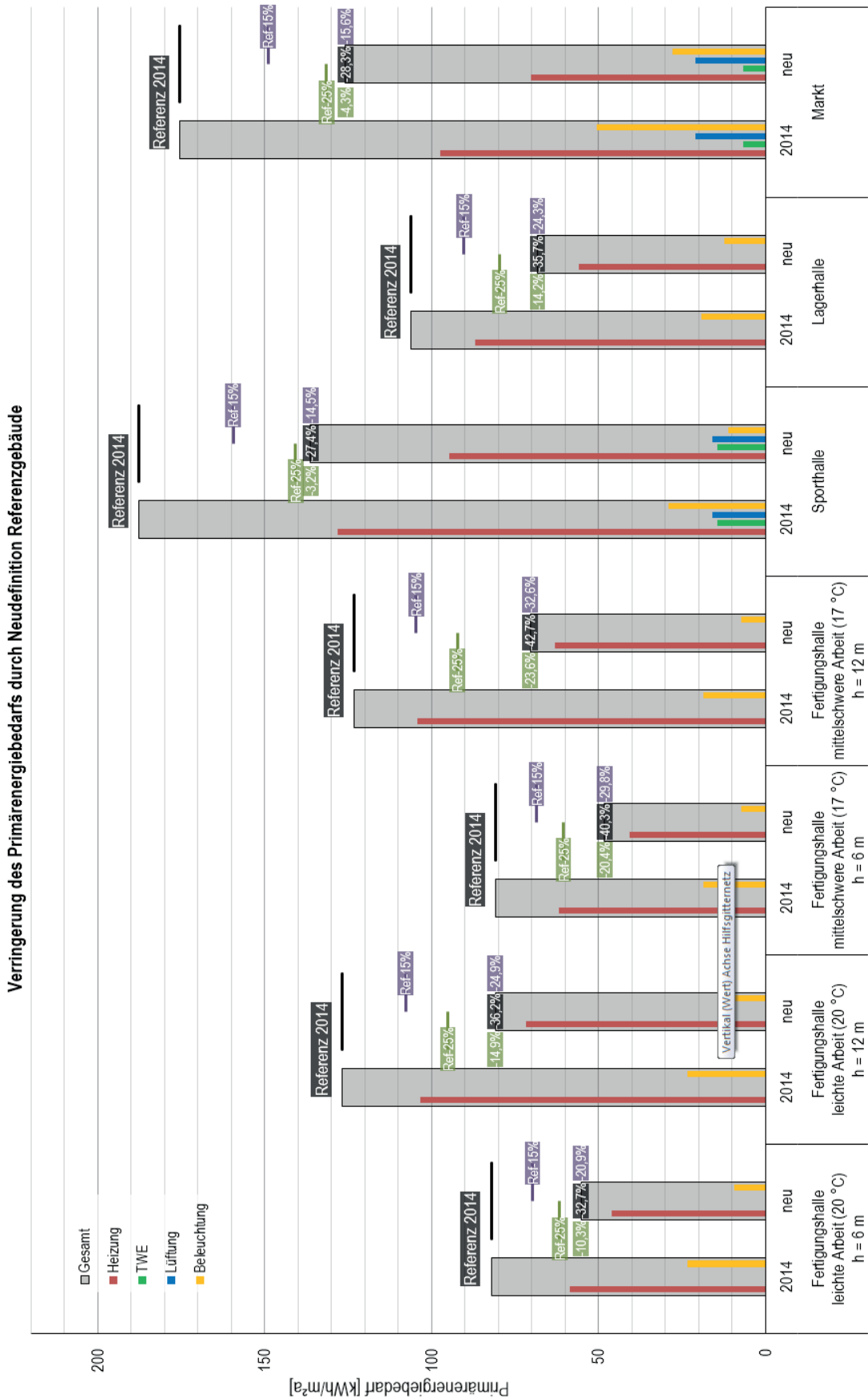


Abbildung 8: Primärenergiebedarf des „neuen Referenzgebäudes“ mit Bezug auf das Referenzgebäude 2014, den um 15 % verringerten Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes 2014 (Anforderung an dezentral beheizte Hallen bei EEWärmeG-Maßnahme *Einsparung von Energie*) und auf den um 25 % verringerten Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes 2014 (EnEV-Anforderung an alle anderen Gebäude)

Durch die beispielhaft geänderte Definition des Referenzgebäudes gemäß 3.4.3 (Tabelle 2) ergeben sich für die untersuchten Modelgebäude Unterschreitungen des Referenzgebäude-Wertes 2014 zwischen 27 und 43 % (Tabelle 9).

Mit Bezug auf die gegenüber dem Referenzgebäude 2014 um 15 % verringerten Werte – dies entspricht dem derzeitigen primärenergetischen Anforderungsniveau für dezentral beheizte Hallen(zonen) bei vollständiger Erfüllung des EEWärmeG durch die Ersatzmaßnahme Einsparung von Energie – ergeben sich für die untersuchten Modellgebäude in der Ausführung als „neues Referenzgebäude“ nochmalige Unterschreitungen zwischen 16 und 33 % (Abbildung 8).

Mit Bezug auf die seit dem 01.01.2016 geltenden und gegenüber 2014 um 25 % verringerten Anforderungswerte der EnEV 2014 ergeben sich nochmalige Unterschreitungen zwischen 3 und 24 % (Abbildung 8) – d.h. die untersuchten Modellgebäude würden in der beispielhaft vorgeschlagenen Ausführung als „neues Referenzgebäude“ bei einer Betrachtung nach heutigen Maßstäben die Anforderungen der EnEV auch ohne Anwendung der Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen einhalten und darüber hinaus die primärenergetische Anforderung des EEWärmeG für die Erfüllungsoption Einsparung von Energie teilweise, ganz oder sogar übererfüllen.

Die jeweils geringsten Unterschreitungen zeigen sich für die beiden Modellgebäude, in denen Trinkwassererwärmung und Lüftungsanlagen unterstellt wurden. Für diese beiden Bereiche bestehen gegenüber der Referenzgebäudedefinition der EnEV 2014 kaum sinnvolle Verbesserungsoptionen für Hallengebäude/-nutzungen, wodurch hier auch keine signifikanten Einsparungen erzielt werden können⁷.

