

Sebastian Hellmann

# Wärme- und Kälteerzeugung im öffentlichen Bereich durch die Gasmotor-Wärmepumpentechnik

*Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der VDI 2067*

**Hellmann, Sebastian: Wärme- und Kälteerzeugung im öffentlichen Bereich durch die Gasmotor-Wärmepumpentechnik: Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der VDI 2067, Hamburg, Diplomica Verlag GmbH 2018**

Buch-ISBN: 978-3-96146-635-1

PDF-eBook-ISBN: 978-3-96146-135-6

Druck/Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2018

Covergestaltung: Annelie Lamers

Dieses Werk ist eine korrigierte Neuauflage des 2014 veröffentlichten Buches „Die Gasmotor-Wärmepumpentechnik zur Wärme- und Kälteerzeugung im öffentlichen Bereich“.

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

---

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Diplomica Verlag GmbH, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Alle Rechte vorbehalten

© Diplomica Verlag GmbH

Hermannstal 119k, 22119 Hamburg

<http://www.diplomica-verlag.de>, Hamburg 2018

Printed in Germany

## **Kurzfassung**

In diesem Buch wurden gasmotorisch angetriebene Wärmepumpen als Wärme- bzw. Kälteerzeuger für den öffentlichen Bereich betrachtet. Dazu wurde eine Analyse und Bewertung des Gebäudebestandes in Mitteldeutschland vorgenommen. Recherchen zu maßgeblichen Vorschriften und Förderprogrammen der Länder wurden einbezogen. Für die betrachteten Gebäude wurden Wärme- und Kühlbedarfscharakteristika pragmatisch erhoben. Zu den gasmotorisch angetriebenen Wärmepumpen wurden detailliert der Aufbau des Systems, die Funktionsweise und eine Energiebilanzierung für den Heiz- und Kühlbetrieb betrachtet. Aufgezeigt und erläutert wurde die hydraulische Einbindung der gasmotorisch betriebenen Wärmepumpe. Auf die Steuerungs- und Regelungstechnik der einbezogenen Systeme wurde näher eingegangen. Für die Systemvarianten wurden die Wirtschaftlichkeit in Anlehnung der VDI 2067 und Umweltaspekte betrachtet. Zur Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse wurde ein Excel-Werkzeug entwickelt, um eine zeitnahe Bereitstellung von Entscheidungskriterien bereits in der Angebotsphase zu ermöglichen und auf diesem Wege eine Grundlage für zutreffende Entscheidungsfindungen zu schaffen.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Abkürzungsverzeichnis .....	XVI
Einleitung .....	19
<b>1. Abzuleitende Forderungen aus der Energieeinsparverordnung in Bezug auf öffentliche Einrichtungen .....</b>	<b>20</b>
1.1 Allgemeine Betrachtung.....	20
1.2 Aussagen zum Stand und der Umsetzung der EnEV bezogen auf den Bereich öffentlicher Einrichtungen in Deutschland .....	21
1.2.1 Umsetzung der EnEV 2009.....	21
1.2.2 Entwicklung im kommunalen Bereich.....	30
1.2.3 Sonderstellung von Kommunen nach dem EEWärmeG.....	31
1.2.4 Zusammengefasste Darstellung der vorstehenden Ausführungen .....	31
1.2.5 Schlussfolgerungen für den Einbezug entsprechender Technik...	32
1.2.6 Unternehmensbezogene Auswirkungen und Aspekte der EnEV aktuell und in Zukunft.....	34
1.3 Schlussfolgerungen für zukünftige Aufgaben auf dem Gebiet zur Beheizung oder Beheizung/Kühlung von Gebäuden mit dem Schwerpunkt öffentliche Gebäude bezogen auf die Länder Sachsen Anhalt und Thüringen .....	35
1.3.1 Aktueller Stand zur Umsetzung der EnEV.....	35
1.3.2 Anforderung zur Beheizung/Kühlung von öffentlichen Gebäuden für die Zukunft.....	44
1.4 Lösungsvarianten für die Beheizung und Beheizung/Kühlung von öffentlichen Ge-bäuden zur Realisierung der ermittelten Leistungsanforderungen .....	45
1.5 Darstellung der aus Punkt 1.4 resultierenden Leistungsanforderungen für das Unternehmen .....	50

