NIEDRIGSTENERGIEGEBÄUDE IN SACHSEN

EMPFEHLUNGEN ZUR SICHERSTELLUNG DER ENERGETISCHEN QUALITÄT ZUKÜNFTIGER WOHNBAUTEN

Ergebnisse einer messtechnischen Evaluierung



MACH MIT.
BAU NACHHALTIG.
Energieeffizientes Bauen in Sachsen

saena
Sächsische Energieagentur GmbH

Haftungsausschluss

Der Inhalt ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Texte bzw. Darstellungen und für Vollständigkeit. Aufgezeigte Abbildungen stellen keine Hersteller- und Qualitätsauswahl dar. Diese Broschüre stellt keine Planungs- oder Rechtsgrundlage dar. Der Inhalt gibt Empfehlungen für die Sicherstellung der energetischen Qualität zukünftiger Wohnbauten für die Planung, Bauausführung und den Betrieb.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitende Grundlagen 4

1.1 Hintergrund 4
1.2 Energieeffiziente Gebäudekonzepte 6
1.3 Niedrigstenergiegebäude – umgesetzte Beispiele in Sachsen 9

2 Messprojekt „Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“ 10

2.1 Ziele 10
2.2 Umsetzung 10
2.3 Untersuchung und Optimierung der thermischen Gebäudehülle 12
2.4 Untersuchung und Optimierung der Energieeffizienz technischer Anlagen 19
2.5 Bewertung der Gebäudeenergieeffizienz 33

3 Empfehlungen zur Sicherstellung der energetischen Qualität zukünftiger Wohnbauten 36

3.1 Allgemeine Empfehlungen 36
3.2 Spezifische Empfehlungen 41

4 Begriffe, Impressum 44

1 Einleitende Grundlagen und Informationen

1.1 Hintergrund

Die europäische Union strebt die Entwicklung eines nachhaltigen, wettbewerbsfähigen, sicheren und dekarbonisierten Energiesystems bis 2050 an. Mit der Energieunion und dem energie- und klimapolitischen Rahmen für die Zeit bis 2030 setzt sich die Union ehrgeizige Ziele zur weiteren Verringerung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % bis 2030 im Vergleich zu 1990, zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Energieverbrauch, zu Energieeinsparungen in Höhe der Vorgaben auf Unionsebene und zur Verbesserung der Energieversorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit in Europa. Hierfür sollen die Mitgliedstaaten ein rentables Gleichgewicht zwischen einer Dekarbonisierung der Energieversorgung und der Reduzierung des Endenergieverbrauchs anstreben, vor allem auch im Gebäudesektor. Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union haben deshalb mit den EU-Richtlinien 2010/31/EU und 2018/844 für alle europäischen Mitgliedsstaaten die Einführung eines Niedrigstenergiegebäude-Niveaus für alle Neubauten ab 2021 verbindlich festgelegt. Für behördlich genutzte Bauten bereits zwei Jahre früher.

„Niedrigstenergiegebäude" sind Gebäude, die eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweisen. Zudem sollte ein bei Null liegender oder sehr geringer Energiebedarf 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.

Wie hoch die Gesamtenergieeffizienz eines Niedrigstenergiegebäudes sein muss, ist gemäß genannter EU-Richtlinien durch die einzelnen Mitgliedstaaten unter Berücksichtigung eines kostenoptimalen Niveaus – sprich der Wirtschaftlichkeit, selbst festzulegen. Für Deutschland wurde dieser „neue" Gebäudeenergieeffizienzstandard noch nicht (Redaktionsschluss Dezember 2018) offiziell festgelegt bzw. eingeführt. Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ist anhand der berechneten oder tatsächlichen Energiemengen zu bestimmen, die jährlich verbraucht werden, um den Energiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung und Kühlung zu decken.



Abb. 1 Einfamilienhaus in der ersten deutschen Effizienzhaus Plus-Siedlung in Hügelshart (Bayern). Weitere Informationen unter www.effizienzhausplussiedlung.de



Abb. 2 Nutzung von Solarenergie bei Altbauten in Freiberg

Um die europäischen Klimaschutzziele zu erreichen, muss eine beträchtliche Verringerung des CO_2-Ausstoßes (Dekarbonisierung) im Gebäudebereich erfolgen, vor allem im Gebäudebestand. Dafür soll gemäß der EU jeder Mitgliedstaat bis 2050 eine langfristige Renovierungsstrategie zur Unterstützung der Renovierung des nationalen Bestands sowohl an öffentlichen als auch privaten Wohn- und Nichtwohngebäuden in einen in hohem Maße energieeffizienten und dekarbonisierten Gebäudebestand festlegen, wodurch der kosteneffiziente Umbau bestehender Gebäude in Niedrigstenergiegebäude erleichtert werden soll. Des Weiteren sollten sich die Mitgliedstaaten bei neuen Gebäuden und Gebäuden die einer größeren Renovierung unterzogen werden für hocheffiziente alternative Systeme einsetzen, sofern dies technisch, funktionell und wirtschaftlich realisierbar ist.

Die deutsche Bundesregierung hat verschiedene Konzepte, Studien und Programme veröffentlicht, wie die zukünftige Energieversorgung für Deutschland aussehen und eine wirtschaftlich, nachhaltige Wohnungsbauoffensive ausgeführt werden kann.

Der Freistaat Sachsen setzt sich für eine verantwortungsbewusste, kontinuierliche, wirtschafts- und umweltorientierte Weiterentwicklung des Energiesystems ein. Eine zuverlässige Energieversorgung und eine gesunde Umwelt sind wesentliche Voraussetzungen für das Funktionieren der Wirtschaft und für die Lebensqualität in Sachsen. Der Umbau der Energiewirtschaft und die Anpassung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturen an den prognostizierten Klimawandel sind Aufgaben, die weit in die Zukunft reichen. Die Sächsische Energieagentur unterstützt den Freistaat bei der Umsetzung klimapolitischer Aufgaben, besonders bei der Umsetzung des „Aktionsplans Klima und Energie".

Im Freistaat Sachsen wurden in den letzten Jahren viele Energieeffizienzmaßnahmen an privaten, kommunalen und öffentlichen Gebäuden durchgeführt und mit Landesförderprogrammen unterstützt. Dadurch konnten bereits sehr viele Niedrigenergiehäuser bzw. Passivhäuser errichtet werden. Aber auch hocheffiziente Sanierungen mit Passivhauskomponenten oder Solarthermiehauskonzepte wurden bei Wohn- und Nichtwohngebäuden mehrfach umgesetzt.

1.2 Energieeffiziente Gebäudekonzepte

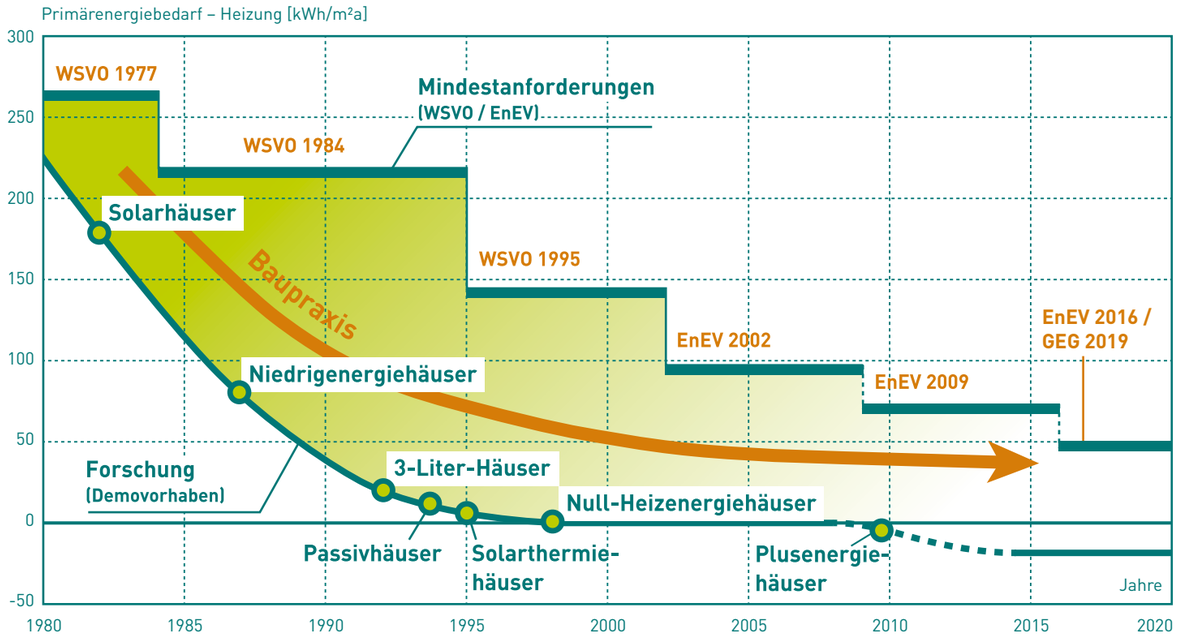
In den letzten Jahrzehnten ist in Deutschland eine Vielzahl an energieeffizienten Gebäudekonzepten entstanden und wurden auch stetig weiterentwickelt. Auslöser für die Entstehung erster energieeinsparender Gebäudekonzepte war die erste Ölkrise von 1973 und die darauf folgenden energiesparrechtlichen Vorgaben – wie die Wärmeschutzverordnung (WSVO), später die Energieeinsparverordnung (EnEV). Die Zielsetzung aller Konzepte ist und war aber immer die gleiche – eine Reduzierung des gesamten Energieverbrauchs und die aktive oder passive Nutzung von erneuerbaren Energien. Dadurch konnte der Endenergiebedarf der Gebäude und somit auch Primärenergiebedarf inklusive der Erzeugungs-, Umwandlungs-, und Transportverlustenergie wesentlich reduziert werden. Heutzutage gehören sogenannte „Plusenergiehäuser" zu einem oft umgesetzten energetischen Standard für hocheffiziente Gebäude.

Die wesentlichsten Gebäudekonzepte bzw. Begriffe werden nachfolgend kurz beschrieben.

Niedrigstenergiegebäude
Der Begriff „Niedrigstenergiegebäude" entstand durch die deutsche Übersetzung des englischen Begriffes „Nero-Zero-Energy-Building" aus der europäischen Gebäuderichtlinie – 2010/31/EU. Damit sind Gebäude gemeint, die eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweisen. Zudem sollte ein bei Null liegender oder sehr geringer Energiebedarf 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.

Niedrigenergiehaus
Der Begriff ist eher umgangssprachlich entstanden. Er bezeichnet keine konkrete Bauweise, Bauform und/oder eine anlagentechnische Ausstattung, sondern ein Gebäude mit einem deutlich verringerten Heizwärmebedarf. Mit Niedrigenergiehäusern werden in der Regel Gebäude gemeint, die die jeweils geltenden gesetzlichen Energieeffizienzanforderungen unterschreiten. Im Wesentlichen wird dies durch eine gute Wärmedämmung, eine effiziente Anlagentechnik und eine dichte Gebäudehülle erreicht.

Gebäudeenergieffizienzanforderungen
Die KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) unterstützt Bauherren in der Finanzierung von Baumaßnahmen mit günstigen Zinskonditionen, Tilgungszuschüssen bzw. bei Ein- und Zweifamilienhäusern teilweise auch mit Direktzuschüssen. Im Gegenzug stellt die KfW spezielle Anforderungen an die energetische Qualität eines Gebäudes. Beispielsweise bedeutet der KfW-Effizienzhausstandard 55, dass der Jahres-Primärenergiebedarf eines vergleichbaren Neubaus nach EnEV 2014 um 45 % unterschritten werden muss , d.h. nur 55 % dessen betragen darf.



Quelle: nach Fraunhofer IBP, aktualisiert

WSVO = Wärmeschutzverordnung
EnEV = Energieeinsparverordnung

Abb. 3 Entwicklung Energieeffiziente Gebäudekonzepte

KfW-Effizienzhäuser: Wie werden diese erreicht?

Energetischer Standard:	EnEV 2014 (N)		KfW EH 70		KfW EH 55		KfW EH 40		Passivhaus		KfW EH 40 +	
Anwendung	Neubau		Neubau/Bestand		Neubau/Bestand		Neubau		Neubau/Bestand		Neubau	
Primärenergiebedarf	100 %		70 %		55 %		40 %		45 %		< 0 %	
H'_T [W/(m²K)]	0,40–0,65		0,34–0,55		0,28–0,46		0,16–0,26		0,15–0,22		0,15–0,22	
Gebäudehülle*	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert
Außenwand	16	0,24	18	0,22	20	0,20	22–24	0,16	25–30	≤ 0,15	20–25	≤ 0,15
Dach	24	0,20	25–30	0,18	28	0,16	30–35	0,14	30–40	≤ 0,15	30–40	≤ 0,15
Grund-/Kellerdecke	12	0,30	12–15	0,27	16	0,24	20	0,20	20–25	≤ 0,15	20–25	≤ 0,15
Fenster		≤ 1,30		≤ 1,00		≤ 1,00		≤ 0,90		≤ 0,80		≤ 0,80
Luftdichtheit	$n_{50} \leq 1{,}50\ h^{-1}$		$n_{50} \leq 0{,}70\ h^{-1}$		$n_{50} \leq 0{,}70\ h^{-1}$		$n_{50} \leq 0{,}60\ h^{-1}$ (Nachw.)		$n_{50} \leq 0{,}60\ h^{-1}$ (Nachw.)		$n_{50} \leq 0{,}60\ h^{-1}$ (Nachw.)	

* Die angegebenen U-Werte verstehen sich als Orientierungs- und Richtwerte. Zusätzlich wird informativ eine Dämmstoffdicke (Wärmeleitfähigkeit 035) angegeben, die dem U-Wert entspricht; eine vorhandene Konstruktion bleibt unberücksichtigt.