Die unterstellten Änderungen an der Definition des Referenzgebäudes orientieren sich weitgehend an Beobachtungen der Baupraxis von Hallengebäuden (siehe auch EEEH [5]). Bei einer umfassenden, alle Gebäudekategorien und Gewerke betreffenden Überarbeitungen der Referenzgebäudedefinition können sich andere Unterschreitungen des Niveaus 2014 einstellen; als mögliche weitere Änderungen kämen z.B. in Frage:

- ▶ höhere Gebäudedichtheit
- ▶ Verringerung von U-Werten über die unterstellten Änderungen hinaus
- ▶ Anpassung von Verglasungs-Kennwerten über U-Wert hinaus,
- ▶ effizientere Beleuchtungssteuerung
- ▶ geringerer Hilfsenergiebedarf für Lüftung/RLT usw.

Die unterstellten Verschärfungen der Referenzgebäude-Definition betreffen vorwiegend die Gewerke

- ▶ Gebäudehülle/Baukörper (U-Werte, Wärmebrückenzuschlag),
- ▶ Heizung und
- ▶ Beleuchtung.

Die gewerksweise erzielten Einsparungen an Primärenergie schwanken deutlich in Abhängigkeit von den Konditionierungsanforderungen des Gebäudes und der daraus resultierenden Zusammensetzung des Gesamtprimärenergiebedarfs. Tabelle 9 weist die überschlägigen Anteile beispiel-

⁷ Für die Trinkwassererwärmung sind bei zentraler Ausführung eine Solaranlage, bei dezentraler Ausführung elektrische Durchlauf-erhitzer zu unterstellen.

Die Bemessung der Antriebsleistung für Ventilatoren von Lüftungsanlagen in der Referenzgebäudedefinition beschreibt im Wesentlichen den leistungsmäßigen Aufwand zur Überwindung der Strömungswiderstände des Kanalnetzes und aller enthaltenen Komponenten - die Effizienz der eingesetzten Ventilatoren innerhalb eines praxisnahen Bereichs spielt hierbei nur eine stark untergeordnete Rolle. Eine Absenkung dieser Werte würde somit eine weitere Ausdifferenzierung der Referenzausführung hinsichtlich der Komplexität des Kanalnetzes erfordern.

haft für die Modellgebäude *Fertigungshalle* (20 °C, 12 m) und *Sporthalle* aus. Es zeigt sich eine verhältnismäßig ausgewogene Zusammensetzung, wobei sich die Verschärfung der Definition des Heizsystems jedoch am stärksten auswirkt. Dies ist insofern plausibel, als die Referenzausführung des Heizsystems für Hallenzonen nach EnEV 2014 unter den abbildbaren Hallenheizsystemen in vielen Aspekten die energetisch ungünstigste Variante darstellt und somit ein sehr hohes Einsparpotenzial bietet, welches das Potenzial der Verbesserungen an der Gebäudehülle in vielen Fällen übersteigen dürfte. Für die Bereiche *Trinkwassererwärmung und Belüftung* (Antriebsenergie) bestehen gegenüber der Referenzgebäudedefinition der *EnEV 2014* kaum sinnvolle Optionen zur Verbesserung.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch eine geänderte Definition des Referenzgebäudes für unterschiedliche Nutzungen/Gebäudekategorien sehr unterschiedliche Verringerungen des Primärenergiebedarfs (mit Bezug auf das Referenzgebäude EnEV 2014) ergeben können. Die Differenzen verdeutlichen damit einerseits

- ▶ die unterschiedliche Wirkung der beiden Ansätze
 - ◆ „altes Referenzgebäude“ mit Minderungsfaktor und
 - ◆ neues Referenzgebäude und andererseits,
- ▶ dass für unterschiedliche Nutzungen oder Gebäudekategorien – unter der Maßgabe ähnlicher technischer Möglichkeiten – in aller Regel nicht dieselben primärenergetischen Verbesserungen möglich sein werden.

Einhaltung des Anforderungswertes „neues Referenzgebäude“ mit zentralen Hallenheizsystemen

Nachfolgend wird anhand der zuvor definierten Modellgebäude untersucht, inwieweit das durch ein neues Referenzgebäude gemäß 3.4.3 definierte primärenergetische Anforderungsniveau – hierin ist ein dezentrales Hallenheizsystem unterstellt – auch mit zentralen Hallenheizungen eingehalten werden kann. Ausgehend von der hier vorgeschlagenen Referenzgebäudedefinition wird in beispielhaften Berechnungen das Heizungssystem durch einen Brennwertkessel mit wasserführender Wärmeverteilung und (Hallen-)Wärmeübergabesystem ersetzt.

Die Beispielberechnungen zeigen, dass der Anforderungswert auch mit zentralen Hallenheizungen eingehalten werden kann, falls ein energieeffizientes Wärmeübergabesystem eingesetzt wird. Sollen ein signifikant ungünstiger bewertetes Wärmeübergabesystem oder eine ansonsten im Vergleich zur Referenzausführung energetisch merklich ungünstigere technische/bauliche Ausführung kompensiert werden, dürfte die Nutzung eines Energieträgers bzw. Wärmeerzeugungssystems mit einer besseren primärenergetischen Bewertung als ein Gas-Brennwertkessel notwendig werden, z.B. durch unmittelbare Nutzung regenerativer Energien oder von Fernwärme mit regenerativen Anteilen und/oder aus Anlagen zur Kraftwärmekopplung.