<b>2. Fördermöglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz im öffentlichen Bereich unter Beachtung der EnEV .....</b>	<b>51</b>
2.1 Allgemeine Betrachtung.....	51
2.2 Grundsätzliche Förderungsziele .....	51
2.2.1 Geförderte Maßnahmen zur energieeffizienten Gebäudesanierung.....	52
2.2.2 Stand der Nutzung .....	52
2.2.3 Sicherung einer hohen Gebäudeenergieeffizienz unter Einbezug der optimalen Nutzung erneuerbarer Energien .....	53
2.3 Ermittlung der landesspezifischen Fördermöglichkeiten unterteilt nach Neu- und Bestandsgebäuden.....	53
2.3.1 Fördermöglichkeiten in Sachsen-Anhalt .....	53
2.3.2 Fördermöglichkeiten in Thüringen .....	59
2.4 Unternehmensbezogene Erkenntnisse aus der Nutzung bestehender Fördermöglichkeiten .....	63
2.4.1 Allgemeine Betrachtung .....	63
2.4.2 Bisher genutzte Fördermöglichkeiten .....	64
2.4.3 Mögliche Erweiterung der Anwendung bestehender Fördermöglichkeiten.....	64
2.4.4 Ausblicke.....	65
2.4.5 Fazit .....	65
<b>3. Entwicklung von Lösungswegen zur energieeffizienten Absicherung der Gebäudesanierung .....</b>	<b>66</b>
3.1 Leistungsbereiche für unterschiedliche Gebäudearten.....	67
3.2 Allgemeine Betrachtung zur nachfolgenden Technik.....	68
3.2.1 Kraft-Wärme-Kopplung.....	68
3.2.2 Kältemittel .....	69
3.2.3 Einteilung von Wärmepumpen .....	70
3.2.4 Gasnetzstruktur in Deutschland .....	71
3.2.5 Potenzial zur Nutzung des Erdgasnetzes als Energiespeicher .	71
3.2.6 Dimensionierungsrelevante Vorbetrachtungen .....	73
3.3 Gasmotor-Wärmepumpentechnik als Wassersystem.....	80
3.3.1 Gasmotor-Wärmepumpe.....	80

3.3.2	Aufbau des Wassersystems.....	97
3.3.3	Dimensionierung der Gesamtanlage .....	100
3.3.4	Anlagenkonzeption mit Steuerungs- und Regelungstechnik ...	111
3.3.5	Nutzbare Wärmequellen.....	117
3.3.6	Voraussetzungen für den Einsatz der Technik.....	119
3.3.7	Einbezogene Leistungsbereiche .....	121
3.3.8	Erreichbare Energieeffizienz .....	122
3.3.9	Klimaschutzaspekte .....	125
3.3.10	Kosten- und Aufwandsermittlung .....	126
3.4	Gasmotor-Wärmepumpentechnik mit so-larer Unterstützung.....	126
3.4.1	Gasmotor-Wärmepumpe.....	126
3.4.2	Bestandteile der thermischen Solaranlage.....	130
3.4.3	Einbezogene Leistungsbereiche .....	136
3.4.4	Dimensionierung der Gesamtanlage .....	137
3.4.5	Anlagenkonzeption mit Steuerungs- und Regelungstechnik ...	144
3.4.6	Erreichbare Energieeffizienz .....	146
3.4.7	Klimaschutzaspekte .....	146
3.4.8	Kosten- u. Aufwandsermittlung .....	146
3.5	Einsatz eines BHKW bzw. einer BHKW-/Absorptionskälteanlage .	147
3.5.1	Absorptionskälteanlage .....	147
3.5.2	Blockheizkraftwerk .....	153
3.5.3	Dimensionierung der Gesamtanlage .....	159
3.5.4	Anlagenkonzeption mit Steuerungs- und Regelungstechnik ...	165
3.5.5	Klimaschutzaspekte .....	169
3.5.6	Kosten- u. Aufwandsermittlung .....	169
<b>4.</b>	<b>Entwicklung eines rechnergestützten Excel-Werkzeuges</b>	
	<b>zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067, der unter</b>	
	<b>Punkt 3 entwickelten Lösungswege.....</b>	<b>171</b>
4.1	Entwicklung eines rechnergestützten Excel-Werkzeuges zur	
	Ein- und Ausgabe der einzubeziehenden Daten .....	171
4.2	Vorstellung des Inhalts des Excel-Werkzeuges.....	172
4.3	Darstellung der Ausgangsparameter zum Energiebezug .....	173
4.3.1	Erfordernis an die BWW-Erzeugung .....	173