Anlagenvarianten für KfW-Effizienzhäuser					
Beispielhafte Vorschläge für Heizung/Trinkwarmwasser/ Lüftung	Brennwertkessel, Solarthermie für Trinkwarmwasser. Alternativ: Wärmepumpe	Brennwertkessel, Solarthermie für Trinkwarmwasser, Zu-/Abluftanlage mit WRG. Alternativ: Wärmepumpe, Solarthermie für Trinkwarmwasser oder Zu-/Abluftanlage mit WRG	Wärmepumpe, Solarthermie für Trinkwarmwasser, Zu-/Abluftanlage mit WRG. Alternativ: Wärmepumpe, Solarthermie für Trinkwarmwasser- und Zu-/Abluftanlage mit WRG	Wärmepumpen-Kompaktaggregat, Heizwärmeübertragung mittels Zuluft der Zu-/Abluftanlage mit WRG, Wärmebereitstellungsgrad > 75 %	Wärmepumpe und der Zu-/Abluftanlage mit WRG in Verbindung mit Photovoltaik (EFH: 6–15 kW_p) mit Eigenstromnutzung

Tab. 1 Ausführungsbeispiele für KfW-Effizienzhäuser. Quelle: Borschüre BMUB "Energieeffizient bauen und modernisieren – Ratgeber für private Bauherren" unter www.bmub.bund.de (Tabelle durch SAENA überarbeitet)

Passivhaus
Das Passivhaus ist eine Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses. Bei einem Passivhaus darf der spezifische Heizwärmebedarf nicht mehr als 15 kWh/m²a (ca. 1,5 l Heizöl pro m² Wohnfläche im Jahr) betragen und liegt damit im Heizenergieverbrauch ca. 30–50 % unter dem eines durchschnittlichen Neubaus von 2018. Im Freistaat Sachsen wurden bereits über 300 Projekte im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich erfolgreich umgesetzt. Aufgrund der gut gedämmten und luftdichten Gebäudehülle und der effizienten Anlagentechnik wird ein hoher Wohnkomfort bei sehr niedrigem Energieaufwand erreicht. Passivhäuser decken ihren Wärmebedarf vorwiegend aus „passiven" Quellen, wie der Sonneneinstrahlung oder der Abwärme von Geräten und Personen. Eine wesentliche Komponente ist die erforderliche Komfortlüftung mit einer Wärmerückgewinnung von mindestens 75 %. Diese bringt konstant gute Luftqualität und beugt durch den Abtransport erhöhter Luftfeuchtigkeit der Gefahr von Schimmelbildung vor.

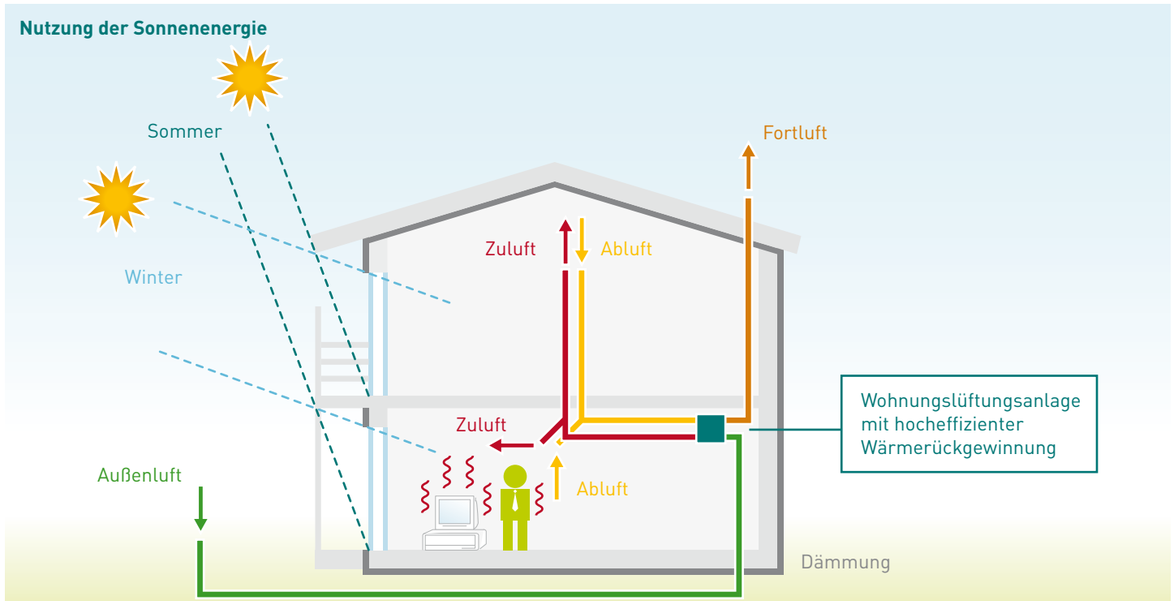


Abb 4. Funktionsprinzip Passivhaus

Solarthermiehaus
Als Solarthermiehaus wird ein besonderer Gebäudestandard durch die SAENA bezeichnet, welcher zu einem großen Anteil solarthermisch beheizt wird. Dabei liegt hier nicht das Augenmerk auf einer weitgehenden Reduktion des Heizwärmebedarfs wie beim Passivhauskonzept, sondern auf einer Maximierung der Ausnutzung der sommerlichen Wärmeüberschüsse. Bei diesem Gebäudekonzept kann der Wärmebedarf mit mehr als 50 % aus solarthermischen Quellen unter Zuhilfenahme saisonaler Speicher (Wasser, Beton, Erdreich) gedeckt werden. Die Restwärme wird zum Beispiel durch einen wasserführenden holzbeschickten Kaminofen (z.B. Scheitholz, Holzpellets) bereitgestellt. Durch den sehr großen Anteil der Deckung aus erneuerbaren Energien, stehen diese Gebäude primärenergetisch mit an erster Stelle.

Plusenergiehaus
Das Plusenergiehaus ist ein Gebäude mit einem Energieüberschuss in der Jahresbilanz. Demnach wird mehr Energie gewonnen als verbraucht. Im Allgemeinen handelt es sich um ein Gebäude mit energetischen Rahmenbedingungen, ähnlich einem Passivhaus oder KfW-Effizienzhaus 40 Plus, das in hohem Umfang mit erneuerbaren Energien versorgt wird. Zusätzlich weist es Energiegewinne z.B. über Photovoltaik auf, die höher liegen als die gelieferten Energiemengen für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom. Bei den heutigen Strompreisen ist es sinnvoll, den eigenerzeugten Strom überwiegend selbst zu nutzen. Zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs können geeignete Stromspeicher oder intelligente Verbrauchermanagementsysteme genutzt werden.



Abb. 5 Plusenergiegebäude aus dem Messprojekt

1.3 Niedrigstenergiegebäude – umgesetzte Beispiele in Sachsen



Im „Energieportal Sachsen“ der Sächsischen Energieagentur finden Sie Beispiele für hocheffiziente Neubauten und Sanierungen mit detaillierten Angaben zur Baukonstruktion und deren installierten Anlagentechniken. Diese in Sachsen umgesetzten Gebäudearten kommen der derzeitigen Definition eines „Niedrigstenergiegebäudes“ sehr nahe bzw. entsprechen dieser. Unter **www.energieportal-sachsen.de** finden Sie im Inhaltsverzeichnis unter „Energieeffizientes Bauen“ verschieden Gebäudekategorien. Hier kann mit einem Klick die Suche nach „Denkmal“, „Passivhaus/Sanierung mit Passivhauskomponenten“ oder „Solarthermiehaus“ separiert werden. Danach werden die Gebäude in der Sachsenkarte am jeweiligen Standort angezeigt. Bei einem Klick in der Karte auf das jeweilige Gebäudesymbol können in der folgenden Detailseite die wichtigsten technischen Angaben angezeigt werden.

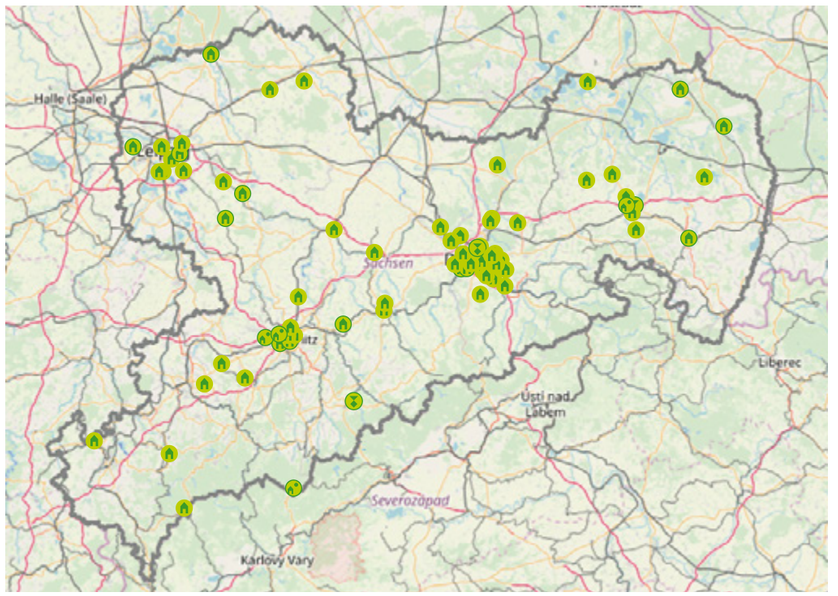


Abb. 6 Karte aus Energieportal Sachsen mit umgesetzten Beispielen von „Niedrigstenergiegebäuden“



Abb. Auszug Energieportal – Listenansicht Neubau Passivhäuser

2 Messprojekt: „Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

2.1 Ziele

Aufgrund des großen klimapolitischen Anspruchs den Gebäudesektor bis 2050 überwiegend zu dekarbonisieren, steht der Bausektor heute vor noch größeren Herausforderungen als bisher. Besonders in Zeiten von Wohnungsmangel, hohen Baukosten, fehlenden Baufachkräften und hohem Zeitdruck ist und wird es sehr schwer Energieeffizienzmaßnahmen in der erforderlichen Qualität umzusetzen. Die hocheffiziente Bauweise erfordert zudem eine sehr genaue Planung, exakte Bauausführung sowie geeignete Qualitätssicherungs- und Optimierungsmaßnahmen.

Durch die Untersuchung von hocheffizienten Gebäuden in Sachsen wollte die Sächsische Energieagentur weitere und vor allem fundiertere Erkenntnisse gewinnen, wie die energetische Qualität zukünftiger Wohnbauten verbessert, beziehungsweise dauerhaft sichergestellt werden kann. Zudem sollten Feststellungen getroffen werden, wie finanzielle Mittel optimal zur Einsparung von Energie im Wohngebäudesektor eingesetzt werden können. Des Weiteren konnte ein Vergleich des vorher berechneten, geplanten Energiebedarfs der Gebäude mit dem tatsächlichen Energieverbrauch durchgeführt werden.

Im Ergebnis des Messprojektes sollten vor allem Empfehlungen zu Optimierungsmöglichkeiten und Handlungshilfen für politische Entscheidungsträger, Architekten, Planer, Handwerker, Energieberater und Bauherren erstellt und veröffentlicht werden.

In dieser Broschüre werden nun die gewonnenen Erkenntnisse übersichtlich zusammengefasst. Durch weitere Veröffentlichungen und Schulungsmaßnahmen für die genannten Zielgruppen durch die Sächsische Energieagentur, soll der zukünftige Gebäudeenergiestandard „Niedrigstenergiegebäude“ in Sachsen weiter etabliert werden. Vor allem sollen die Bemühungen der Sächsischen Energieagentur dazu beitragen, die energetische Qualität zukünftiger Wohnbauten dauerhaft zu verbessern.

2.2 Umsetzung

Für die Untersuchung wurden im Vorfeld hocheffiziente Gebäude gesucht, die ein breites Spektrum in Baukonstruktion, Anlagentechnik und Energiekonzept abbildeten. Die neuerrichteten oder sanierten Gebäude sollten mindestens einem KfW-Effizienzhaus 55 entsprechen oder überwiegend solarthermisch beheizt werden. Hierfür wurden Bauherren von sächsischen geförderten Passivhaus-Vorhaben (Richtlinie EuK/2007) sowie Partner bzw. Kunden von der SAENA und Sächsischen Aufbaubank (SAB) angefragt. Im Resultat wurden sehr unterschiedliche Wohngebäude gefunden an denen ein technisches Monitoring durchgeführt werden konnte. Die Umsetzung erfolgte durch ein sehr erfahrenes Ingenieurteam, das sich für die Untersuchung zu einer Arbeitsgemeinschaft namens „ARGE MESS 2015“ zusammengeschlossen hatte. Der Messprojektzeitraum war von 2015 bis 2018. In Tab. 2 werden neun der untersuchten Wohngebäude mit allgemeinen Angaben aufgeführt.

Für das technische Monitoring wurden in jedem Gebäude mobile oder feste Messeinrichtungen installiert, wie z.B. Wärme-, Strom- oder Temperaturlogger, um reale Energieverbrauchsdaten zu erhalten. Die Auslesung der Messdaten erfolgt teilweise automatisch per Fernübertragung oder manuell durch den Eigentümer. Des Weiteren wurden mobile Messstationen für Raumtemperatur, Luftfeuchte und CO_2-Gehalt für ausgewählte Wohnräume bzw. Wohnungen zur Verfügung gestellt. Zudem wurde an einigen Gebäuden eine Gebäudethermografie durchgeführt.

Die Auswertung der Messdaten und die Bewertung der Energieeffizienz erfolgte jährlich in einen Zwischenbericht durch die „ARGE MESS 2015“ und 2018 in einem Endbericht. In diesen Berichten wurden u.a. mögliche Effizienzpotentiale und Abweichungen zwischen berechneten und realen Verbrauchswerten sowie Anlagenwirkungsgrade aufgezeigt. Bei Auffälligkeiten, speziell beim Betrieb der technischen Anlagen, konnten somit bereits erste Optimierungen innerhalb des Messzeitraums durchgeführt und erste Erfolge auch nachgewiesen werden. Durch die im Bericht aufgezeigten Effizienzpotentiale können die Eigentümer abschließend zusätzliche Maßnahmen einleiten, um langfristig einen noch effizienteren Betrieb ihres Gebäudes zu gewährleisten.