Tabelle 10: Einhaltung des Primärenergie-Anforderungswertes „neues Referenzgebäude“ mit zentralen Hallenheizungen, beispielhaft für Lufterhitzer und Deckenstrahlplatten mit Gas-Brennwertkessel

		Referenzgebäude neu	Zentrale Hallenheizung mit Gas-BW-Kessel					
			Lufterhitzer (bei h > 6 m mit Warmluftückführung)			Deckenstrahlplatte, verbessert		
			Wert	Differenz	zusätzliche Maßnahmen? ¹⁾	Wert	Differenz	zusätzliche Maßnahmen? ¹⁾
Fertigungshalle, leichte Arbeit (20 °C), h = 6 m	Q _P [kWh/m²a]	55,27	54,99	-0,28 (-0,5%)	moderat	54,96	-0,31 (-0,6%)	gering
	m'CO ₂ [kg/m²a]	13,6	13,5	-0,13 (-1,0%)		13,4	-0,17 (-1,3%)	
Fertigungshalle, leichte Arbeit (20 °C), h = 12 m	Q _P [kWh/m²a]	80,97	79,99	-0,98 (-1,2%)	moderat	79,2	-1,77 (-2,2%)	gering
	m'CO ₂ [kg/m²a]	19,6	19,3	-0,30 (-1,6%)		19,0	-0,52 (-2,7%)	
Fertigungshalle, mittelschwere Arbeit (17 °C), h = 6 m	Q _P [kWh/m²a]	48,22	48,11	-0,11 (-0,2%)	gering	47,95	-0,27 (-0,6%)	keine
	m'CO ₂ [kg/m²a]	11,8	11,7	-0,09 (-0,7%)		11,7	-0,13 (-1,1%)	
Fertigungshalle, mittelschwere Arbeit (17 °C), h = 12 m	Q _P [kWh/m²a]	70,56	70,53	-0,03 (-0,0%)	moderat	69,12	-1,44 (-2,0%)	gering
	m'CO ₂ [kg/m²a]	17,0	17,0	-0,04 (-0,3%)		16,6	-0,43 (-2,6%)	
Sporthalle	Q _P [kWh/m²a]	136,30	135,87	-0,43 (-0,3%)	gering	136,00	-0,30 (-0,2%)	keine
	m'CO ₂ [kg/m²a]	35,1	35,0	-0,08 (-0,2%)		34,9	-0,17 (-0,5%)	
Lagerhalle	Q _P [kWh/m²a]	68,33	68,15	-0,18 (-0,3%)	gering	67,15	-1,18 (-1,7%)	gering
	m'CO ₂ [kg/m²a]	16,9	16,8	-0,10 (-0,6%)		16,5	-0,36 (-2,1%)	
Markt	Q _P [kWh/m²a]	125,81	125,7	-0,11 (-0,1%)	gering	124,06	-1,75 (-1,4%)	gering
	m'CO ₂ [kg/m²a]	33,9	33,8	-0,08 (-0,2%)		33,3	-0,54 (-1,6%)	

¹⁾ Zum Teil sind weitere Maßnahmen notwendig um den Anforderungswert einzuhalten, z.B. geringfügige Verbesserungen am baulichen Wärmeschutz, PI- statt Zweipunktregelung bei Warmluftückführung, Lufterhitzer mit geringer Ausblastemperatur, Einhaltung Außenwandabstand bei Deckenstrahlplatten, ggf. Verringerung VL-Temperatur, usw.; diese dienen in erster Linie der Kompensation von zusätzlichen Wärmeverteilungsverlusten, wie sie in Zentralheizungen anfallen.

6.5 Übergangsregelung 2017-2019/20

Für den Zeitraum von 2017 bis 2019/20 soll nach derzeitigem Diskussionsstand eine Übergangsregelung in Kraft treten, welche sich hinsichtlich des Anforderungsniveaus an den seit 01.01.2016 geltenden Anforderungen der EnEV 2014 orientiert und für dezentral beheizte Hallen folgendermaßen ausfallen könnte (siehe auch 5.6):

- Es gelten die Anforderungswerte der EnEV 2014 (einschließlich Verschärfung ab 01.01.2016) – auch für dezentral beheizte Hallen

$$\diamond Q_{P,Anf} = Q_{P,Ref} \cdot 0,75$$

$$\diamond \dot{U}_{max} = \dot{U}_{max,2014,Zeile\ c}$$

Die bisher bestehende Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen(zonen) entfällt.

- Für dezentral beheizte Hallen besteht darüber hinaus keine Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien, also auch keine Verpflichtung zur zusätzlichen Unterschreitung der energetischen und baulichen Anforderungswerte im Rahmen einer EE-Ersatzmaßnahme.

Aus den bisherigen Berechnungen zu dieser Studie und ähnlichen Betrachtungen in anderen Untersuchungen ist bekannt, dass die EnEV-Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz gemäß *Anlage 2 Tabelle 2* EnEV 2014 bei einer Verschärfung der Primärenergieanforderungen für Hallen mit dezentralen Hallenheizsysteme in den Hintergrund treten, da sich die strengere Anforderung üblicherweise aus dem Primärenergiebedarf ergibt; d.h. bei Einhaltung der Vorgabe $Q_{P,Anf} = Q_{P,Ref} \cdot$

0,75 würden die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz gemäß *Anlage 2 Tabelle 2* (Zeile c) EnEV 2014 in aller Regel sowieso eingehalten oder merklich übererfüllt. Diese Betrachtung beschränkt sich daher auf eine Beurteilung dahingehend, inwieweit der um 25 % verringerte Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes der EnEV 2014 mit dezentral beheizten Hallen eingehalten werden kann.

Die Auswirkungen dieser Übergangsregelung lassen sich anhand der Ergebnisse des Kapitels 6.4 beurteilen – hier wurde der Primärenergiebedarf für unterschiedliche Modellgebäude in der Ausführung als „neues Referenzgebäude“ ermittelt. Die Unterschreitung des Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes der EnEV 2014 bewegt sich für alle untersuchten Modellgebäude zwischen 27 und 43 %; d.h. dass eine Halle, welche in der Ausführung des hier vorgeschlagenen „neuen Referenzgebäudes“ gebaut wird, die Anforderungen der Übergangsregelung (Unterschreitung von 25 %) üblicherweise einhält und in vielen Fällen sogar deutlich übererfüllt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Unterschreitung des Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs um mindestens 25 % in Abhängigkeit von Nutzung und Konditionierung der Halle unterschiedlich schwer oder leicht fallen kann – hierbei handelt es sich um eine grundsätzliche Schwierigkeit des Bewertungsansatzes mit Referenzgebäude und Minderungsfaktor⁸ (siehe auch 6.4 und Leitfaden *EEEEH* [5]). Gleichermaßen ist jedoch zu relativieren, dass die hier vorgeschlagene Ausführung des Referenzgebäudes zwar in Teilen als ambitioniert bezeichnet werden kann, mit Blick auf das aktuelle Baugeschehen jedoch keineswegs unrealistisch ist und auch noch einen gewissen Spielraum in Richtung energetisch besserer Ausführung lässt.