4.3.2	Abstimmung der Klimaparameter in Bezugnahme auf den Objektstandort.....	174
4.3.3	Anforderung an den Wärme- und Kältebedarf.....	175
4.3.4	Einbezogene Anlagenkonfigurationen.....	178
4.3.5	Anlagenbezogene Betrachtung der Bedarfsdeckung .....	187
4.3.6	Ermittlung der Effizienz der einbezogenen Anlagentechnik ....	189
4.3.7	Umweltseitige Betrachtungen zur einbezogenen Anlagentechnik.....	191
4.4	Anwendung des rechnergestützten Excel-Werkzeuges zur Wirtschaftlichkeits-betrachtung.....	193
4.4.1	Einbezogene Gebäudekonfiguration .....	193
4.4.2	Betrachtete Randbedingungen.....	193
4.4.3	Beispielrechnung.....	195
4.5	Wirtschaftlichkeitsvergleich der betrachteten Lösungswege.....	202
<b>5.</b>	<b>Schlussfolgerungen für praxisbezogene Anwendungen zu den unter Punkt 4 gewonnenen Erkenntnissen .....</b>	<b>206</b>
5.1	Leistungsspektrum des entwickelten Excel-Werkzeuges .....	206
5.2	Eingabegrenzen des entwickelten Excel-Werkzeuges .....	206
5.3	Anwendungsvorschlag für das Excel-Werkzeug im Unternehmen ..	207
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>208</b>
6.1	Zusammenfassung des angefertigten Buches.....	208
6.2	Schlussfolgerungen .....	210
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>XIX</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Zusammensetzung der genutzten Immobilien des Landes Thüringen in %; [12].	39
Bild 2:	Übersicht der verbrauchten Wärmemengen der eingesetzten Energieträger in %; [12].	40
Bild 3:	Bevölkerungsprognose Sachsen-Anhalt von 2008 linksseitig bis 2025 rechtsseitig; [29].	66
Bild 4:	Kältemittel getrennt nach organisch und anorganisch [32].	70
Bild 5:	Ermittlung der Heizgrenztemperatur.	75
Bild 6:	Heizleistung des Erzeugers und die zu erwartende Anzahl der jährlichen Vollbenutzungsstunden.	76
Bild 7:	Kühlleistung des Erzeugers und die zu erwartende Anzahl der jährlichen Betriebsstunden.	77
Bild 8:	ALSIN Gasmotorwärmepumpen Außeneinheit [43].	81
Bild 9:	Innenansicht der GMWP mit Riemen und Magnetkupplung [43].	82
Bild 10:	Funktionsprinzip des Gasmotorwärmepumpensystems für die Heiz- und Kühlanwendung [46].	84
Bild 11:	Das Funktionsprinzip im Heizmodus getrennt nach GMWP und Prozessablauf im Gebäude.	85
Bild 12:	Prozessverlauf der Gasmotor-Wärmepumpe im Heizmodus mit dem Kältemittel R 410A.	86
Bild 13:	Das Funktionsprinzip im Kühlmodus getrennt nach GMWP und Prozessablauf im Gebäude.	92
Bild 14:	Prozessverlauf im log(p)h-Diagramm der GMWP im Kühlmodus für das Kältemittel R 410A.	93
Bild 15:	Schematische Darstellung einer Gasmotor-Wärmepumpe im Wassersystem.	99
Bild 16:	Hydraulikmodul YOSHI AWS mit innenliegendem Wärmeübertrager und Pumpe [43].	100
Bild 17:	Nennleistungs- und Gasaufnahmeleistungsentwicklung der GMWP und des Übertragungsmoduls YOSHI AWS [43].	103
Bild 18:	Effizienzdarstellung der GMWP mit Übertragerstation YOSHI AWS nach festgelegten Außentemperaturen [43].	104