Projektbeteiligte

Auftraggeber und Projektleitung:
Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH
Bereich Energieeffizientes Bauen

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Vetter
Tel: 0351 4910-3183, E-Mail: stefan.vetter@saena.de

Dipl.-Ing. Uwe Kluge
Tel: 0351 4910-3170, E-Mail: uwe.kluge@saena.de

Umsetzung technisches Monitoring:
ARGE MESS 2015 mit:
- → ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH (ARGE-Leitung), 01219 Dresden
- → Energieeffizienz Sachsen e.V., 01129 Dresden
- → HTW Dresden, Professur Technische Gebäudeausrüstung/ Regenerative Energiesysteme, Prof. Dr.-Ing. Mario Reichel
- → Sachverständigenbüro SVB Dr.-Ing. Siegfried Schlott, 08248 Klingenthal

Sanierung mit Passivhauskomponenten Mehrfamilienhaus in Dresden	Baujahr	1998	
	Sanierungsjahr	2010	
	Wohnfläche [m²]	305	
	Sanierungsumfang	- Dämmung thermische Hülle - Austausch Fenster/Verglasungen - dezentrale Wohnungslüftungssysteme	
Sanierung zum KfW-Effizienzhaus 55 Mehrfamilienhaus/ Baudenkmal in Zwickau	Baujahr	1908	
	Sanierungsjahr	2012–2014	
	Wohnfläche [m²]	280	
	Sanierungsumfang	- Dämmung thermische Hülle (auch Innendämmung) - Austausch Fenster/Verglasungen - dezentrale Wohnungslüftungssysteme - Stirling-BHKW mit Brennwertgerät und Solarthermie	
Sanierung mit Passivhauskomponenten Einfamilienhaus in Dresden	Baujahr	ca. 1920	
	Sanierungsjahr	2012	
	Wohnfläche [m²]	284	
	Sanierungsumfang	- Dämmung thermische Hülle - Austausch Fenster/Verglasungen - Lüftungsanlage mit Wärme- und Feuchterückgewinnung und Erdreichwärmeübertrager - Serverheizung, Kaminofen, Photovoltaikanlage	
Schrittweise energetische Sanierung Einfamilienhaus Nähe Chemnitz	Baujahr	1980	
	Sanierungsjahr	1995–2015	
	Wohnfläche [m²]	97,5	
	Sanierungsumfang	- Dämmung thermische Hülle - Gas-Brennwerttherme, Solarthermieanlage	
Neubau Passivhaus Einfamilienhaus Nähe Stollberg	Baujahr	2009	
	Wohnfläche [m²]	125	
	Beschreibung	- Massivbau mit WDVS - Wärmepumpe (Wärmequelle Erdreich und Betonspeicher) - Solarthermie, saisonaler Beton-Wärmespeicher	
Neubau Passivhaus Einfamilienhaus Nähe Pirna	Baujahr	2012	
	Wohnfläche [m²]	262	
	Beschreibung	- Massivbau mit WDVS - Wärmepumpe (Wärmequelle Erdreich) - Lüftungsanlage mit Wärme- und Feuchterückgewinnung - Photovoltaik- und Solaranlage	
Neubau Passivhaus Einfamilienhaus in Dresden	Baujahr	2009	
	Wohnfläche [m²]	165	
	Beschreibung	- Massivbau mit WDVS - Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung - Wärmepumpe (Wärmequelle Erdreich) - Photovoltaikanlage	
Neubau Passivhaus Mehrfamilienhaus in Leipzig	Baujahr	2010	
	Wohnfläche [m²]	1.065	
	Beschreibung	- Massivbau mit WDVS - Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung - Fernwärme, Solarthermie	
Neubau KfW-Effizienzhaus 55 Einfamilienhaus in Leipzig	Baujahr	2014	
	Wohnfläche [m²]	136	
	Beschreibung	- Holzbau mit Strohballen-Dämmung - Pelletofen (wasserführend), Solarthermie - Photovoltaik- und Solaranlage	

Tab. 2 Übersicht Wohngebäude im Messprojekt

WDVS = Wärmedämmverbundsystem

2.3 Untersuchung und Optimierung der thermischen Gebäudehülle

Bei einigen Gebäuden konnte im Einverständnis mit den Eigentümern eine Untersuchung der thermischen Gebäudehülle mit einer Wärmebildkamera durchgeführt werden. Ziel war es mögliche thermische Schwachstellen wie zum Beispiel Wärmebrücken oder Luftleckagen ausfindig zu machen.

Wärmebrücken sind Bereiche der thermischen Gebäudehülle, an denen sowohl konstruktiv (z.B. Bauteilübergänge), stofflich (z.B. durchgehende Stahlträger) oder geometrisch (z.B. Gebäudeecken bedingt) Wärme verloren geht. An den betroffenen Bauteilen stellen sich dadurch niedrigere innere Oberflächentemperaturen ein. Diese kalten Bereiche tragen zu einem erhöhten Energieverlust bei und können unter ungünstigen Bedingungen zur Ansammlung von Feuchtigkeit führen. Verbunden mit unzureichender Lüftung entstehen dort häufig Stock- oder Schimmelflecken. Mit einer Thermografieaufnahme lassen sich Wärmebrücken farblich visualisieren.

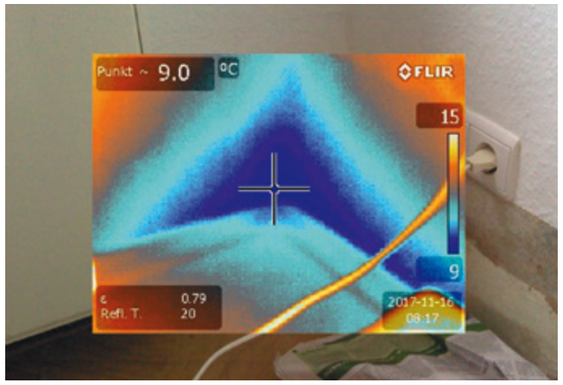
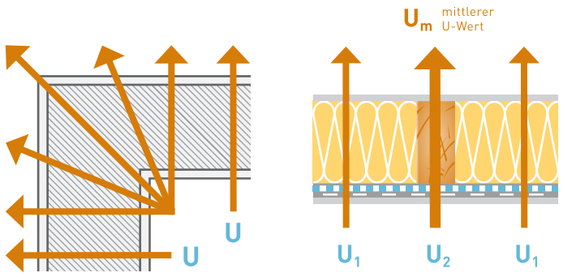


Abb. 9 Kritische Temperaturen im Bereich einer Außenwandecke



Geometrische Wärmebrücke
→ Fläche Innenecke kleiner als Fläche Außenecke

Stoffbedingte Wärmebrücke
→ unterschiedliche Baustoffe = unterschiedliche U-Werte

Abb. 7 Mögliche Arten von Wärmebrücken

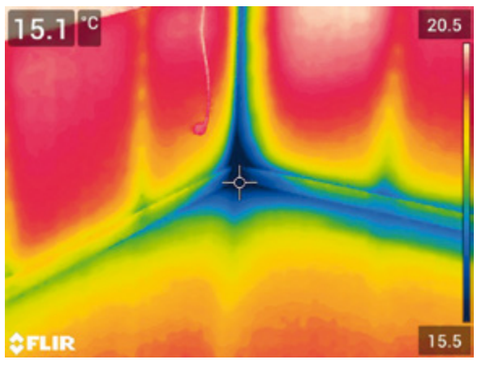


Abb. 8 Luftundichter Kniestock mit stoffbedingten Wärmebrücken durch Holzständer

Gemäß der Feuchteschutznorm (DIN 4108-3) ist eine Mindestoberflächentemperatur von 12,6 °C erforderlich, bei einer Raumtemperatur von 20 °C, einer relativen Raumluftfeuchte von 50 % bei einer Außentemperatur von -5 °C. Verändern sich diese Parameter, so ändert sich auch die zugehörige Mindestoberflächentemperatur. Vereinfacht gesagt, sollte die Oberflächentemperatur auf der Innenoberfläche von Außenbauteilen bei Wohngebäuden bzw. in Wohnungen mind. 13 bis 14 °C betragen, um bei normaler Wohnnutzung ein Schimmelwachstum auch bei höheren Raumluftfeuchten ausschließen zu können. Diese Mindesttemperaturen sind besonders im Bereich von Wärmebrücken einzuhalten. Vor allem bei unsanierten Altbauten liegen die Oberflächentemperaturen bei Wärmebrücken oft unter diesen kritischen Temperaturen. Hier kommt es häufig in wenig belüfteten und kalten Bereichen zu einer Feuchteanreicherung aus der Raumluft, dass kann sich in Form von sichtbaren Kondensat, nach längerer Einwirkung sogar durch sichtbare Stock- bzw. Schimmelflecken zeigen. Feuchte- und Schimmelschäden können auch durch nicht sachgerechte Planung oder Umsetzung von Wärmedämmmaßnahmen bzw. beim Einbau von Wärmedämmziegeln entstehen.
Weitere Informationen zum Thema erhalten Sie im Kurzfilm „Feuchteschutz von Gebäuden – Schimmel vermeiden!“ unter www.saena.de

TIPP! Wärmebrücken immer beachten
Wärmebrücken sind bei allen Neubauten und energetischen Sanierungen immer genau zu betrachten und die fachgerechte Bauausführung zu überprüfen!

Qualifizierte Thermografen finden Sie z.B. unter: www.saena.de/energie-experten unter der Rubrik „Fachunternehmen für hocheffizientes Bauen und Sanieren“ und „Qualitätssicherung – Thermographie, Blower-Door-Test“.



Abb. 10 Wärmebrückenkatalog für Passivhäuser
www.unipor.de



Abb. 11 Wärmebrückenkatalog EDER
www.ziegel-eder.de



Abb. 12 Wärmebrückenkatalog Kalksandstein
www.unika-kalksandstein.de

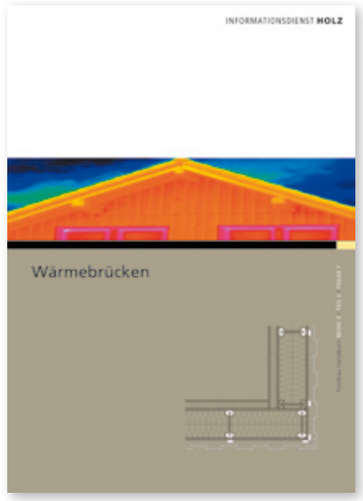


Abb. 13 Wärmebrücken im Holzbau
www.informationsdienst-holz.de



Abb. 14 Wärmebrückenkatalog Porenbeton
www.bv-porenbeton.de



Abb. 15 Wärmebrückenkatalog Fenstereinbau
www.klimaaktiv.at

Wie Wärmebrückenbereiche im Neubau optimiert bzw. ausgeführt werden können ist im Beiblatt 2 der DIN 4108 beschrieben, im Infoblatt Wärmebrückenbewertung der KfW dargestellt oder in kostenfrei erhältlichen Wärmebrückenkatalogen vieler Hersteller sehr anschaulich erklärt (siehe Beispiele oben).

Für spezielle Wärmebrücken, die nicht in den hier gezeigten Veröffentlichungen aufgeführt sind bzw. nicht in die Gleichwertigkeitsbeurteilung der DIN 4108 Beiblatt 2 fallen, ist eine detaillierte Wärmebrückenberechnung durch einen qualifizierten Fachmann (z.B. Energieberater) durchzuführen. Des Weiteren muss eine Gebäudethermografie immer durch einen geschulten und erfahrenen Fachmann erfolgen, der die detektierten Bilder auch richtig deuten kann. Bei den im Messprojekt durchgeführten Thermografieuntersuchungen wurden typische Wärmebrücken und Leckagen entdeckt, die aber bisher keine negativen Auswirkungen auf den Feuchteschutz hatten.
Die wesentlichsten Wärmebrücken werden nun aufgeführt, um diese bei zukünftigen Planungen während der Bauausführung und im späteren Gebäudebetrieb berücksichtigen zu können. Bei den folgenden Bildern werden warme Oberflächentemperaturen in Rot und kältere Bereiche in Blau visualisiert.

„Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

Detektierte Wärmebrücken und Luftleckagen in Neubauvorhaben

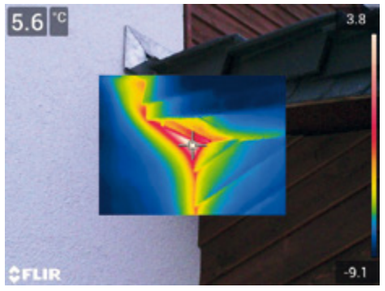


Bild:	Wärmebrücke Dachanschluss Vorhaus/Anbau zu Haupthaus
Aufnahme:	von außen
Außentemperatur:	-12 °C
Ursache:	unklar, ggf. nicht luftdichter Anschluss des Anbaus auf der Innenseite der Baukonstruktion
Lösung:	Luftdichtheit überprüfen und abdichten
Zukünftig:	Anschluss detailliert planen, ausführen und beim Luftdichtheitstest überprüfen

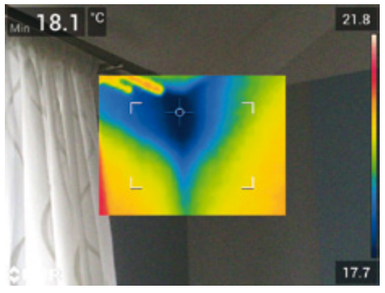


Bild:	Wärmebrücke im Eckbereich Außenwand zu Schrägdach – Beispiel 1
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-12 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke
Lösung:	Wärmebrücke unkritsch, da minimale Oberflächentemperatur noch ausreichend
Zukünftig:	konstruktive Wärmebrücke im Eckbereich Außenwand – Schrägdach detailliert planen, ausführen und überprüfen

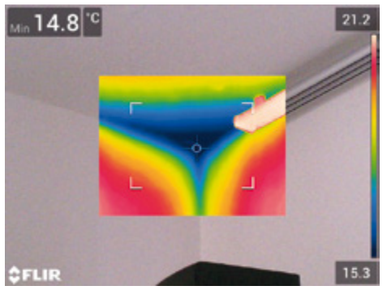


Bild:	Wärmebrücke im Eckbereich Außenwand zu Schrägdach – Beispiel 2
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-9 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke
Lösung:	Wärmebrücke unkritsch, da minimale Oberflächentemperatur noch ausreichend
Zukünftig:	konstruktive Wärmebrücke im Eckbereich Außenwand – Schrägdach detailliert planen, ausführen und überprüfen

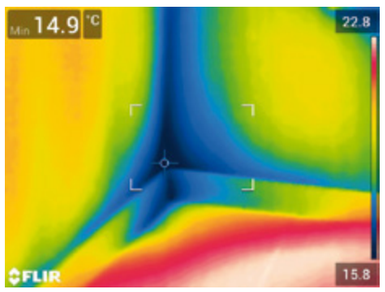


Bild:	Wärmebrücke Eckbereich Außenwand zu Fußboden
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-9 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke
Lösung:	Wärmebrücke unkritsch, da minimale Oberflächentemperatur noch ausreichend
Zukünftig:	konstruktive Wärmebrücke im Eckbereich Außenwand – Bodenplatte detailliert planen, ausführen und überprüfen

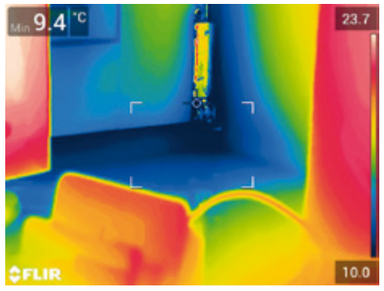


Bild:	Wärmebrücke Eckbereich Fensterbank zur Fensterlaibung
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-9 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke oder nicht luftdicht
Lösung:	Fenster auf Dichtheit überprüfen und Verriegelungen nachstellen
Zukünftig:	den wärmebrückenreduzierten und luftdichten Einbau planen, ausführen und überprüfen; Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen (Reinigen, Einstellen und Pflegen von Beschlägen und Dichtungen)