Die Übergangsregelung bewirkt für dezentral beheizte Hallen im Vergleich zum Anforderungsniveau der EnEV 2014 in Verbindung mit der EEWärmeG-Ersatzmaßnahme *Einsparung von Energie* eine Verringerung des zulässigen Primärenergiebedarfs um knapp 12 %^{9,10}. Im Sinne der Technologieoffenheit und zur Vermeidung einer in Bezug auf Energieeinsparung eher kontraproduktiven Marktbeeinflussung sprechen sich die projektbeteiligten Industrieverbände jedoch für eine Gleichbehandlung von zentralen und dezentralen Hallenheizsystemen aus – also der Ausnahme sowohl dezentral als auch zentral beheizter Hallen(zonen) von der expliziten Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Das durch die Übergangsregelung definierte Anforderungsniveau ist somit für dezentral beheizte Hallen einhaltbar und bewirkt gleichzeitig eine leichte Verschärfung der energetischen Anforderungen. Darüber hinaus geht mit dem Wegfall der Ausnahmeregelung der EnEV 2014 für dezentral beheizte Hallen(zonen) eine deutliche Vereinfachung des Nachweisverfahrens einher.

8 Grundsätzlich ist für ein geplantes bzw. zu errichtendes Gebäude nur in den technischen Eigenschaften und Merkmalen ein energetischer Vorteil gegenüber dem Referenzgebäude erzielbar, welche für das Referenzgebäude definiert sind. Technische Merkmale oder Eigenschaften, welche für das Referenzgebäude nicht definiert sind, werden vom zu errichtenden Gebäude auf das Referenzgebäude übertragen. Wird nun der Primärenergieanforderungswert gegenüber dem Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes über einen Faktor abgesenkt (so seit 01.01.2016 in Kraft), gestaltet sich die Einhaltung dieses Anforderungswertes besonders schwierig für Gebäude mit technischen Eigenschaften oder Merkmalen, welche aufgrund fehlender Referenzausführung „an das Referenzgebäude durchgereicht“ werden. Dieser Effekt deutet sich in den vorliegenden Berechnungen bei den Modellgebäuden *Sporthalle* und *Markt an* - sie erreichen in der Ausführung als „neues Referenzgebäude“ die geringsten Unterschreitungen des Niveaus Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs der EnEV 2014 (vgl. hierzu auch *EEEEH* [5]).

9 Für dezentral beheizte Hallen - welche i.d.R. keine regenerativen Energien im Sinne des EEWärmeG nutzen können - ohne nach EEWärmeG anrechenbare Wärmerückgewinnungssysteme wird das primärenergetische Anforderungsniveau derzeit faktisch durch das EEWärmeG und die darin formulierte Ersatzmaßnahme *Maßnahmen zur Einsparung von Energie* vorgegeben und beträgt $Q_{P,Anf} = Q_{P,Ref} \cdot 0,85$ (Unterschreitung der EnEV-Anforderungen um 15 %). Mit Inkrafttreten der Übergangsregelung fallen der Einfluss des EEWärmeG an dieser Stelle sowie die Ausnahme von der seit 01.01.2016 geltenden Verschärfung der Primärenergieanforderung ($Q_{P,Ref} \cdot 0,75$) weg. Das Anforderungsniveau beträgt für dezentral beheizte Hallen ab dann $Q_{P,Anf} = Q_{P,Ref} \cdot 0,75$. Die Verringerung des zulässigen Primärenergiebedarfs um 10 %-Punkte entspricht einer relativen Verringerung um 11,8 %.

10 Zusätzlich müssen die um durchschnittlich 20 % verringerten Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten eingehalten werden. Diese Anforderung dürfte jedoch nebensächlich werden, da sich bei dezentral beheizten Hallen ohne regenerative Energieträger die strengere Anforderung in aller Regel aus dem Primärenergiebedarf ergeben dürfte.

6.6 Fazit

Die vorliegenden Ergebnisse legen folgende Schlüsse nahe:

- ▶ Durch das Beibehalten des „alten Referenzgebäudes“ und weitere Skalierung durch Absenkung des bestehenden Minderungsfaktors können sich wesentliche Nachteile ergeben, welche sich bereits im Leitfaden EEEH [5] abzeichneten:
 - ◆ Das Anforderungsniveau berücksichtigt so kaum noch die unterschiedlichen Energiesparpotenziale, welche durch unterschiedliche Nutzungen bzw. Gebäudekategorien gegeben sind. Eine gezielte Hebung dieser Potenziale („Wer viel einsparen kann, soll viel einsparen und umgekehrt“) ist so kaum möglich.
 - ◆ In Abhängigkeit von Nutzung/Gebäudekategorie/Konditionierungsanforderungen können sich drastisch unterschiedliche Anforderungen ergeben, welche in bestimmten Fällen sehr schwer einzuhalten sein dürften, z.B. bei Konditionierungsarten bzw. der damit verbundenen Anlagentechnik, für welche keine Referenzgebäude-Ausführung vorliegt (→ keine Verbesserung gegenüber Referenzgebäude möglich).
- ▶ Eine Neudefinition des Referenzgebäudes stellt in mehrerlei Hinsicht den besseren Weg dar:
 - ◆ Durch die Beschreibung konkreter Ausführungsmerkmale von Gebäude und Anlagentechnik wird besser auf die individuellen Energieeinsparmöglichkeiten des einzelnen Gebäudes eingegangen.
 - ◆ Je nach konkreter Ausgestaltung (U-Werte, Wärmebrücken, Gebäudedichtheit, Anlagentechnik ...) kann auch durch bloße Neudefinition des Referenzgebäudes im Mittel eine sehr hohe Einsparung gegenüber dem Niveau 2014 erreicht werden, ohne dass unrealistisch hohe Einzelanforderungen an die energetische Ausführung bzw. technische Merkmale gestellt werden – das Referenzgebäude bliebe somit im doppelten Wortsinn tatsächlich baubar. Für die hier untersuchten Modellgebäude ergeben sich durch die vorgeschlagene Referenzgebäudedefinition gemäß Tabelle 2 (3.4.3) Unterschreitungen des Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs 2014 zwischen 27 und 43 % – diese Werte entsprechen einer deutlichen Übererfüllung der derzeitigen EnEV-Primärenergieanforderung an dezentral beheizte Hallen bei zusätzlich vollständiger Erfüllung bis teils deutlicher Übererfüllung des EEWärmeG durch Einsparung von Energie sowie einer deutlichen Übererfüllung der derzeitigen EnEV-Anforderung an zentral beheizte Hallen bei teilweiser Erfüllung bis teils Übererfüllung des EEWärmeG durch Einsparung von Energie.
- ▶ Eine sinnvolle Regelung zur weiteren Verfahrensweise mit Hallengebäuden (ggf. Ausnahmen usw.) hängt ganz wesentlich von Art und Weise sowie Umfang zukünftiger Verschärfungen des energetischen Anforderungsniveaus ab; mit Blick auf die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung erscheint aus Sicht der Autoren folgendes Vorgehen sinnvoll:
 - (a) Neudefinition des Referenzgebäudes (betrifft alle Gebäude)
 - (b) Hinsichtlich der Anforderungen an Primärenergiebedarf und ggf. baulichen Wärmeschutz sind Hallen untereinander und gegenüber allen anderen Nichtwohngebäuden gleichgestellt zu behandeln;
 - (c) Randbedingungen und Erfüllungsoptionen zur EE-Nutzung werden geprüft (betrifft alle Gebäude), besonders
 - Ausweitung auf alle Gebäudekonditionierungsarten (→Strom),
 - Bezug der EE-Anforderungen auf eine geeignete und alle Gewerke umfassende Kenngröße (z.B. Gesamt-Primärenergiebedarf einschließlich erneuerbarem Anteil),
 - (sinnvoll beschränkter) Einsatz von Biogas und
 - Erweiterung des Bilanzrahmens,

- Nutzung/Erzeugung von Energie im Gebäudeverbund,
 - gebäudenahe Energieerzeugung (auch Elektroenergie aus regenerativen Quellen),
- (d) Unnötige technische Nebenanforderungen („Alles-oder-Nichts“) werden aus dem Regelwerk gestrichen (betrifft alle Gebäude).
- (e) Eine Differenzierung zwischen Hallen und sonstigen Nichtwohngebäuden erfolgt – sofern notwendig – nur in Bezug auf die EE-Nutzungspflicht und ggf. diesbezügliche Ersatzmaßnahmen. Von der projektbegleitenden Arbeitsgruppe wird hierbei eine Behandlung von Hallengebäuden gemäß *Variante B.1* (Kapitel 5.2), also die Ausnahme von expliziten EE-Anforderungen, ggf. unter der Auflage von Nebenanforderungen – insbesondere Energie-Monitoring –, bevorzugt. Als wesentliche Argumente werden gesehen:
- Die Nachweisführung für Hallengebäude würde stark vereinfacht.
 - Bei entsprechender Definition des Referenzgebäudes kann dieses ein Niveau beschreiben, welches für die „Hallenlandschaft“ in Deutschland im Mittel deutlich unter $Q_{P,Ref2014} - 25 \%$ liegt. In beispielhaften Berechnungen wurden nochmalige Unterschreitungen um 4 bis 24 % erreicht – unter diesen Randbedingungen würden i.d.R.
 - alle dezentral beheizten Hallen energetisch deutlich besser als nach aktueller EnEV und EEWärmeG (Anforderung jetzt: $Q_{P,Ref2014}$ abzüglich 15 % bei EEWärmeG-Ersatzmaßnahme *Einsparung von Energie*),
 - zentral beheizte Hallen das für sie nach aktueller EnEV geltenden Anforderungsniveau ($Q_{P,Ref2014} - 25 \%$) erreichen und – je nach Nutzung und Konditionierung – moderat bis deutlich unterschreiten; hierbei wird ein Niveau erreicht, welches nach heutiger Betrachtungsweise der teilweisen Erfüllung bis deutlichen Übererfüllung der EEWärmeG-Ersatzmaßnahme *Einsparung von Energie* („EnEV - 15 %“) entspricht.

Bei Gebäuden mit hohem Primärenergieaufwand für Konditionierungsarten/-systeme, deren Eigenschaften bei einer Neudefinition des Referenzgebäudes nicht erfasst werden, können sich andere Ergebnisse zeigen.

- kurzfristige Neustrukturierung der EE-Anforderungssystematik und Schaffung ausreichender Erfüllungsoptionen für Hallen derzeit fraglich
- erweiterte Bilanzierung (Gebäudeverbund usw.) z.T. schon möglich als Nah-/Fernwärmenetz, darüber hinaus jedoch vermutlich schwierig handhabbar

Gegen eine Differenzierung zwischen dezentralen und zentralen Hallenheizsystemen sprechen hierbei folgende Punkte:

- Das Nachweisverfahren würde durch eine solche Unterscheidung komplizierter.
- Die primärenergetische Anforderung des „neuen Referenzgebäudes“ (siehe 3.4.3 und 6.4) sind mit zentralen Hallenheizsystemen i.d.R. nur mit einem energieeffizienten Wärmeübergabesystem und einer sonstigen energetischen Ausführung mindestens auf Niveau des hier vorgeschlagenen „neuen Referenzgebäudes“ einhaltbar; andernfalls dürfte der Einsatz regenerativer Energien zur Einhaltung des Nachweises notwendig werden.
- Aus der unterschiedlichen Behandlung von zentralen und dezentralen Hallenheizsystemen bei der Nutzungspflicht erneuerbarer Energien kann eine ungewollte und energetisch kontraproduktive Marktbeeinflussung folgen: Dezentrale Hallenheizungen ver-

ursachen i.d.R. deutlich geringere Investitionskosten als zentrale Hallenheizungen und werden somit üblicherweise vorwiegend aus wirtschaftlichen Erwägungen eingesetzt. Eine nachträgliche Umstellung auf regenerative Energieversorgung ist mit dezentralen Hallenheizungen kaum möglich. Die in der Investition üblicherweise deutlich teurere zentrale Hallenheizung ermöglicht hingegen eine spätere Umstellung auf oder Einbindung von erneuerbaren Energien. Wird das ohnehin teurere zentrale Hallenheizsystem durch die im Vergleich zur dezentralen Alternative zusätzliche Pflicht zur (sofortigen) Nutzung erneuerbarer Energien weiter verteuert, dürften sich potenzielle Bauherrn/ Investoren, auch wenn sie ursprünglich ein zentrales Hallenheizsystem erwogen, üblicherweise für die investiv günstigere Alternative entscheiden. Die nachträgliche Umrüstbarkeit auf bzw. Einbindung von erneuerbaren Energien fiel in diesen Fällen weg.

- Nach derzeitigem Diskussionsstand ist davon auszugehen, dass das zukünftige Regelwerk sowohl die ab 2019/2020 geltenden Regelungen als auch eine von 2017 bis 2019 geltende Übergangsregelung enthalten wird.
- ◆ Die Zusammenfassung der Regelungen für beide Zeiträume im selben Verordnungstext, d.h. die Verabschiedung der ab 2019/2020 greifenden Regelung lange vor ihrem Inkrafttreten, bringt eine Reihe gravierender Nachteile mit sich (siehe 5.6) und wird daher von den Autoren und den projektbegleitenden Industrieverbänden kritisch gesehen.
- ◆ Die von Vertretern des Ordnungsgebers angedeutete mögliche Ausgestaltung der Übergangsregelung in der Form
 - *Es gelten die Anforderungswerte der EnEV 2014 (einschließlich Verschärfung ab 01.01.2016) – auch für dezentral beheizte Hallen*
 - $Q_{P,Anf} = Q_{P,Ref} * 0,75$
 - $\dot{U}_{max} = \dot{U}_{max,2014,Zeile\ c}$
- *Die bisher bestehende Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen(zonen) entfällt.*
- *Für dezentral beheizte Hallen besteht darüber hinaus keine Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien, also auch keine Verpflichtung zur zusätzlichen Unterschreitung der energetischen und baulichen Anforderungswerte im Rahmen einer EE-Ersatzmaßnahme¹¹.*

wird von den Autoren und beteiligten Industrieverbänden als deutliche Vereinfachung des Nachweisverfahrens angesehen. Im Sinne der Technologieoffenheit und zur Vermeidung einer in Bezug auf Energieeinsparung eher kontraproduktiven Marktbeeinflussung sprechen sich die projektbeteiligten Industrieverbände jedoch für eine Gleichbehandlung von zentralen und dezentralen Hallenheizsystemen aus – also der Ausnahme sowohl dezentral als auch zentral beheizter Hallen(zonen) von der expliziten Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien.

¹¹ Aus Sicht der Autoren und der projektbegleitenden Industrieverbände würde die hier beschriebene inhaltliche Gestaltung der Übergangsregelung bereits eine deutliche Vereinfachung des Nachweisverfahrens darstellen. Im Sinne der Technologieoffenheit und zur Vermeidung einer in Bezug auf Energieeinsparung eher kontraproduktiven Marktbeeinflussung sprechen sich die projektbeteiligten Industrieverbände jedoch für eine Gleichbehandlung von zentralen und dezentralen Hallenheizsystemen aus - also der Ausnahme sowohl dezentral als auch zentral beheizter Hallen(zonen) von einer expliziten Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien.

7 Quellen

- [1] *EnEV 2014: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (...) vom 27. Juli 2007 (...), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951).*
- [2] *EEWärmeG_2015: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG), zuletzt geändert durch Artikel 9 G vom 20.10.2015.*
- [3] *BMU, Entwurf zum Erfahrungsbericht zum EEWärmeG gemäß § 18 EEWärmeG, Stand 19.07.2012.*
- [4] *BMU, Erfahrungsbericht zum EEWärmeG gemäß § 18 EEWärmeG, 19.12.2012.*
- [5] *ITG Dresden Forschung und Anwendung GmbH; Weber EnergieConsult, figawa-Studie Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien in Hallengebäuden - Neubau und Bestand (EEEEH), Schlussbericht (Entwurf), 10/2015.*
- [6] *EPBD 2010: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, DE, 14.11.2012.*
- [7] *BMWi, ESG Energieeffizienzstrategie Gebäude, Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, 2015.*
- [8] *VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Entwurf VDI 6041:2015-04 - Facility-Management - Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen, April 2015.*
- [9] *Ernst & Young GmbH, Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler, 2013.*
- [10] *ITG Dresden Forschung und Anwendung GmbH im Auftrag des BBSR/BBR, Wirtschaftlichkeit von Systemen zur Erfassung und Abrechnung des Wärmeverbrauchs, 01/2014.*
- [11] *ITG Dresden Forschung und Anwendung GmbH im Auftrag der Figawa e.V., Kurzgutachten - Beitrag intelligenter Messsysteme für Strom, Gas und Wärme zur CO₂-Minderung, 11/2015.*