Bild 19:	Heizleistung des Erzeugers und die zu erwartenden Anzahl an Jahresbetriebssunden unter Einbezug der Brauchwarmwassererzeugung. ....	109
Bild 20:	Vollbenutzungsstunden der GMWP und die jährliche Laufzeit des Brennwertgeräts im Heizbetrieb. ....	110
Bild 21:	Zu erwartende Vollbenutzungsstunden der GMWP im Kühlbetrieb. ....	111
Bild 22:	Linearer Verlauf der Sollwerttemperatur zum übertragenen Stromsignal für DDC. ....	115
Bild 23:	Anlagenschema zur Beheizung, Kühlung und Brauchwarmwassererzeugung. ....	116
Bild 24:	Modifizierte Gasmotor-Wärmepumpe ohne Verkleidung [43]. ....	118
Bild 25:	Modifizierte Gasmotor-Wärmepumpen in Kaskade verschalten [43]. ....	118
Bild 26:	Heizen und Kühlen der Rossmann-Hauptverwaltung mit der modifizierten Gasmotor-Wärmepumpe [43]. ....	119
Bild 27:	GMWP-Kaskade zur Klimatisierung einer Kirche in Korea [43]. ....	122
Bild 28:	Schematische Darstellung des Luft-/Wasser GMWP-Systems mit solarer Heizungs-unterstützung. ....	127
Bild 29:	Schemenhafte Darstellung des Luft-/Wasser GMWP-Systems zur solaren Heizungs-unterstützung und Kühlung. ....	129
Bild 30:	Auswirkung der Neigung von Solarkollektoren auf den Ertrag. ....	133
Bild 31:	Solarer Energieertrag im Verhältnis zum Warmwasser- und Heizbedarf. ....	135
Bild 32:	Nutzung des solaren Energieertrages in der Übergangszeit zur Heizungsunterstützung. ....	136
Bild 33:	Arithmetisches Mittel aus der Globalstrahlung der Jahre 2005 bis 2006. ....	137
Bild 34:	Wirkungsgradvergleich verschiedener Hersteller von Sonnenkollektoren [56]. ....	141
Bild 35:	Erforderlicher herstellerbezogener Kollektor-Apertur-Flächenbedarf in Abhängigkeit von dem Deckungsgrad [56]. ....	142
Bild 36:	Anlagenschema zur solargestützten Beheizung, Brauchwarmwassererzeugung und Kühlung. ....	145
Bild 37:	Funktionsprinzip der Absorptionswärmepumpe. ....	148
Bild 38:	Gas-Absorptionsgerät des Herstellers Robur, [57]. ....	149

Bild 39:	Darstellung des BHKW-Prozesses .....	155
Bild 40:	Jahresdauerlinie des Wärmebedarfes aus Beheizung/Kühlung und BWW-Erzeugung und darin integriertem BHKW zur Grundlastabdeckung. ....	162
Bild 41:	Anlagenschema zur Beheizung, Kühlung und Brauchwarmwassererzeugung. ....	167
Bild 42:	Alternatives Anlagenschema zur Beheizung, Kühlung und Brauchwarmwassererzeugung. ....	168
Bild 43:	Deckblatt des Excel-Werkzeuges zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. ....	172
Bild 44:	Darstellung des Inhaltsverzeichnisses „Inhalt“ des Excel-Werkzeuges. ....	173
Bild 45:	Erreichbare Vollaststunden pro Jahr bei Einsatz der GMWP AXGP 224/Buderus GB162-35 als Wandgerät.....	182
Bild 46:	Erreichbare Vollaststunden pro Jahr bei Einsatz der GMWP AXGP 224 .....	185
Bild 47:	Ergebnis der energetischen Bilanzierung. ....	191
Bild 48:	Ergebnis der CO <sub>2</sub> -Bilanzierung. ....	193
Bild 49:	Abbildung der Kostenverteilung pro Jahr zur Beispielrechnung der betrachteten Anlagenvarianten. ....	205
Bild 50:	Abbildung der Gestehungskosten unter Einbezug veränderter Einspeisemengen der elektrischen Energie.....	205