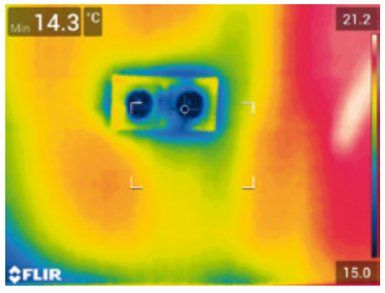


Bild:	Wärmebrücke Bereich Steckdosen
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-9 °C
Ursache:	unklar, ggf. kein korrekter luftdichter Anschluss der Unterputzdosen im Hochlochziegelmauerwerk
Lösung:	Einbau der Unterputzdose auf Luftdichtheit überprüfen und ggf. abdichten
Zukünftig:	Einbau von luftdichten Unterputzdosen in Hochlochziegelmauerwerk; Kabel in Leerrohren abdichten z.B. bei Zuführungen zu elektrisch angetriebenen außenliegenden Sonnenschutzanlagen

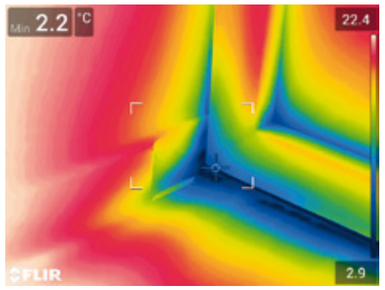


Bild:	Wärmebrücke bodentiefe Terrassentür – Beispiel 1
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-12 °C
Ursache:	Tür undicht – kalte Luft strömt unten ein
Lösung:	Dichtungsgummis prüfen und Türverriegelung nachstellen
Zukünftig:	Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen (Reinigen, Einstellen und Pflegen von Beschlägen und Dichtungen)

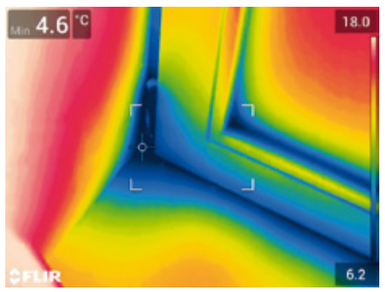


Bild:	Wärmebrücke bodentiefe Terrassentür – Beispiel 2
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-6 °C
Ursache:	Tür undicht – kalte Luft strömt unten ein
Lösung:	Dichtungsgummis prüfen und Türverriegelung nachstellen
Zukünftig:	Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen (Reinigen, Einstellen und Pflegen von Beschlägen und Dichtungen)

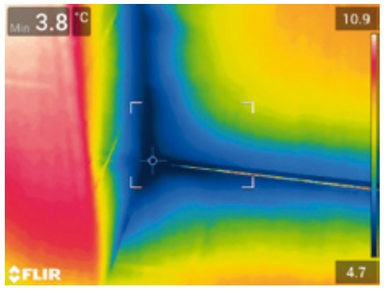


Bild: Wärmebrücke Flurtür zu unbeheiztem Nebenraum
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: -13 °C
Ursache: Tür undicht – kalte Luft strömt unten ein
Lösung: Dichtungsgummis prüfen und Türverriegelung nachstellen
Zukünftig: Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen (Reinigen, Einstellen und Pflegen von Beschlägen und Dichtungen)

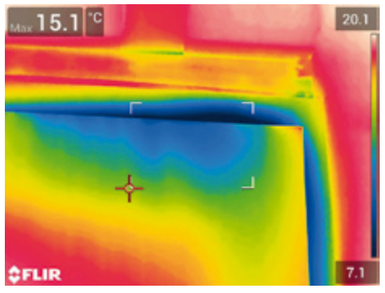


Bild: Wärmebrücke Hauseingangstür oben
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: -6 °C
Ursache: Tür undicht – kalte Luft strömt oben und seitlich ein
Lösung: Dichtungsgummis prüfen und Türverriegelung nachstellen
Zukünftig: den wärmebrückenreduzierten und luftdichten Einbau planen, ausführen und überprüfen; Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen (Reinigen, Einstellen und Pflegen von Beschlägen und Dichtungen)

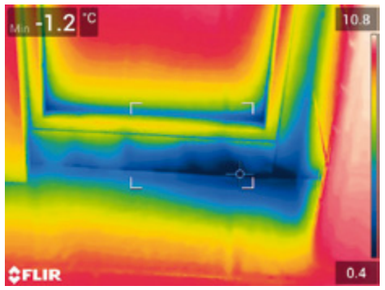


Bild: Wärmebrücke Hauseingangstür unten
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: -13 °C
Ursache: Tür undicht – kalte Luft strömt unten ein
Lösung: Dichtungsgummis prüfen und Türverriegelung nachstellen
Zukünftig: den wärmebrückenreduzierten und luftdichten Einbau planen, ausführen und überprüfen; Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen (Reinigen, Einstellen und Pflegen von Beschlägen und Dichtungen)

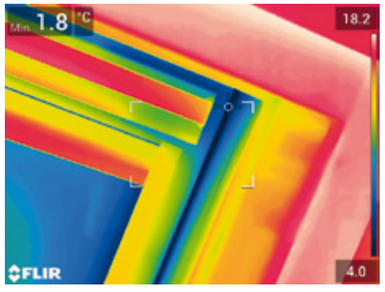


Bild: Wärmebrücke schräges Dachfenster
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: -13 °C
Ursache: unklar, ggf. undicht
Lösung: Luftdichtheit überprüfen und Fensterverriegelungen nachstellen
Zukünftig: gerade bei Dachfenstern den wärmebrückenreduzierten und luftdichten Einbau planen, ausführen und überprüfen; besonders den dauerhaften Anschluss der Dampfbremse am Rahmen, ggf. Dachfenster mit bereits angebrachten Dampfbremsstreifen verwenden; Luftdichtheit von Fenstern und Türen regelmäßig (vorm Winter) überprüfen und durch eine Fachfirma warten lassen

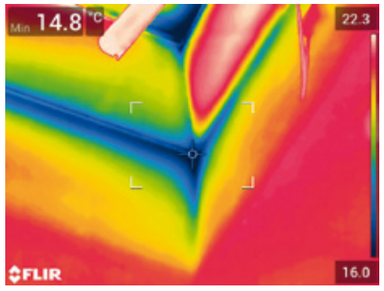


Bild: Wärmebrücke Oberlicht / waagerechtes Dachfenster
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: -13 °C
Ursache: geometrische Wärmebrücke, ggf. nicht optimaler Einbau
Lösung: Wärmebrücke unkritsch, da Mindestoberflächentemperatur noch ausreichend
Zukünftig: Einbausituation verbessern und/oder einen besser wärmegedämmten Einbaurahmen des Oberlichtes verwenden; den wärmebrückenreduzierten und luftdichten Einbau planen, ausführen und überprüfen

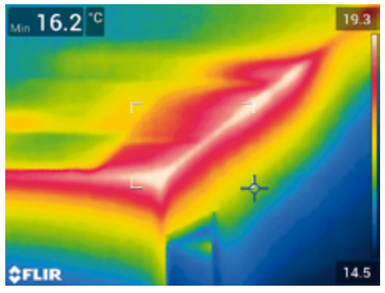


Bild: Wärmeverluste durch Wärmeverteilleitungen hinter Trockenbauverkleidung in einem unbeheizten Raum
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: nicht relevant
Ursache: unklar, ggf. Wärmedämmung der Wärmeverteilleitung mangelhaft bzw. zu gering in der Dimensionierung
Lösung: Bauteil öffnen und Wärmedämmung optimieren; Aufwand aber fraglich, da finanzieller Aufwand groß gegenüber der Einsparung an Wärmeverteilungsverlusten
Zukünftig: Auf eine vorschriftenkonforme und fachgerecht installierte Wärmedämmung bei allen Wärme-, Kälte- und Wasserverteilungen achten

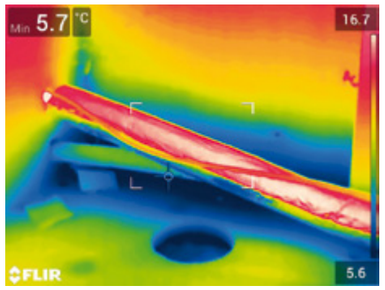


Bild: Wärmebrücke im Flur – Fußboden zu Außenwand
Aufnahme: von innen
Außentemperatur: -6 °C
Ursache: kalte Luft strömt durch unverschlossenes Leerrohr ein
Lösung: Leerrohr luftdicht verschließen
Zukünftig: Beim nachträglichen Einbau von Medienleitungen in ein Leerrohr Dichtmanschetten oder Dichteinsätze verwenden; Leerohr selbst auch luftdicht einbauen

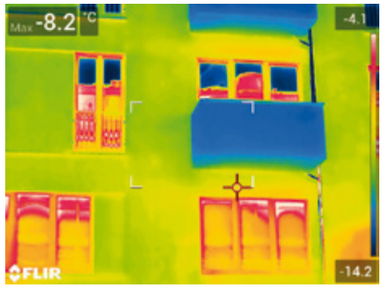


Bild: wärmegedämmte Fassade (WDVS) ohne Auffälligkeiten
Aufnahme: von außen
Außentemperatur: -14 °C
Ursache: keine Mängel sichtbar = gute Planung und Ausführung
Zukünftig: Bei Errichtung von Wärmedämm-Verbundsystemen die Vorgaben der Hersteller und die bauaufsichtlichen Zulassungen beachten; Befestigungen, Durchdringungen, Befestigungen für Anbauteile und Balkone thermisch von der massiven Außenwand trennen

Detektierte Wärmebrücken und Luftleckagen in Sanierungsvorhaben

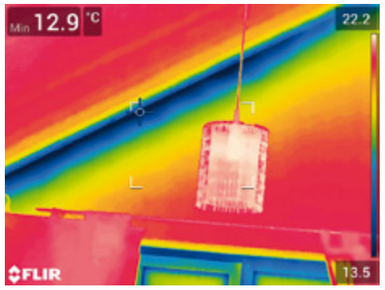


Bild:	Wärmebrücke im Eckbereich Giebelaußenwand zu Schrägdach
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-7 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke
Lösung:	Wärmebrücke weiterhin beobachten und ggf. Oberflächenfeuchte an kalten Wintertagen messen; windichte Abdichtung auf der Außenseite überprüfen
Zukünftig:	Bei Sanierungsvorhaben Wärmedämmung auf Mauerkrone der Giebelaußenwand aufbringen und die Luft- und Winddichtheit angemessen herstellen

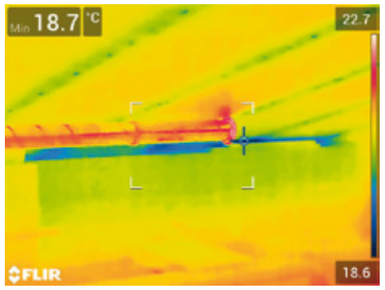


Bild:	Wärmebrücke im Eckbereich Außenwand/Kniestock zu Schrägdach
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-7 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke
Lösung:	Wärmebrücke unkritsch, da minimale Oberflächentemperatur noch ausreichend
Zukünftig:	Bei Sanierungsvorhaben wie auch in Neubauten Wärmedämmung von außen und auf Ringanker lückenlos in Verbindung zum Dach einbauen

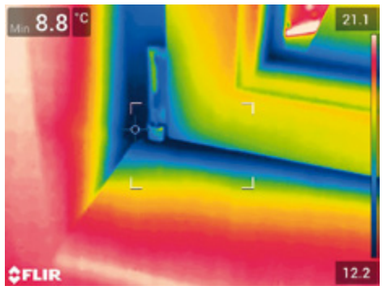


Bild:	Wärmebrücke Fenster – Fensterbank im Holzrahmenbau
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-6 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der geometrischen Wärmebrücke oder nicht luftdicht
Lösung:	Anschluss auf Dichtheit überprüfen und ggf. Stopfdämmung einbauen
Zukünftig:	den wärmebrückenreduzierten und luftdichten Einbau planen, ausführen und überprüfen

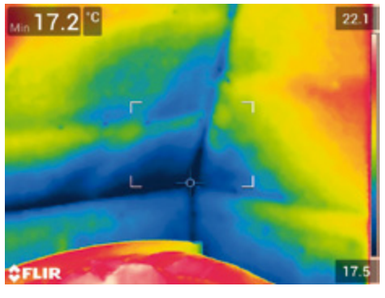


Bild:	Wärmebrücke im Eckbereich Kniestock zu Schrägdach
Aufnahme:	von innen
Außentemperatur:	-7 °C
Ursache:	unklar, aber nicht optimale Umsetzung der Wärmedämmung
Lösung:	Wärmebrücke weiterhin beobachten und ggf. Oberflächenfeuchte und -temperatur an sehr kalten Wintertagen messen
Zukünftig:	Bei Sanierungsvorhaben Wärmedämmung im Bereich des Ringankers bzw. Fußpfette auf Mauerwerk außenseitig umlaufend aufbringen und die Luft- und Winddichtheit fachgerecht herstellen

2.4 Untersuchung und Optimierungen der Energieeffizienz technischer Anlagen

Aufgrund der unterschiedlichen technischen Gebäudekonzepte gab es verschiedene und teilweise auch sehr spezielle Anlagenkonfigurationen für die Wärmeversorgung und Belüftung der Gebäude. Als Wärmeerzeuger waren u.a. eine Gas-Brennwerttherme, Wärmepumpen, wasserführende Kaminöfen, eine Anlage zur Nutzung der Abwärme eines kleinen Rechenzentrums und ein Mini-Blockheizkraftwerk (BHKW), diese oft in Kombination mit Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen, installiert.



Abb. 16 Technikraum im Einfamilienhaus mit Sole/Wasser-Wärmepumpe



Abb. 17 Technikraum EFH mit Wärmepumpe und Lüftungsgerät



Abb.18 optische Auslesung eines analogen Gaszählers mit digitaler Datenerfassung



Abb. 19 eingebauter Wärmemengenzähler

Für die Erfassung der Verbrauchsdaten, wurden in allen Wohngebäuden mobile oder feste Messeinrichtungen nachträglich eingebaut bzw. vorhandene Zähltechnik ergänzt. Soweit es möglich war, sollten alle benötigten Daten für Temperatur, Wärme- und Strommengen erhoben werden. Die Erfassung der Messdaten erfolgte überwiegend automatisch per Fernübertragung über eine Internetschnittstelle und teilweise durch eine manuelle monatliche Ablesung durch die Eigentümer. Mithilfe der gemessenen Daten, konnten die tatsächlichen Energieverbräuche der Gebäude und die Effizienz der Wärmeerzeuger bzw. Lüftungsgeräte ermittelt werden. Hilfsstromverbräuche für z.B. Umwälzpumpen oder Lüftungsventilatoren konnten aber nur selten ermittelt werden, da der Aufwand, für diese geringen Energieverbraucher noch zusätzliche Messeinrichtungen zu installieren, zu hoch wäre.