8 Anhang: Nutzungsprofile DIN V 18599-10:2011-12

Tabelle A.6 — Nutzung Einzelhandel/Kaufhaus

Einzelhandel/Kaufhaus				Nr. 6	
Nutzungszeiten		von	bis		
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	20:00		
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a	300			
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	3009			
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	591			
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	20:00		
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	300			
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	20:00		
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)					
Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{\text{i,h,soll}}$	°C	21			
Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{\text{i,c,soll}}$	°C	24			
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{\text{i,h,min}}$	°C	20			
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{\text{i,c,max}}$	°C	26			
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{\text{i,NA}}$	K	4			
Feuchteanforderung	–	mit Toleranz			
Mindestaußenluftvolumenstrom $\dot{V}_{\text{A}}$					
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person	20			
flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)	–			
Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_{\text{A Geb}}$	m ³ /(h · m ²)	2,5			
Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	–	0,5			
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	–	1			
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)		von	bis		
Luftwechsel	h ⁻¹	–	–		
Luftwechsel nur Luft	h ⁻¹	–	–		
Beleuchtung					
Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_{\text{m}}$	lx	300			
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m	0,8			
Minderungsfaktor k_{A}	–	0,93			
relative Abwesenheit C_{A}	–	0			
Raumindex k	–	2,5			
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_{t}	–	1			
Personenbelegung					
maximale Belegungsdichte		gering	mittel	hoch	
m ² je Person		6	5	4	
Interne Wärmequellen					
		Vollnutzungs- stunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)		
			tief	mittel	hoch
Personen (70 W je Person)		6	12	14	18
Arbeitshilfen		12	1	2	3
Wärmezufuhr je Tag ($q_{\text{l,p}} + q_{\text{l,fac}}$)	Wh/(m ² · d)	84	108	144	
Automationsgrad		D	C	B	A
Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K	0	0	-0,5	-1
Faktor adaptives Anheizen f_{adapt}	–	1	1	1,35	1,35

Abbildung 9: Nutzung 6 / A.6

Tabelle A.22 — Nutzung Gewerbliche und industrielle Hallen – schwere Arbeit

Gewerbliche und industrielle Hallen – schwere Arbeit, stehende Tätigkeit				Nr. 22	
Fertigung, Produktion, Montage					
Nutzungszeiten		von	bis		
tägliche Nutzungszeit	Uhr	7:00	16:00		
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a	230			
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	2018			
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	52			
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	16:00		
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	230			
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	16:00		
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)					
Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{\text{i,h,soll}}$	°C	15			
Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{\text{i,c,soll}}$	°C	28			
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{\text{i,h,min}}$	°C	15			
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{\text{i,c,max}}$	°C	30			
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{\text{i,NA}}$	K	4			
Feuchteanforderung	–	keine			
Mindestaußenluftvolumenstrom $\dot{V}_A$					
personenbezogen	m^3 je Stunde und Person	70			
flächenbezogen ^a	$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	-			
Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_{A \text{ Geb}}$	$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	-			
Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	–	a			
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	–	a			
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)		von	bis		
Luftwechsel (allgemein)	h^{-1}	–	–		
	h^{-1}	–	–		
Beleuchtung					
Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$	lx	300			
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m	0,8			
Minderungsfaktor k_A	–	0,85			
relative Abwesenheit C_A	–	0,1			
Raumindex k	–	2,5			
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	–	0,9			
Personenbelegung		gering	mittel	hoch	
maximale Belegungsdichte m^2 je Person		25	20	15	
Interne Wärmequellen		Vollnutzungs- stunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m^2)		
Personen (120 W je Person)		8	tief	mittel	hoch
Arbeitshilfen		8	5	6	8
Wärmezufuhr je Tag ($q_{\text{l,p}} + q_{\text{l,fac}}$)		25	25	35	45
	($\text{Wh}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	240	240	328	424
Automationsgrad		D	C	B	A
Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K	0	0	-0,5	-1
Faktor adaptives Anheizen f_{adapt}	–	1	1	1,35	1,35
^a Bedarfsabhängige Lüftungsstrategien sind in Abhängigkeit von produktions- und sicherheitstechnischen Aspekten individuell zu planen und festzulegen.					

^a Bedarfsabhängige Lüftungsstrategien sind in Abhängigkeit von produktions- und sicherheitstechnischen Aspekten individuell zu planen und festzulegen.

Abbildung 10: Nutzung 22.1 / A.22

Tabelle A.23 — Nutzung Gewerbliche und industrielle Hallen – mittelschwere Arbeit

Gewerbliche und industrielle Hallen – mittelschwere Arbeit, überwiegend stehende Tätigkeit Fertigung, Produktion, Montage			Nr. 23	
Nutzungszeiten			von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr		7:00	16:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a		230	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a		2018	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a		52	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr		6:00	16:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a		230	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr		6:00	16:00
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)				
Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{i,h,\text{soll}}$	°C		17	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{i,c,\text{soll}}$	°C		26	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{i,h,\text{min}}$	°C		15	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{i,c,\text{max}}$	°C		28	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{i,NA}$	K		4	
Feuchteanforderung	–		keine	
Mindestaußenluftvolumenstrom $\dot{V}_A$				
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person		50	
flächenbezogen ^a	m ³ /(h · m ²)		–	
Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_{A \text{ Geb}}$	m ³ /(h · m ²)		–	
Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	–		a	
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	–		a	
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)			von	bis
Luftwechsel (allgemein)	h ⁻¹		–	–
	h ⁻¹		–	–
Beleuchtung				
Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\overline{E}_m$	lx		400	
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m		0,8	
Minderungsfaktor k_A	–		0,85	
relative Abwesenheit C_A	–		0,1	
Raumindex k	–		2,5	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	–		0,9	
Personenbelegung		gering	mittel	hoch
maximale Belegungsdichte m ² je Person		25	20	15
Interne Wärmequellen		Vollnutzungsstunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)	
			tief	mittel
Personen (100 W je Person)		8	4	5
Arbeitshilfen		8	25	35
Wärmezufuhr je Tag ($q_{i,p} + q_{i,fac}$)	(Wh/m ² · d)		232	320
			416	
Automationsgrad		D	C	B
Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K	0	0	-0,5
Faktor adaptives Anheizen f_{adapt}	–	1	1	1,35
^a Bedarfsabhängige Lüftungsstrategien sind in Abhängigkeit von produktions- und sicherheitstechnischen Aspekten individuell zu planen und festzulegen.				