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Tabellenausschnitt der analysierten Gebäudearten. ....	49
Tab. 2:	Ermittelte Leistungsbereiche nach Gebäudearten.....	68
Tab. 3:	Monatliche End- und Nutzenergieverbräuche eines Alten- und Pflegeheims.....	74
Tab. 4:	Entnahmestellen nach DIN 4708, Teil 2 und deren Energiebedarfe.....	78
Tab. 5:	Ermittlung der gesamten Brauchwarmwasser-Zapfstellenmenge pro Tag.....	78
Tab. 6:	Berechnungsparameter und Ergebnisse aus dem Programm Solkane 7.0.0 für R410A.....	87
Tab. 7:	Ausgabe des Programmes Solkane 7.0.0 für R410A im Kühlmodus. ....	94
Tab. 8:	Leistungsstufen des Hydraulikmoduls nach der Außentemperatur. ....	101
Tab. 9:	Messwerte der GMWP und dem Hydraulikmodul AISIN AWS inkl. der Motorabwärme.....	102
Tab. 10:	Einzuhaltende Parameter zwischen der GMWP und der Übertragungsstation.....	106
Tab. 11:	Leitungsdimension zwischen AISIN GMWP und Hydraulikmodul AWS YOSHI.....	107
Tab. 12:	Ergebnisse der Berechnung der Pufferspeichergröße heizen und kühlen auf der Grundlage einer optimierten Mindestlaufzeit der GMWP. ....	109
Tab. 13:	Voreingestellte Rücklauf-Temperatursollwerte im Heiz- und Kühlmodus. ....	114
Tab. 14:	Parameter und berechnetes Ergebnis für den Schalldruckpegel.....	120
Tab. 15:	Verschiedene Schallquellen aus der menschlichen Umgebung und deren Schallemission.....	121
Tab. 16:	Ermittlung der monatlichen Globalstrahlung.....	138
Tab. 17:	Ermittlung des Wirkungsgrades des Sonnenkollektortyps E20 Carla in Abhängigkeit von der Ein- u. Austrittstemperatur.....	140
Tab. 18:	Parameter und Ergebnis der solaren Pufferspeicherauslegung zur BWW-Erzeugung und Heizungsunterstützung.....	143

Tab. 19:	Ermittlung der Bedarfskennzahl nach DIN 4708 Teil 2.....	174
Tab. 20:	Eingabefelder für die mittlere tägliche Lufttemperatur pro Monat..	175
Tab. 21:	Eingabefelder der einzusetzenden Temperaturen.....	175
Tab. 22:	Eingabe der BWW-Leistung im Tabellenblatt „BWW-Bedarf“ . .....	176
Tab. 23:	Tabelle mit gemessenen Gasverbräuchen für Beheizung/BWW..	177
Tab. 24:	Tabelle mit gemessenen Erdgasverbräuchen für den Kühlfall. ....	177
Tab. 25:	Eingabefelder des Heiz- und Brennwertes der vorliegenden Energieträger.....	178
Tab. 26:	Eingabefelder des Nutzungsgrades einer Bestandsanlage nach Wärme und Kälte getrennt. ....	178
Tab. 27:	Trennung des Nutzenergiebedarfes nach Verbrauchsanteil unabhängig von Außentemperatur und Heizenergiebedarf.....	179
Tab. 28:	Schaltflächen zur Wahl des Energieträgers.....	179
Tab. 29:	Schaltflächen der auswählbaren Grundlastzeuger und des Spitzenlastzeugers.....	181
Tab. 30:	Darstellung des Kältenutzenergiebedarfes.....	183
Tab. 31:	Schaltflächen zur Wahl des Energieträgers.....	183
Tab. 32:	Schaltflächen der auswählbaren Grundlastzeuger und des Spitzenlastzeugers.....	184
Tab. 33:	Auszug aus dem Excel-Werkzeug des Tabellenblattes „Anlagentechnik“ . .....	186
Tab. 34:	Eingabefelder für Energie- und Strompreis.....	187
Tab. 35:	Eingabefelder der WRG-Leistung der eingesetzten GMWP. ....	187
Tab. 36:	Trennung der Energien der eingesetzten Erzeuger.....	188
Tab. 37:	Ergebnisse der zuvor genannten Berechnungsschritte.....	189
Tab. 38:	Tabellenblatt „Effizienz“ . .....	190
Tab. 39:	Parameter im Tabellenblatt „Wirtschaftlichkeit“.....	194
Tab. 40:	Betrachtete Anlagenvarianten der Wirtschaftlichkeit nach Farben gegliedert. ....	195
Tab. 41:	Zinsbildung Nutzungsdauer und Annuitätenfaktor im Tabellenblatt „Wirtschaftlichkeit“ . .....	196
Tab. 42:	Übersicht der gewählten Faktoren. ....	197
Tab. 43:	Übersicht der angesetzten Energiepreise.....	197

Tab. 44:	Aus dem Blatt „Bedarfsdeckung“ übernommene Energien. ....	197
Tab. 45:	Excel-Übersicht der Ergebnisse zur angefertigten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. ....	203
Tab. 46:	Gesamtübersicht „Wirtschaftlichkeit“ .....	204