→ „Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

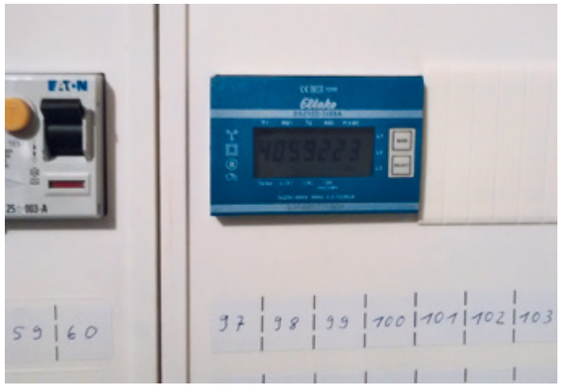


Abb. 20 eingebauter Strommengenzähler



Abb. 21 Digitale Reglung mit Wärmemengenerfassung

Im Vorfeld des Monitorings erfolgte eine Begehung aller Objekte durch die SAENA, um Art und Umfang der benötigten Messtechnik zu ermitteln. Zudem musste für die Ausschreibung der Evaluierung eine Preisabschätzung erfolgen. Die Planung und Koordinierung des Einbaus der erforderlichen Messtechnik erfolgte vom Herbst 2015 bis zum Frühjahr 2016 durch die extra gegründete „ARGE Mess 2015“. Die ARGE erstellte dann auf Grundlage eigener Gebäudebegehungen und den vorhandenen technischen Plänen ein geeignetes Messkonzept mit einen zugehörigen Messstellenplan.

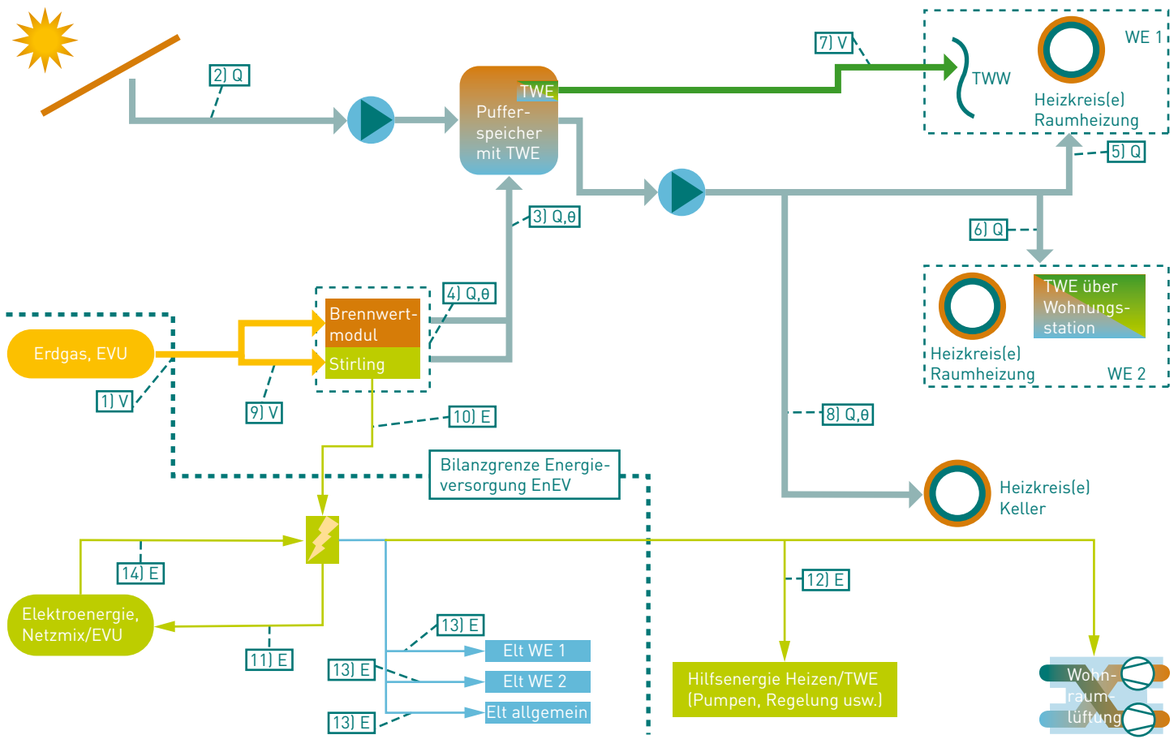


Abb. 22 Beispiel Messstellenplan im Anlagenschema



Abb. 23 Wärmeverteilung im Technikraum



Abb. 24 Stirling-BHKW mit Brennwertgerät

Durch die Überwachung der Betriebszustände der Heizungs- und Lüftungsanlagen wurden bei vielen Anlagen Optimierungspotentiale nachgewiesen – entweder nur über die Einstellung geeigneter Systemtemperaturen und Betriebszeiten für die tatsächliche Nutzung des Gebäudes oder über die verbesserte Kommunikation bzw. Steuerung unterschiedlicher Komponenten miteinander. Zum Teil wurden den Eigentümern konkrete Änderungen vorgeschlagen oder bereits erste Optimierungen durchgeführt.

Position	Messgröße	Ort/Bilanzpunkt/Teilsystem
1	Gasverbrauch	Gasverbrauch gesamt, Gaszähler Anschluss EVU
2	Wärmemenge	Kollektor
3	Wärmemenge	Einkopplung aus KWK+Brennwertmodul in Pufferspeicher
4	Wärmemenge	Wärmeabgabe Stirling
5	Wärmemenge	Wärmeverbrauch Heizkreis Raumheizung WE 1
6	Wärmemenge	Wärmeverbrauch Raumheizung+TWE WE 2
7	Volumen	Zapfmenge Warmwasser WE 1
8	Wärmemenge	Wärmeverbrauch Heizkreis Keller
9	Gasverbrauch	Stirling
10	Elektroenergiemenge	Nettostromproduktion Stirling
11	Elektroenergiemenge	Einspeisung in Netz EVU
12	Elektroenergiemenge	Elektroenergieverbrauch Hilfsenergie
13	Elektroenergiemenge	Verbräuche Wohnungen Haushaltsstrom
14	Elektroenergiemenge	Bezug aus Netz EVU

Tab. 3 Beispiel Messstellenübersicht für Messstellenplan (Abb. 22)

Absenkung der Heizsystemtemperaturen
Mit absinkender Außentemperatur steigt die benötigte Vorlauftemperatur des Heizkreises um ein Gebäude ausreichend beheizen zu können. Diese Abhängigkeit wird in einer sogenannten Heizkurve dargestellt. In der Praxis werden oft die in den Heizungsregelungen üblicherweise voreingestellten Standardkurven belassen – eine Anpassung an die tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort findet nur selten statt. Bei einem Sanierungsobjekt konnte auf Grundlage der Messung der Heizkreistemperaturen die Heizkurve optimiert bzw. abgesenkt werden (Abb. 25).

In der Abbildung 26 wird gezeigt, wie die Tagesnutzungsgrade durch die Absenkung der Heizkurve im Außentemperaturbereich von ca. -2 bis 10 °C von durchschnittlich 92 % auf 95 % erhöht werden konnte. Des Weiteren erfolgte eine Ermittlung des Heizwärmeverbrauchs mittels einer Jahresdauerlinie für die Brennstoffwärmeleistung (nicht dargestellt). Im Vergleich zum Ausgangszustand wurde eine Verbrauchseinsparung von 15,9 % pro Jahr erreicht.

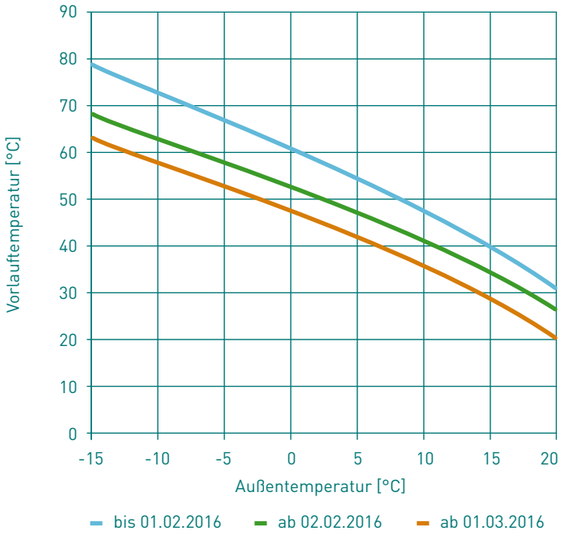


Abb. 25 Absenkung der Heizkurve in der Heizungsreglung

Durchführung Hydraulischer Abgleich und Einstellung der Heizungsregelung
Bei allen Objekten fehlte ein Nachweis oder Berechnungsunterlagen, dass ein hydraulischer Abgleich des Heizsystems durchgeführt wurde. Gemäß EnEV und VOB/C – DIN 18380 Absatz 3.1.1 ist für jede Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen. Dies ist auch eine Voraussetzung vieler Bundesförderprogramme für die Modernisierung von Heizungsanlagen.

Der hydraulische Abgleich ist eine wesentliche Voraussetzung, dass Heizkörper bzw. Heizflächen der bestimmungsgemäße Heizwassermassestrom zur Verfügung gestellt wird und es nicht zu einer Über- bzw. Unterversorgung kommen kann. Häufig sind Umwälzpumpen nicht richtig eingestellt oder Wärmeübergabesysteme nicht optimal ausgelegt. Weiterhin befinden sich die Parametereinstellungen der Heizungsregelungen häufig noch auf dem Stand der Auslieferung. Resultat hiervon sind häufig schwingende Regelkreise und daraus folgend ineffizientes Betriebsverhalten der Wärmeerzeuger sowie der gesamten Heizungsanlage.

Das Betriebsverhalten einer hydraulisch nicht optimierten Anlage verursacht einen Mehrverbrauch an Brennstoff und Strom. Mit der Durchführung des hydraulischen Abgleichs und der anlagenangepassten Einstellung der Heizungsregelung können zwischen 5 bis 15 % dieser Energien eingespart werden.

Weitere Informationen zum Thema finden Sie in den Broschüren „Hydraulischer Abgleich für Heizungssysteme“ und „Verbesserung der Energieeffizienz der Wärmeversorgung im Bestand“ der Sächsischen Energieagentur.

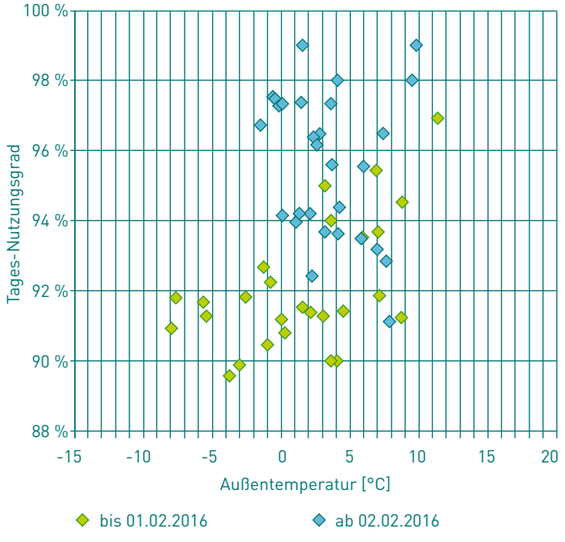


Abb. 26 Tagesnutzungsgrade der Gasbrennwerttherme vor und nach Umstellung der Heizkurve

Hydraulische Weiche
Als effizienzmindernd hat sich das Vorhandensein einer sogenannten hydraulischen Weiche (in Abb. 27 hellgrün markiert) erwiesen. Gemäß Herstellerangaben ist der Einbau einer hydraulischen Weiche für Brennwertthermen teilweise notwendig, um die für einen sicheren Betrieb des Wärmeübertragers erforderlichen Mindestvolumenströme zu gewährleisten. Andererseits leidet bei Vorhandensein einer hydraulischen Weiche i.d.R. die Energieeffizienz durch Verringerung der Brennwertnutzung infolge einer Rücklauftemperaturanhebung. Wesentlich für eine Verbesserung des Brennwerteffektes sind niedrige Rücklauftemperaturen zur Therme bzw. zum Kessel.



Abb. 27 Gas-Brennwerttherme mit hydraulischer Weiche

Ermittlung der tatsächlichen Heizlast
Der Vorteil der Ermittlung der tatsächlichen Heizlast liegt in der Berücksichtigung des vorhandenen Nutzerverhaltens. Auf Basis von Messungen der Heizenergieverbräuche und der zugehörigen Außenlufttemperaturen kann durch lineare Interpolation eine genaue Heizlast ermittelt werden (Abb. 28). Des Weiteren kann die erforderliche Heizleistung für die Warmwasserbereitung im heizfreien Betrieb ermittelt werden. Dies ist insbesondere für größere Bestandsgebäude sehr hilfreich, z.B. dann wenn über die Dimensionierung einer neuen Heizungsanlage nachgedacht wird. Eine Heizlastbestimmung anhand von Messungen im tatsächlichen Betrieb erfasst das Betriebs- und Nutzerverhalten genauer als eine Berechnung der Norm-Heizlast nach DIN EN 12831. Bei der Berechnung nach DIN EN 12831 wird von normierten Randbedingungen ausgegangen, die vom realen Betriebs-/Nutzerverhalten abweichen können. Zum Beispiel werden die Räumlichkeiten i.d.R. nie alle gleichzeitig gleichmäßig beheizt, sondern die Raumtemperaturen sind den klassischen Nutzergewohnheiten unterworfen. In der Folge sind die Wärmeerzeuger oft überdimensioniert, was insbesondere bei Anlagen, deren Erzeugerwärmeleistung nicht modulierend an den Bedarf angepasst werden kann (z.B. einstufige Öl- und Biomassekessel), zu schlechteren Erzeugernutzungsgraden führt. Wenn sich bei bestehenden Heizungsanlagen die Frage nach dem Ersatz des vorhandenen technisch verschlissenen Wärmeerzeugers stellt, ist die Ermittlung der tatsächlichen Heizlast bei der Auslegung des neuen Wärmeerzeugers zu empfehlen, wenn die Verbrauchsdaten mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden können und nach dem Wechsel des Wärmeerzeugers ein unverändertes Nutzerverhalten zu erwarten ist.