Abbildung 11: Nutzung 22.2 / A.23

Tabelle A.24 — Nutzung Gewerbliche und industrielle Hallen – leichte Arbeit

Gewerbliche und industrielle Hallen – leichte Arbeit, überwiegend sitzende Tätigkeit Fertigung, Produktion, Montage			Nr. 24	
Nutzungszeiten		von	bis	
tägliche Nutzungszeit	Uhr	7:00	16:00	
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a	230		
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	2018		
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	52		
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	16:00	
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{nn,a}}$	d/a	230		
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	16:00	
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)				
Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{i,h,\text{soll}}$	°C	20		
Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{i,c,\text{soll}}$	°C	24		
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{i,h,\text{min}}$	°C	18		
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{i,c,\text{max}}$	°C	26		
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{i,NA}$	K	4		
Feuchteanforderung	–	keine		
Mindestaußenluftvolumenstrom $\dot{V}_A$				
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person		30	
flächenbezogen ^a	m ³ /(h · m ²)		–	
Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_{A \text{ Geb}}$	m ³ /(h · m ²)		–	
Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	–		a	
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	–		a	
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)		von	bis	
Luftwechsel (allgemein)	h ⁻¹	–	–	
	h ⁻¹	–	–	
Beleuchtung				
Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$	lx	500		
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m	0,8		
Minderungsfaktor k_A	–	0,85		
relative Abwesenheit C_A	–	0,1		
Raumindex k	–	2,5		
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	–	0,9		
Personenbelegung		gering	mittel	hoch
maximale Belegungsdichte m ² je Person		25	20	15
Interne Wärmequellen		Vollnutzungs- stunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)	
			tief	mittel
Personen (80 W je Person)		8	3	4
Arbeitshilfen		8	25	35
Wärmezufuhr je Tag ($q_{i,p} + q_{i,fac}$)	(Wh/m ² · d)		224	312
			400	
Automationsgrad		D	C	B
Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K	0	0	-0,5
Faktor adaptives Anheizen f_{adapt}	–	1	1	1,35

^a Bedarfsabhängige Lüftungsstrategien sind in Abhängigkeit von produktions- und sicherheitstechnischen Aspekten individuell zu planen und festzulegen.

Abbildung 12: Nutzung 22.3 / A.24

Tabelle A.33 — Nutzung Turnhalle

Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)			Nr. 33	
Nutzungszeiten			von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr		8:00	23:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a		250	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a		2509	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a		1241	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr		6:00	23:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a		250	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr		6:00	23:00
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)				
Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{i,h,\text{soll}}$	°C		21	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{i,c,\text{soll}}$	°C		24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{i,h,\text{min}}$	°C		20	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{i,c,\text{max}}$	°C		26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{i,NA}$	K		4	
Feuchteanforderung	–		keine	
Mindestaußenluftvolumenstrom $\dot{V}_A$				
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person		60	
flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)		–	
Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_{A \text{ Geb}}$	m ³ /(h · m ²)		1,25	
Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	–		0,5	
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	–		0,9	
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)			von	bis
Luftwechsel	h ⁻¹		–	6
flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)		–	–
Beleuchtung				
Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$	lx		300	
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m		4 0	
Minderungsfaktor k_A	–		1	
relative Abwesenheit C_A	–		0,3	
Raumindex k	–		2	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	–		1	
Personenbelegung			gering	mittel
maximale Belegungsdichte m ² je Person			30	20
Interne Wärmequellen			Vollnutzungs- stunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)
Personen (125 W je Person)			10	4
Arbeitshilfen			0	0
Wärmezufuhr je Tag ($q_{l,p} + q_{l,fac}$)	Wh/(m ² · d)		40	60
Automationsgrad			D	C
Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K		0	0
Faktor adaptives Anheizen f_{adapt}	–		1	1

Abbildung 13: Nutzung 31 / A.33

Tabelle A.43 — Nutzung Lagerhallen, Logistikhallen

Lagerhallen, Logistikhallen				Nr. 43	
Nutzungszeiten		von	bis		
tägliche Nutzungszeit	Uhr	0:00	24:00		
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	d/a	365			
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	h/a	4407			
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	h/a	4353			
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	0:00	24:00		
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	365			
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	0:00	24:00		
Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)					
Raum-Solltemperatur Heizung $\theta_{\text{i,h,soll}}$	°C	12			
Raum-Solltemperatur Kühlung $\theta_{\text{i,c,soll}}$	°C	26			
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\theta_{\text{i,h,min}}$	°C	12			
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\theta_{\text{i,c,max}}$	°C	28			
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\theta_{\text{i,NA}}$	K	-			
Feuchteanforderung	—	keine			
Mindestaußenluftvolumenstrom $\dot{V}_A$					
personenbezogen	m ³ je Stunde und Person	36			
flächenbezogen	m ³ /(h · m ²)	1,0			
Mindestaußenluftvolumenstrom für Gebäude $\dot{V}_A \text{ Geb}$	m ³ /(h · m ²)	-			
Relative Abwesenheit RLT c_{RLT}	—	-			
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_{RLT}	—	-			
mechanischer Außenluftvolumenstrom (Praxis)		von	bis		
Luftwechsel (allgemein)	h ⁻¹	—	—		
	h ⁻¹	—	—		
Beleuchtung					
Wartungswert der Beleuchtungsstärke $\bar{E}_m$	lx	150			
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	m	0			
Minderungsfaktor k_A	—	1,0			
relative Abwesenheit c_A	—	0,6			
Raumindex k	—	2,4			
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	—	0,4			
Personenbelegung		gering	mittel	hoch	
maximale Belegungsdichte m ² je Person		—	—	—	
Interne Wärmequellen		Vollnutzungs- stunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m ²)		
			tief	mittel	hoch
Personen (90 W je Person)		—	—	—	—
Arbeitshilfen		—	—	—	—
Wärmezufuhr je Tag ($q_{\text{l,p}} + q_{\text{l,fac}}$)	(Wh/m ² · d)	—	—	—	—
Automationsgrad		D	C	B	A
Summand Automation $\Delta\theta_{\text{EMS}}$	K	0	0	-0,5	-1
Faktor adaptives Anheizen f_{adapt}	—	1	1	1,35	1,35

Abbildung 14: Nutzung 41 / A.43