## Abkürzungsverzeichnis

GWMP	Gasmotorwärmepumpe
SKVP	Speicher- Kondensator- Verdampfer- Pumpenstation
GHP	Gas Heat Pump
LB	Landesbürgschaft
RLT	Raumluftechnisches Gerät
EU	Europa
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnEG	Energieeinspargesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
DIN	Deutsches Institut für Normung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
U-Wert	Wärmdurchgangskoeffizient
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
EE	Erneuerbare Energien
dena	Deutsche-Energie-Agentur
WRG	Wärmerückgewinnung
RLT	Raumluftechnische Geräte
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
H <sub>2</sub> O	Wasser
BHKW	Blockheizkraftwerk
lena	Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH
TheGA	Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur
ThCM	Thüringer Cluster Management

THÜLIMA	Thüringer Liegenschaftsmanagement
IT	Informationstechnik
ZBÜ	Zentrale Betriebsüberwachung
EMIS	Energie- und Medien-Informations-System
EEG-Umlage	Erneuerbare-Energien-Gesetzes-Umlage
TU	Technische Universität
DWD	Deutscher Wetterdienst
G <sub>K</sub>	Kühlgradstunden
MAP	Marktanreizprogramm
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
eea	European Energy Award
AG	Aktiengesellschaft
GmbH	Gemeinschaft mit beschränkter Haftung
WE	Wohneinheiten
WEA	Wärmeerzeugungsanlage
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BAFA	Bundesministerium für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
ORC	Organic Rankie Cycle
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
PtG	Power-to-Gas
BWW	Brauchwarmwasser
COP	Coefficient of Performance





## Einleitung

Die begrenzte Verfügbarkeit an fossilen Energieträgern erfordert vordringlich dem Einsatz erneuerbarer Energien, ein besonderes Augenmerk zu widmen. Diese Forderung geht einher mit der wachsenden Umweltbelastung und dem zu erwartenden weiteren Anstieg der Weltbevölkerung.

Als Grundlage für die weitere Erschließung erneuerbarer Energieträger wurden in Deutschland entsprechende Gesetze und Verordnungen erlassen. Schwerpunkt bilden dabei die Energieeinsparverordnung (2009) und das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz.

Die bisher erreichten Ergebnisse bezüglich der Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen, zur verstärkten Nutzung regenerativer Energieträger, entsprechen noch nicht den vorgegebenen Zielstellungen.

Dies liegt einerseits an der teilweise bestehenden Unkenntnis hinsichtlich der erreichbaren Effizienz- und Wirtschaftlichkeitskriterien und der daraus resultierenden zurückhaltenden Investitionsbereitschaft.

Das vorliegende Buch soll dazu dienen, die bestehenden gesetzlichen Grundlagen und spezifischen Verordnungen zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger, für den Bereich der Sanierung von öffentlichen Gebäuden aufzuzeigen und Lösungswege zur Umsetzung darzustellen. Durch Betrachtung von effizienz-, wirtschaftlichkeits- und umweltseitigen Kriterien sollen Grundlagen zur Entscheidungsfindung aufgezeigt werden.

Zur Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse ist ein Excel-Werkzeug zu entwickeln, um eine zeitnahe Bereitstellung von Entscheidungskriterien bereits in der Angebotsphase zu ermöglichen und auf diesem Wege eine Grundlage für zutreffende Entscheidungsfindungen zu schaffen.

# **1. Abzuleitende Forderungen aus der Energieeinsparverordnung in Bezug auf öffentliche Einrichtungen**

## **1.1 Allgemeine Betrachtung**

Die Energieeinsparverordnung 2009 basiert auf Forderungen für die Bereiche Klimaschutz, Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Zudem sind für den Bereich der EU bis zum Jahr 2020 eine Reduktion der Treibhausgase, sowie die Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energien vorgesehen.

Die Energieeinsparverordnung ist ein Teil des deutschen Verwaltungswirtschaftsrechts. In der EnEV sind vom dem Verordnungsgeber auf rechtlicher Grundlage der Ermächtigung durch das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) für Bauherren bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergieverbrauch des Gebäudes oder Bauprojektes vorgeschrieben [1], [2].

Dabei ist vorgesehen die EnEV in bestimmten Abständen anzupassen. Zudem sind die vorhandenen wirtschaftlich nutzbaren Potentiale, für eine Verbesserung von Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien für den Gebäudebestand und den folgenden Neubauten umzusetzen. In diesem Entwicklungsverlauf werden stufenweise die energetischen Anforderungen dem Stand der Technik und der sich wandelnden Energiepreise angeglichen [1].