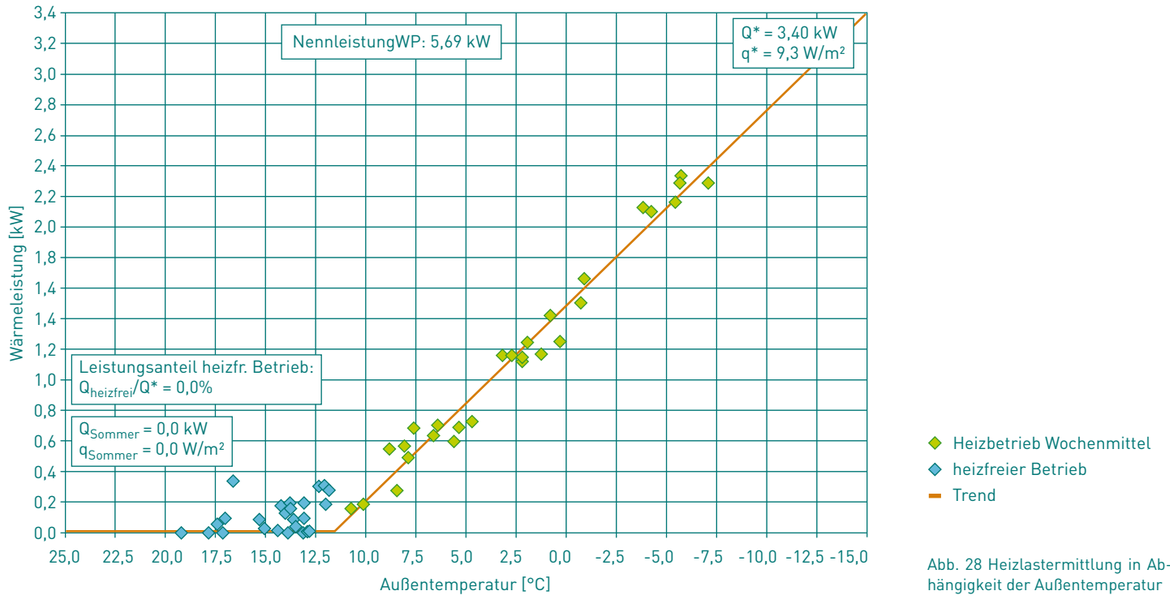


Abb. 28 Heizlastermittlung in Abhängigkeit der Außentemperatur

„Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

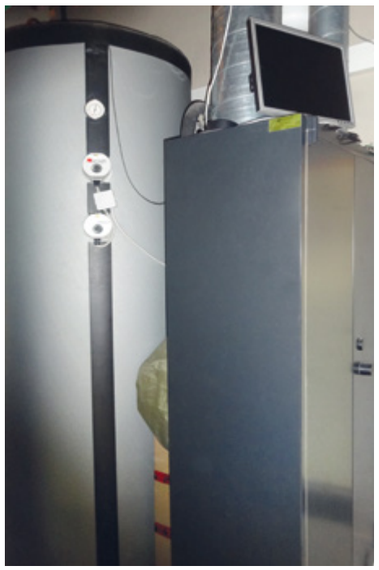


Abb. 29 Serverschrank und Pufferspeicher

Heizen mit Computerabwärme

Beim „Heizen mit Computerabwärme“ oder „Serverheizung“ handelt es sich um eine technische Lösung bei der durch intelligente Vernetzung von Servern über öffentliche schnelle Datenverbindungen ein virtuelles Rechenzentrum geschaffen wird. Die Serverschränke könnten hierbei verteilt in ganz Deutschland installiert werden. Die Bauherren erwerben die Serverschränke anstatt einer klassischen Wärmeerzeugungsanlage und stellen dem Betreiber der Rechentechnik die Fläche in der Technikzentrale zur Verfügung. Im Gegenzug wird die Serverabwärme vergünstigt als Heizwärme an die Wohnungen abgegeben. Durch diese Vereinbarung wird durch die Nutzung schneller Datenverbindungen die Möglichkeit geschaffen, Serverabwärme zur Beheizung von Wohnraum zu nutzen und gleichzeitig Kühlenergie zu sparen. Durch die Beheizung von Wohn- und anderen Räumen mit Serverabwärme erfolgt eine Effizienzverbesserung in doppelter Hinsicht. Es wird sowohl elektrische Energie für die Klimatisierung als auch fossile Energie zur Beheizung eingespart. Im Messprojekt wurde dieses innovative System zur Beheizung eines Einfamilienhauses eingesetzt. Dabei wurde ein Computerschrank, auch Heater genannt, in die Heizzentrale installiert (Abb. 29). Die anfallende Wärme wird einerseits über ein Wasserkühlsystem ausgekoppelt und andererseits konvektiv über die Schrankdurchlüftung abgeführt. Die wassergebundene Wärmemenge wird direkt in einen Pufferspeicher transportiert. Der luftgebundene Anteil der Serverabwärme wird bei diesem Objekt über die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage genutzt. Gegebenenfalls fehlende Heizwärme wird über eine elektrische Heizpatrone in den Pufferspeicher eingetragen. Innerhalb des Monitorings wurden auch die Stromverbräuche des Heaters und der Heizpatrone ermittelt (Abb. 30 und 31).

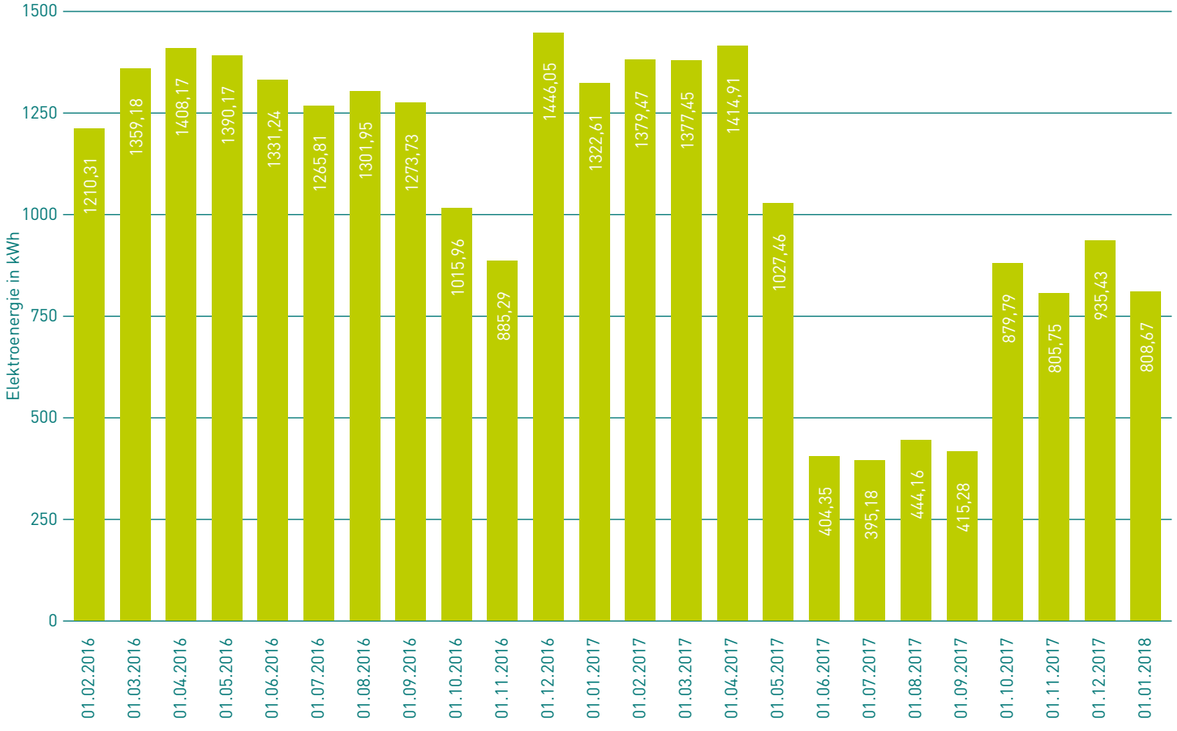


Abb. 30 Monatliche Elektroenergieverbrauch der Serverheizung

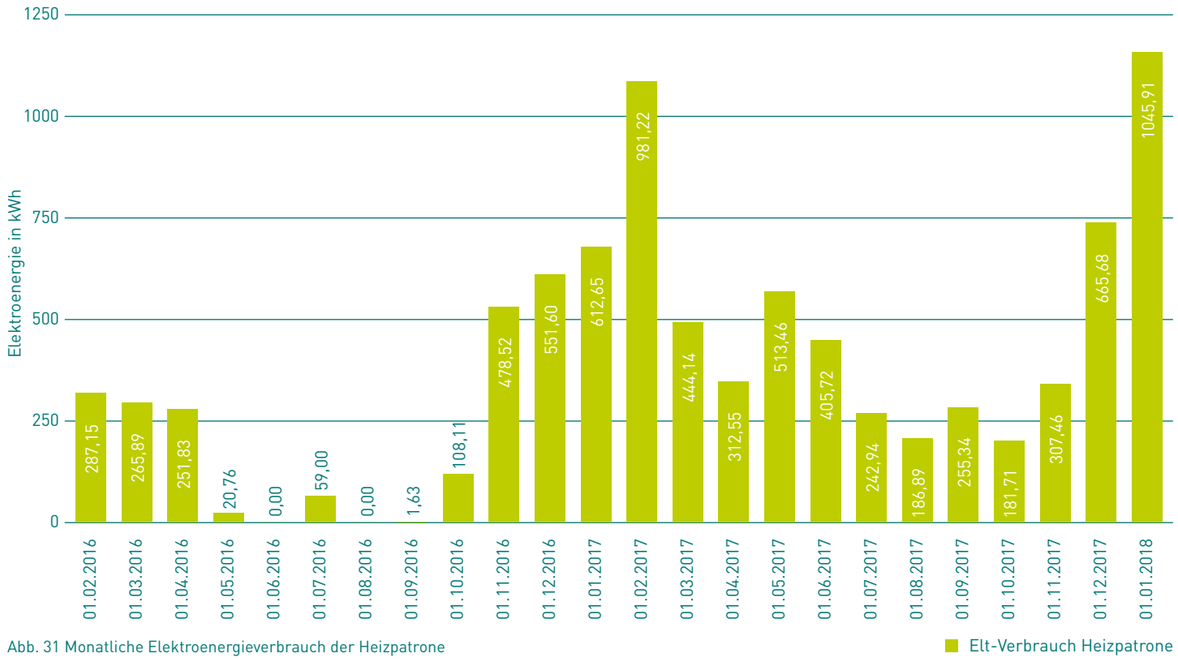


Abb. 31 Monatliche Elektroenergieverbrauch der Heizpatrone

Wie auch das Monitoring bestätigt hat, ist der Grad der Abwärmenutzung des Servers sehr stark von der tatsächlich durchgeführten Rechenarbeit des Servers abhängig. 2016 konnte ein Jahresnutzungsgrad (SCOP) über 4 und im Jahr 2017 von nur 2 ermittelt werden. Derartige Jahresnutzungsgrade sind nur erzielbar, da Abwärme aus Betriebsprozessen (Stromverbrauch des Heaters) gemäß aktueller Bilanzierungsregeln nicht zu berücksichtigen ist. Das bedeutet, dass das System mit abnehmender Rechenkapazität des Computers zur Elektrodirektheizung über die Heizpatrone neigt. Das finanzielle Risiko liegt hier i.d.R. beim Betreiber der „Serverheizung“ und nicht beim Bauherren.

Optimierungsempfehlungen

Für eine maximale Wärmeauskopplung wird eine hohe Auslastung der Rechenkapazitäten benötigt – andernfalls muss mit Strom nachgeheizt werden. Daher sollten für ein solches Heizkonzept alternative Wege der Stromversorgung in Betracht gezogen werden. Für den Nachheizfall würde eine anteilige Nutzung von eigenerzeugtem Strom über eine Photovoltaikanlage die Gesamteffizienz des Systems verbessern.

Der Betrieb von Heizpatronen hat aber zukünftig auch erhebliche Potentiale für eine „netzdienliche Betriebsweise“ (Sektorkopplung). Somit könnten zu Zeiten eines Überangebots von Strom aus Erneuerbaren Energien diese gezielt durch den Netzbetreiber angesteuert werden, um die Stromnetze zu entlasten. Hierfür gibt es erste Untersuchungen auch für die netzdienliche Betriebsweise von Wärmepumpen. Das Label „Smart Grid Ready“ wird an Wärmepumpen-Baureihen verliehen, deren Regelungstechnik die Einbindung der einzelnen Wärmepumpe in ein intelligentes Stromnetz (engl. smart grid = SG) ermöglicht.

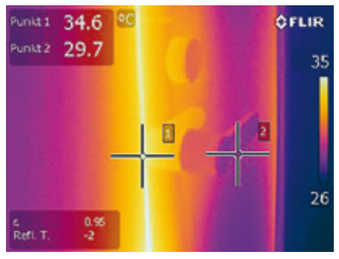


Abb. 32 Wärmebildaufnahme Serverschrank

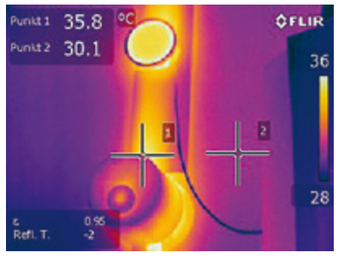


Abb. 33 Wärmebildaufnahme Heizpatrone Pufferspeicher

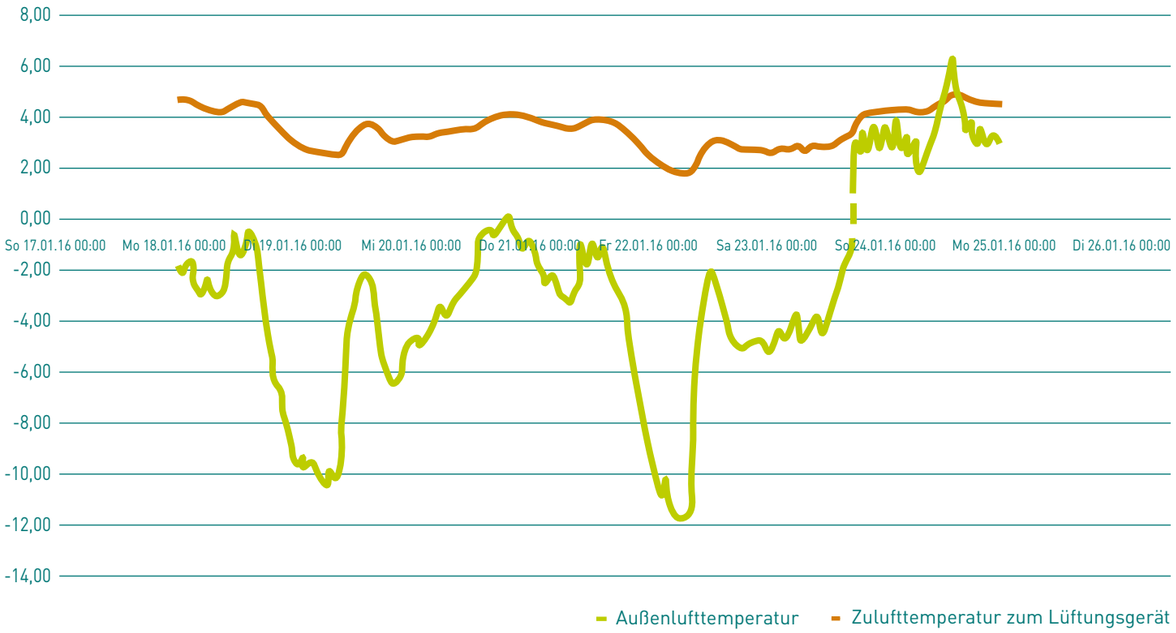


Abb. 34 Erdreich-Luft-Wärmeübertrager Temperaturverlauf Zu- und Außenluft im Winter

Wirksamkeit Erdreich-Luft-Wärmeübertrager einer Lüftungsanlage

Bei einem Einfamilienhausobjekt wurde für die Vorerwärmung der Zuluft und Frostfreihaltung des Wärmetauschers im Lüftungsgerät ein Erdreich-Luft-Wärmeübertrager eingesetzt. Hierfür wurde ein 30 m langer Rohr-Wärmeübertrager an einer Gebäudeseite in einer Tiefe von ca. 1,5 m eingegraben. Die Temperatur der angesaugten Außenluft wird beim Durchströmen des im Erdreich verlegten Rohres erhöht. Im Sommer wird hingegen die warme Außenluft darin abgekühlt und direkt in den Wohnbereich geleitet.