Neben der EnEV soll auch das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) seit dem 1. Januar 2009 dazu beitragen, dass die Ziele des Integrierten-Energie- und Klimaprogramms (IEKP) erreicht werden, worauf noch näher eingegangen wird [3], [4].

## **1.2 Aussagen zum Stand und der Umsetzung der EnEV bezogen auf den Bereich öffentlicher Einrichtungen in Deutschland**

### **1.2.1 Umsetzung der EnEV 2009**

Mit der Novellierung der EnEV im Jahre 2009 erfolgte eine erste Anpassung zur Angleichung an die gestiegenen Anforderungen zur effizienteren Nutzung der Ressourcen im Energiesektor.

Dabei wurde die Jahres-Primärenergiebedarfsforderung für Neu- und Bestandsgebäude um etwa 30 Prozent gesenkt. Im Bereich Wärmedämmung ist eine energetische Erhöhung der Anforderung um 15 % bei Neubauten festgeschrieben. Bei bestehenden Gebäuden wurde für die äußeren Bauteile, welche eine bauliche Veränderung von mind. 10 % erfahren, die energetischen Anforderungen um 30 % erhöht. Nicht genutzte Dachbereiche sind von anliegenden Wohnbereichen mit Wärmedämmung bis Ende 2011 zu isolieren. Ausnahmen bestehen bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit einem Einzugsdatum vor dem 01.02.2002. Kontrollen werden in diesem Bereich nicht durchgeführt. Bereits bestehende Klimaanlage, welche der Raumluftbe- und entfeuchten dienen, sind mit einer automatischen Regelung auszustatten. Nachtspeicherheizungen sind aus den Gebäuden bis zum Jahr 2020 zu entfernen und durch effizientere Technik zu ersetzen. Es ist eine Unternehmererklärung eingeführt wurden, die den Vollzug von erledigten Tätigkeiten am Gebäude durch Ausstellung eines Nachweises regelt. Der Schornsteinfeger hat die bestehende Anlagentechnik im Rahmen der Feuerstättenschau zu begutachten und auf Einhaltung der EnEV bei Maßnahmen zu achten. Es gelten einheitliche Bußgeldvorschriften, bei Verstoß gegen Vorschriften der EnEV, bei Erstellung eines Energieausweises werden falsche Angaben geahndet [1].

#### **1.2.1.1 Integriertes Energie- und Klimaprogramm (IEKP)**

Im August 2007 wurde in Meseberg von der Bundesregierung ein Klimaabkommen in Kraft gesetzt, das integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP), in dessen Rahmen 29 Einzelmaßnahmen bis zum Jahr 2020 umge-

setzt werden sollen. Zu diesen Einzelmaßnahmen gehören die EnEV und das EEWärmeG [1], [3], [4].

#### **1.2.1.2 Definition von Nicht-Wohngebäuden nach der EnEV**

Gebäude die einer geringen oder keiner Wohnnutzung unterliegen und bei denen die Nutzung im Gebäude variiert, gelten als Nicht-Wohngebäude. Die energetische Bewertung erfolgt auf der Berechnungsgrundlage der DIN V 18599, Mehrzonenmodell. Beispiele für die Nicht-Wohngebäude sind Lagerhäuser, Geschäftsgebäude, Verwaltungsgebäude, Hotels, Gaststätten, Schulgebäude, Vereinshäuser, Krankenhäuser, Gebäude für öffentliche Veranstaltungen, Gewerbebetriebe, Verkaufsstätten, Turnhallen, Bibliotheken usw. [1].

#### **1.2.1.3 Definition von Wohngebäuden nach EnEV**

Als Wohngebäude werden Gebäude bezeichnet, die nach ihrer Bestimmung überwiegend zum Wohnen genutzt werden wie, Wohngebäude, Ferienhäuser, Wohn- und Seniorenheime.

Die Bewertung der Wohngebäude ist unter der Verwendung eines Einzonenmodells, unter der Voraussetzung einer sich nicht ändernden Nutzung, durchzuführen [1].