Wie in der Abb. 34 zu erkennen wird auch an sehr kalten Wintertagen mit bis zu -12 °C eine Zulufttemperatur zum Lüftungsgerät von über 2 °C gewährleistet. Damit wurde die Funktionsfähigkeit der Frostfreihaltung messtechnisch nachgewiesen.

Für die Frostfreihaltung kann als Alternative zum Erdreich-Luft-Wärmeübertrager zum Beispiel auch ein Sole-Luft-Wärmeübertrager oder ein elektrisches Vorheizregister installiert werden.

Weitere Informationen zu Erdreich-Luft-Wärmeübertragern finden Sie in der Broschüre „Wohnungslüftung“ der Sächsischen Energieagentur.

Solarertrag von Solarthermieanlagen

Mehrere Kennwerte beschreiben die Leistungsfähigkeit einer Solarthermieanlage. Der Solarertrag gibt die Wärmemenge an, die über einen bestimmten Zeitraum – z.B. für ein Jahr in kWh/a – erzeugt und in einen Pufferspeicher eingebracht wurde. Der spezifische Solarertrag hingegen, bezieht diese absolute Wärmemenge auf die Quadratmeter Kollektorfläche in kWh/m²a. Der Wirkungsgrad oder solare Deckungsgrad gibt an, wie viel vom Solarertrag wirklich genutzt werden kann. Zugleich besagt er, wie viele Wärmeverluste, insbesondere bei der Speicherung und Verteilung entstehen und somit welches Optimierungspotential besteht. Einfluss auf den Wirkungsgrad hat im Wesentlichen die hydraulische Einbindung und funktionale Steuerung im Heizungssystem. Niedrige Heizkreistemperaturen bzw. Niedertemperatursysteme wie Flächenheizungen wirken sich positiv auf den Wirkungsgrad aus. Aber diese Gesamteffizienz ist auch von der Höhe des Wärmeenergieverbrauchs für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung sowie von der Größe und Ausrichtung der Solaranlage abhängig. Bei kleineren Solaranlagen zur reinen Trinkwarmwasserbereitung liegt der Deckungsanteil oft bei über 50 %. Mit sehr großen Anlagen und Speichern können auch über 60 % Deckungsanteil für die Heizungsunterstützung erzielt werden.

In vielen Messobjekten wurden Solarthermieanlagen mit Vakuum- oder Flachkollektoren zur Unterstützung des Heiz- und Trinkwarmwassersystems eingesetzt. In der Tab. 4 sind gemessene Solarerträge und Wirkungsgrade zusammengefasst.

Art der Solaranlage	Montageart	Absorber-fläche [m²]	Solarertrag Ø [kWh/a]	spezifischer Solarertrag Ø [kWh/m²a]	Wirkungsgrad Unterstützung Heizung und Trink-warmwasser [%]
Flachkollektor	Flachdach aufgeständert	9,6	2.750	286	ca. 20
Flachkollektor	Indach	10,0	3.780	378	ca. 23
Flachkollektor	Aufdach	15,0	3.133	209	ca. 20
Flachkollektor	Indach	40,0	14.650	366	ca. 40
Vakuumröhre	Aufdach	6,1	3.723	614	ca. 47
Vakuumröhre	Fassade	7,3	3.621	496	ca. 37

Tab. 4 Übersicht Solarerträge Solarthermieanlagen

Optimierungsempfehlungen für Solaranlagen

Gemäß DIN 4757 sollte der jährliche spezifische Solarertrag eines Solarkollektors mindestens 525 kWh/m² betragen. Somit müsste ca. die Hälfte der einfallenden Globalstrahlung (im Mittel 1055 kWh/m²) eines Jahres zur anteiligen Wärmeversorgung des Gebäudes zur Verfügung gestellt werden. In der Praxis müssen aber eine Reihe von Randbedingungen eingehalten werden, um den benannten Solarertrag näherungsweise nutzen zu können. In welcher Größenordnung die solare Strahlungsenergie in der Heizungsanlage genutzt werden kann, ist im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz zwischen dem Solarkollektor- und dem Heizkreis abhängig. Dies hat zur Folge, dass in der sonnenreichen Zeit das solarthermische Angebot den Bedarf oft übersteigt und in den Übergangszeiten im Frühjahr und Herbst das Temperaturniveau der solarthermischen Quelle zu niedrig ist, um bedarfsgerecht genutzt werden zu können.
Hohe Temperatursollwerte auf Seiten der Trinkwarmwasserbereitung zur Gewährleistung der Trinkwasserhygiene (DVGW W551) verstärken diesen Zusammenhang. Im Ergebnis liegt der Wirkungsgrad solarthermischer Anlagen in der Praxis häufig in Bereichen um 25 % der einfallenden Globalstrahlung. Eine optimale Nutzung solarthermischer Anlagen erfordert sehr gut schichtende Wärmespeicher in Kombination mit hydraulisch einregulierten Primär- und Sekundärkreisen sowie eine Anlagenhydraulik die einen Wärmeeintrag auf verschiedenen möglichst niedrigen Temperaturniveaus der Wärmesenkenseite ermöglicht. Die hierfür erforderliche Regelungstechnik sollte in der Lage sein, mit allen wesentlichen Komponenten der Heizungsanlage zu kommunizieren. Der Wärmeeintrag aus der Solaranlage in die Heizungsanlage sollte in Abhängigkeit des Dargebots an solarer Strahlungsenergie und des Temperaturniveaus auf der Quellen- und Senkenseite völlig variabel geregelt werden können. Im Optimalfall werden hierfür analoge Sensoren und Aktoren verwendet.



Abb. 35 Aufdach-Vakuumröhren-kollektoren



Abb. 36 Fassaden-Vakuumröhren-kollektoren



Abb. 37 Indach-Flachkollektoren bei einem Denkmal



Abb. 38 Indach-Flachkollektoren

Weitere Information zum Thema erhalten Sie in der Broschüre „Solarthermie“ der Sächsischen Energieagentur.

→ „Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

Solarertrag von Photovoltaikanlagen
Bei einer Photovoltaik-Anlage wird mit dem Begriff "Solarertrag" die Menge an nutzbarem Strom beschrieben, den die Anlage erzeugt. Die Höhe des Solarertrags einer Photovoltaikanlage hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab. Zum einen von der nutzbaren Menge an Solarenergie (Strahlungsangebot) die auf die Anlage trifft und zum anderen von der Leistungsfähigkeit des Solarmoduls (Modulwirkungsgrad). Die Sonne scheint jedoch je nach Tagesstand, Jahreszeit und Wetter mit unterschiedlicher Stärke, sodass die Menge an erzeugtem Strom auch großen Schwankungen unterliegt. Mit einer direkten Anbindung der Anlage an das Stromnetz wird der überschüssige nicht benötigte Strom eingespeist. Dadurch kommt es zunehmend zu größeren fluktuierenden Lastspitzen, die von den Netzbetreibern aufwendig steuerungstechnisch ausgeglichen werden müssen.

Als wesentliches Auswahlkriterium bei Photovoltaikmodulen wird die maximale Nennleistung in Wattpeak oder Kilowattpeak (Wp oder kWp) angegeben. Das englische Wort „peak“ bedeutet „Spitze“, gemeint ist also die elektrische Spitzenleistung der Anlage oder des jeweiligen Moduls. Die Messung dieser maximalen Nennleistung wird unter standardisierten Testbedingungen (STC) ermittelt. In Sachsen können pro kWp installierte Leistung je nach Region jährlich 900 bis 1.100 Kilowattstunden Strom erzeugt werden. Ein kWp entspricht aktuell ca. 6,0 m² Photovoltaikmodulfläche.

Vier Objekte (Neubauten) im Messprojekt verfügen über eine Photovoltaikanlage in Aufdachmontage. Mit dem eigenerzeugten Strom werden anteilig der Strombedarf für Haushalts- und Hilfsstrom für Heizungspumpen oder Lüftungsanlagen gedeckt – bei zwei Gebäuden auch der Wärmepumpenstrom mit einem Eigenverbrauchsanteil zwischen 30 bis 40 %.



Abb. 39 Aufdach-Photovoltaikanlage Einfamilienhaus



Abb. 40 Aufdachmontage mit monokristallinen Modulen

Photovoltaikart	Montageart	Modulfläche [m²]	Spitzenleistung [kWp]	Solarertrag Ø [kWh/a]	spezifischer Solarertrag Ø [kWh/m²a]
Monokristalline Solarzellen	Aufdach	18	2,97	2.320	129
Monokristalline Solarzellen	Aufdach	46	6,48	5.028	109
Monokristalline Solarzellen	Aufdach	39	5,88	5.800	149
Monokristalline Solarzellen	Aufdach	85	12,00	11.360	134

Tab. 5 Übersicht Solarerträge Photovoltaikanlagen

Optimierungsempfehlungen für Photovoltaikanlagen
Im Wohngebäudebereich haben sich mono- oder polykristalline Module durchgesetzt. Diese gibt es in den verschiedensten Variationen und Leistungsklassen. Welche Module dann zum Einsatz kommen, ist von der Montageart (Aufdach- oder Indachmontage), der gewünschten Leistung, dem Preis und den eigenen architektonischen Ansprüchen abhängig. Bei der Montage ist darauf zu achten, starke Erwärmung der Platten bzw. einen Hitzestau darunter zu vermeiden. Denn je wärmer die Module werden, desto geringer ist der Wirkungsgrad.

Des Weiteren ist bei der Installation darauf zu achten, dass die Module nicht verschattet werden, da dies den Solarertrag beeinträchtigt. Auch kleinere Verschattungen haben bereits Auswirkungen. Der Neigungswinkel der Module bzw. des Daches ist für den Ertrag weniger ausschlaggebend als bei solarthermischen Anlagen. Die Neigung zur Waagrechten kann zwischen 5 und 90 Grad liegen. Die Ausrichtung der Module sollte im Idealfall nicht mehr als 40 Grad von Süden abweichen.

Um den Eigenverbrauch des selbst erzeugten Stroms zu erhöhen und gleichzeitig die Stromnetze zu entlasten, ist es sinnvoll diesen direkt zu verbrauchen, wenn er erzeugt wird (tagsüber) oder zwischenzuspeichern, um die Energie auch später (nachts) nutzen zu können. Eine Speicherung von Strom kann direkt über Akkumulatoren (Stromspeicher) oder bei vorheriger Umwandlung in Wärme (z.B. über Wärmepumpe, Heizpatrone) in einen Pufferspeicher erfolgen (Power to Heat). Durch ein Energiemanagementsystem kann somit gezielt der gespeicherte Strom oder die erzeugte Wärme genutzt werden.

Bei diesem Beispiel (Einfamilienhaus in Passivbauweise mit 185 m² Wohnfläche und einer Photovoltaikanlage mit 9,6 kWp (ca. 55 m²)) wird durch ein funkbasiertes Energiemanagementsystem ein Eigenstromverbrauch von ca. 60 % auch ohne einen Stromspeicher erreicht. Zudem erfolgt die Warmwasserbereitung zu fast 70 % über Photovoltaikstrom, durch ein elektrisches Aufheizen (2 kW Heizpatrone) eines separaten 200 l Trinkwarmwasserspeichers über die Mittagszeit.