#### **1.2.1.4 Wesentliche Änderungen der EnEV 2014**

Im Rahmen der EnEV 2014 sind wesentliche Änderungen geplant. Für Neubauten soll der Primärenergiebedarf in zwei Stufen herabgesenkt werden. Dementsprechend ist im Jahre 2014 eine Senkung um 12,5 % und ab 2016 um 12,5 % vorgesehen. Der nächste Ansatzpunkt zielt auf die Erhöhung der Mindestqualität der Gebäudehülle bei Neubauten ab, wobei der  $H_T$ /mittlere U-Wert bei den unterschiedlichen Gebäudetypen um 5 - 20 % verändert wird. Bei der Sanierung von Außenbauteilen bestehender Gebäude wird keine Veränderung vorgenommen. Die Außentür dagegen darf bei

Ersatz den vorgegebenen U-Wert von  $1,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  nicht überschreiten. Energieausweise von Neubauten sind in Zukunft von den jeweiligen Bundesländern stichprobenhaft auf Korrektheit zu überprüfen. Des Weiteren ist vorgesehen den Bericht über die bereits festgelegte Inspektion der Klimaanlage von den zuständigen Behörden einer regelmäßigen Kontrolle zu unterziehen. Das Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude wird ergänzt mit einer vereinfachten Variante, dem Modellgebäudeverfahren mit der Bezeichnung EnEV Easy [5].

Im weiteren Entwicklungsverlauf der EnEV wird bis zum Jahr 2050 ein beinahe klimaneutraler Gebäudebestand angestrebt, wie es schon im Jahr 1997 im Kyoto Protokoll festgehalten wurde.

#### **1.2.1.5 Anforderung der EnEV 2009 aus energetischer Sicht**

Die Anforderungen gelten für Wohn-, Büro-, gewisse Betriebsgebäude und öffentliche Einrichtungen, dabei wird nach Wohn- und Nicht-Wohngebäude unterschieden. Die Qualität eines bestehenden sanierten oder neu gebauten Gebäudes ist im Energieausweis aufzuzeigen.

Daraus resultiert die Aufgabe, die Gebäude aus energetischer Sicht effizient und damit gleichzeitig umweltentlastend zu gestalten. Damit soll gleichzeitig eine Reduzierung der Belastungen aus der erwartenden weiteren Energiepreissteigerung erreicht werden. Erneuerbare Energien liefern dafür in unbegrenztem Maße die Grundlage. Deutschland ist hochtechnisiert und in vielen Branchen Marktführer, liefert somit dafür das optimale Know-how.

Die fossilen Energieträger sind begrenzt verfügbar und sollten daher so effizient wie möglich eingesetzt werden. Da unbedingt auf die folgenden Generationen geblickt werden muss, sollte jeder ein gewisses Bewusstsein im Umgang mit fossilen Energieträgern entwickeln. Zur Umsetzung dieser Grundforderung werden die Bauherren laut EnEV in die Pflicht genommen, zur Minderung der damit verbundenen hohen Aufwendung werden finanzielle Reize gewährt. Als Vorteilhaft werden der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern wie Sonne, Wind, Wasser usw. eingestuft.

#### **1.2.1.6 Sonderstellung von definierten Gebäuden nach der EnEV**

Darunter fallen spezielle Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen.

#### **1.2.1.7 Anforderungen an Wohngebäude nach § 3 der EnEV 2009**

Nach (1) ist die Ausführung der Wohngebäude so zu organisieren, dass der Jahresprimärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung und Lüftung gegenüber einem Referenzgebäude mit gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung den Anforderungen nach Anlage 1 Tabelle 1 nicht überschreitet.

Der Höchstwert nach (2) des spezifischen Transmissionswärmeverlusts, für die wärmeübertragenden Umfassungsflächen des Gebäudes darf nach Anlage 1 Tabelle 2 nicht überschritten werden (von 0,40 - 0,65 W/(m<sup>2</sup>/K)).

Für ein Wohngebäude nach (3) und das Referenzgebäude ist die Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfes nach dem gleichen Berechnungsverfahren umzusetzen.

Der sommerliche Wärmeschutz ist nach (4) einzuhalten.

#### **1.2.1.8 Anforderungen an Nichtwohngebäude nach § 4 der EnEV 2009**

Nach (1) ist der Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten des zu errichtenden Nichtwohngebäudes so auszulegen, dass die technischen Parameter nach Anlage 1 Tabelle 2 für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung vorgegebene Werte nicht überschreiten.

Gemäß (2) sind weiterhin die nach Anlage 2 Tabelle 2 aufgeführten mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche einzuhalten.