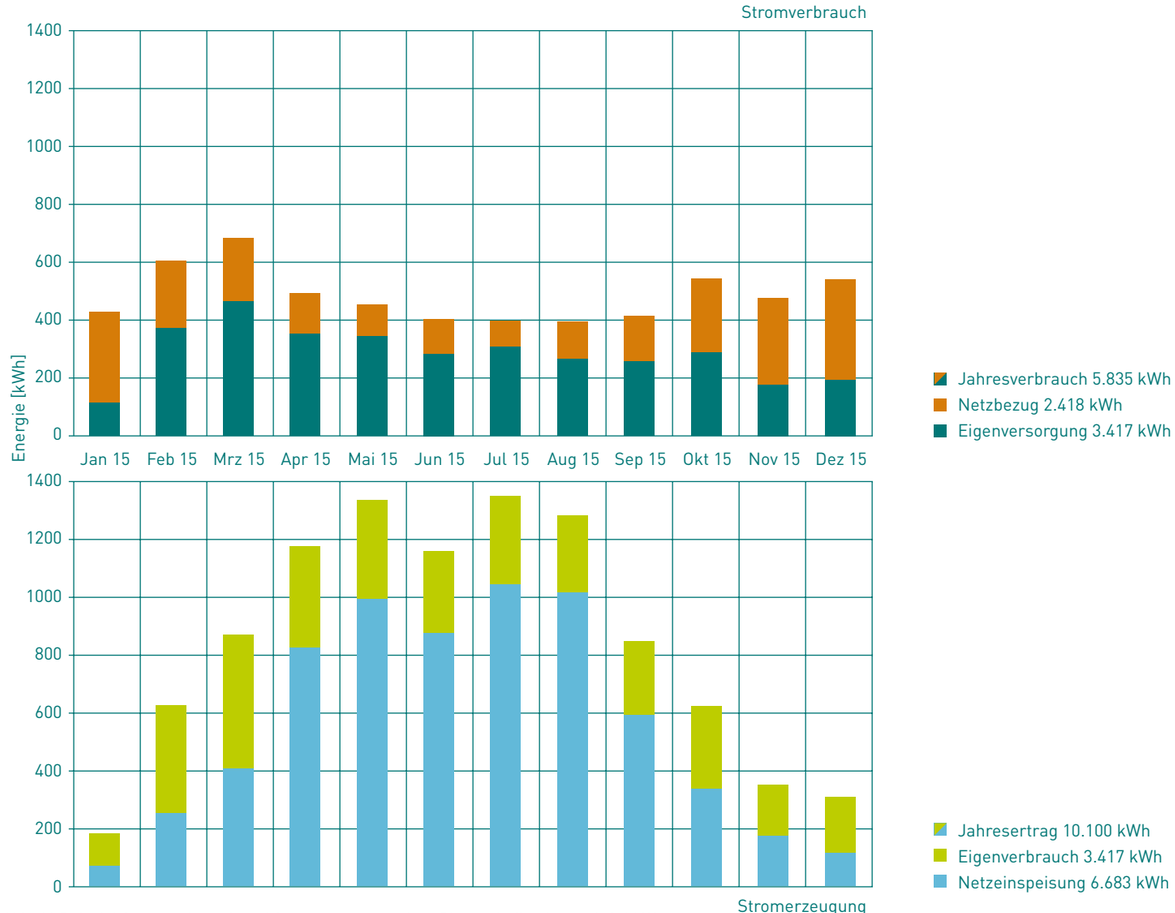


Abb. 41 Beispiel Stromverbrauch und Stromerzeugung einer Photovoltaikanlage mit 9,6 kWp

→ „Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

Wirksamkeit von Wärmpumpen
Immer häufiger werden Wärmepumpen als zentrales Heizsystem in Wohngebäuden eingesetzt. Innerhalb des Messprojektes konnte die Wirksamkeit von drei Wärmepumpenanlagen unterschiedlichster Bauart untersucht werden. Die Energieeffizienz von Wärmepumpensystemen wird aus dem Verhältnis der abgegebenen Nutzwärme zu der dem System zugeführten Antriebsenergie ermittelt. Diese wiederum ist von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und der erforderlichen Heiztemperatur abhängig. Grundsätzlich gilt: Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle aus der Umwelt und der erforderlichen Heiztemperatur (Vorlauftemperatur Heizkreis), umso geringer ist der Anteil der Antriebsenergie und umso größer ist die Effizienz der Anlage.

In der Praxis werden zwei verschiedene Kennzahlen unterschieden: die Leistungszahl (auch COP) – ein unter Teststandbedingungen ermittelter, momentaner Wert zum Vergleich der Geräte untereinander und die Jahresarbeitszahl (JAZ) – das eigentliche Effizienzmaß für den Endkunden. Für eine Bewertung der Gesamtanlage ist die Jahresarbeitszahl geeignet. Sie errechnet sich aus dem Verhältnis zwischen erzeugter thermischer Energie für Heizung und Warmwasserbereitstellung (in kWh), eingesetzter Antriebsenergie und verbrauchter Energie der Hilfsaggregate (z.B. Soleumwälzpumpen bzw. Förderpumpen) innerhalb eines Jahres. Nur nach dieser Berechnung ist eine wirkliche Bewertung der Energieeffizienz möglich, da hier auch Einflussgrößen wie Anlagenspezifikation, Jahresverlauf der Wärmequellentemperatur und Anteil der Warmwasserbereitung einfließen.

Gemäß Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) gelten bzw. galten Mindestanforderungen an die Effizienz (JAZ) von Wärmepumpen in Neubauten. Die JAZ sollten bei Sole/Wasser (Geothermie) und Wasser/Wasser-Wärmepumpen im Bereich von 4,0 (3,8 mit Warmwasserbereitung) und bei Luft/Wasser-Wärmepumpen bei 3,5 (3,3 mit Warmwasserbereitung) liegen. In der Tabelle 6 sind die im Messprojekt ermittelten Jahresarbeitszahlen aufgeführt. Die erste Sole/Wasser-Wärmepumpe erfüllt diese Anforderung für die Beheizung und Warmwasserbereitung. Die zweite Wärmepumpe unterschreitet diese Anforderung



Abb. 42 Pufferspeicher mit Sole-Wasser Wärmepumpe

leicht. Hier konnten unnötige Heizzeiten in den Sommermonaten ausfindig gemacht werden. Die JAZ der dritten Wärmepumpe weicht sehr von den Effizienzanforderungen ab. Gründe dafür sind die überwiegend direkt elektrisch betrieben Trinkwarmwasserbereitung dieses Kompaktsystems in der heizfreien Zeit, dass der Wärmebedarf allgemein sehr gering ist und der anteilige Stromverbrauch für die Lüftungsanlage nicht messtechnisch erfasst werden konnte.

Wärmepumpenart	Wärmequelle	Elektroenergie-verbrauch [kWh/a]	Wärmeenergie-erzeugung [kWh/a]	Jahresarbeitszahl Gesamtsystem [-]
Sole/Wasser-Wärmepumpe	Betonspeicher und Soleleitung	2.976	9.822	4,30
Sole/Wasser-Wärmepumpe	Erdreich/Erdsonden	2.298	7.881	3,43
Sole/Wasser-Wärmepumpe	Erdreich, Abluft	1.480	2.253	1,52 (inkl. Lüftungsanlage)

Tab. 6 Übersicht ermittelte Kennzahlen von elektrisch betriebenen Wärmepumpen

Optimierungsempfehlungen für Wärmepumpen
Der energetisch und wirtschaftlich optimale Betrieb von Wärmepumpen erfordert als komplexes technisches System eine fachgerechte Planung, eine qualifizierte Errichtung, einen sachgerechten Betrieb sowie eine regelmäßige Wartung.

Erdwärmepumpen, sprich Wärmepumpensysteme, die ihre Wärmeenergie aus dem Erdreich beziehen, verlangen für einen langjährigen effizienten Betrieb, dass sich Wärmeentzug und Wärmeeintrag über das Jahr ausgleichen. Wird mehr Wärme entzogen, als durch die Sonne oder das Grundwasser wieder eingetragen werden kann, wird die Effizienz der Wärmepumpe immer weiter sinken. Die Ursachen hierfür können vielfältig sein.

Häufige Ursachen für verminderte Effizienz von Wärmepumpen:
- → Keine Untersuchung bzw. Planung zum Wärmeentzugsverhalten des geologischen Untergrundes
- → Keine Planung der heizungstechnischen Anlage (Heizlastberechnung, Rohrnetzauslegung, hydraulischer Abgleich, Auslegung des Wärmeerzeugers, Bemessung der Systemtemperaturen, Größe des Pufferspeichers etc.)
- → Installation der Wärmepumpenanlage durch einen Fachbetrieb mit nicht ausreichender Qualifikation
- → Der Wärmequelle wird mehr Wärme entzogen als über das Jahr regeneriert werden kann
- → Betrieb der Wärmepumpe mit zu hohen Systemtemperaturen



Abb. 43 Sole-Wasser-Wärmepumpe im EFH



Abb. 44 Außeneinheit Luft-Wasser-Wärmepumpe in Splitausführung

Bei **Luftwärmepumpen** ist zu berücksichtigen, dass durch das Absinken der Quellentemperatur (Außenluft) bei gleichzeitig steigendem Wärmebedarf bereits thermodynamisch ein Effizienznachteil gegenüber Wärmepumpen mit gleichbleibend höheren Quelltemperaturen (Erdwärme- oder Grundwasserwärmepumpen) entsteht. Hohe Temperaturen auf der Bedarfsseite, wie bei Altbauten, verstärken diesen Effekt umso mehr. Bereits eine Erhöhung der Temperatur um ein Kelvin auf der Heizungsseite verringert die Effizienz um ca. 3 %. Daher ist es für jeden Wärmepumpentyp sinnvoll, für die Bedarfsseite ein möglichst niedriges Temperaturniveau zu wählen. Weiterhin kann es sinnvoll sein, höhere Systemtemperaturen (z.B. für die Warmwasserbereitung) teilweise mit Zusatzheizsystemen abzudecken.

Optimierungspotentiale liegen bei Wärmepumpensystemen, die bivalent betrieben werden und somit über mindestens einen weiteren Wärmeerzeuger verfügen, in der korrekten Einstellung des sogenannten „Bivalenzpunktes“. Dieser Punkt definiert die Grenze unter der die Wärmepumpe nicht mehr wirtschaftlich bzw. energetisch sinnvoll betrieben werden kann. Ist das Wärmeverteilnetz mit Heizkörpern und Heizflächen hydraulisch nicht oder nicht korrekt abgeglichen, kann durch einen fachgerechten hydraulischen Abgleich der Betrieb der Wärmepumpe ebenfalls effizienter gestaltet werden.

Weitere Informationen zu finden Sie in der Broschüre „Wärmepumpen – Heizen mit Wärme aus der Umwelt“ der Sächsischen Energieagentur.

Saisonale Wärmespeicherung in Beton

Bei einem Einfamilienhaus wird die überschüssige Wärme der 40 m² großen Solaranlage in einen Betonspeicher eingelagert. Das Gebäude wird von einer Elektrowärmepumpe und einem Solarkollektor mit Wärme versorgt. Hierbei nutzt die Wärmepumpe als Wärmequelle vorrangig einen saisonalen Wärmespeicher aus Beton, welcher durch den Solarkollektor beladen wird. Alternativ kann die Wärmepumpe einen kleinen Erdkollektor als Wärmequelle nutzen – nach Angabe des Bauherrn tritt dieser Betriebsfall allerdings vergleichsweise selten auf. Die Solaranlage kann – zusätzlich zur solaren Aufladung des Beton-Wärmespeichers – ebenfalls direkt in den Pufferspeicher des Heizungsnetzes einspeisen. Darüber hinaus würde die Anlage hydraulisch auch den Wärmepumpenbetrieb mit Solarthermieanlage als Wärmequelle erlauben – ohne „Umweg“ über den saisonalen Wärmespeicher – jedoch ist nicht bekannt, ob dieser denkbare Betriebsfall hier steuerungs-/regelungstechnisch implementiert ist. Wärme für Raumheizung (d.h. zur Versorgung des Heizkreises) wird aus dem Pufferspeicher bezogen. Die Trinkwassererwärmung erfolgt im Durchflussprinzip mit einem in den Pufferspeicher integrierten Wärmeübertrager.

Die Solaranlage konnte jährlich ca. 8.600 kWh überschüssige Wärme in den saisonalen Wärmespeicher einbringen. Aus diesem wurden ca. 2.300 kWh wieder entnommen. Dies entspricht einen Anteil von nur knapp 27 % der eingebrachten Wärme die im Winter wieder genutzt werden konnte. Es ist davon auszugehen, dass die Ursache für eine so geringe Ausnutzung darin begründet liegt, dass über das Jahr ein konstanter Wärmeaustausch mit dem Erdreich erfolgt. Die im Beton und dem Erdkollektor eingelagerte Solarwärme ist jedoch ausreichend, um die direkte bzw. indirekte Wärmeversorgung des Gebäudes in der Heizperiode zu unterstützen. Trotz der relativ hohen Wärmeverluste liegt die auf Nutzwärme (Heizwärme und Warmwasserbereitung) und elektrische Arbeit (Wärmepumpe, Umwälzpumpen und Regelungstechnik) bezogene Systemarbeitszahl bei ca. 4,3.



Abb. 45 lagenweiser Einbau der Wärmeübertragungsleitungen in den Beton



Abb. 46 Fertig eingebauter Betonspeicher als Hausfundament

2.5 Bewertung der Gebäudeenergieeffizienz

Sanierung mit Passivhauskomponenten Mehrfamilienhaus in Dresden	Baujahr	1998	
	Sanierungsjahr	2010	
	Gebäudenutzfläche A_N EnEV 2009 (aus PHPP)	273 m²	
	Endenergiebedarf Heizung EnEV 2009 (aus PHPP)	27,0 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	nicht verfügbar (el. TWW nicht ermittelt)	
	Heizwärmeverbrauch (bereinigt)	59,5 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	
Sanierung zum KfW-Effizienzhaus 55 Mehrfamilienhaus/ Baudenkmal in Zwickau	Baujahr	1908	
	Sanierungsjahr	2012–2014	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	398 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2009	45,2 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2009	38,2 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	34,1 kWh/m² (Ø 2015–2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	37,5 kWh/m² (Ø 2015–2017)	
Sanierung mit Passivhauskomponenten Einfamilienhaus in Dresden	Baujahr	ca. 1920	
	Sanierungsjahr	2012	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV (aus PHPP)	307 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2013 (aus PHPP)	58,4 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2013 (aus PHPP)	21,9 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	12,6 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	30,2 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	
Schrittweise energetische Sanierung Einfamilienhaus Nähe Chemnitz	Baujahr	1980	
	Sanierungsjahr	1995–2015	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	110 m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	41,4 kWh/m²a (2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	45,5 kWh/m²a (2017)	
Neubau Passivhaus Einfamilienhaus Nähe Stollberg	Baujahr	2009	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	154 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2009	12,6 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2009	32,8 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	43,7 kWh/m²a (Ø 2015–2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	122,2 kWh/m²a (Ø 2015–2017)	
Neubau Passivhaus Einfamilienhaus Nähe Pirna	Baujahr	2012	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	367 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2009	11,2 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2009	29,1 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	5,0 kWh/m²a (Ø 2016–2018)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	13,1 kWh/m²a (Ø 2016–2018)	
Neubau Passivhaus Einfamilienhaus in Dresden	Baujahr	2009	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	226 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2009	11,2 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2009	29,1 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	6,6 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	17,7 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	
Neubau Passivhaus Mehrfamilienhaus in Leipzig	Baujahr	2010	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	1562 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2009	17,6 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2009	20,0 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	21,0 kWh/m²a (Ø 2015–2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	14,7 kWh/m²a (Ø 2015–2017)	
Neubau KfW-Effizienzhaus 55 Einfamilienhaus in Leipzig	Baujahr	2014	
	Gebäudenutzfläche nach EnEV	173 m²	
	Endenergiebedarf EnEV 2009	82,2 kWh/m²	
	Primärenergiebedarf EnEV 2009	26,3 kWh/m²	
	Endenergieverbrauch (bereinigt)	42,0 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	
	Primärenergieverbrauch (bereinigt)	8,4 kWh/m²a (Ø 2016–2017)	

Tab. 7 Übersicht gemessene Energieverbräuche

→ „Evaluierung von Niedrigstenergiegebäuden in Sachsen“

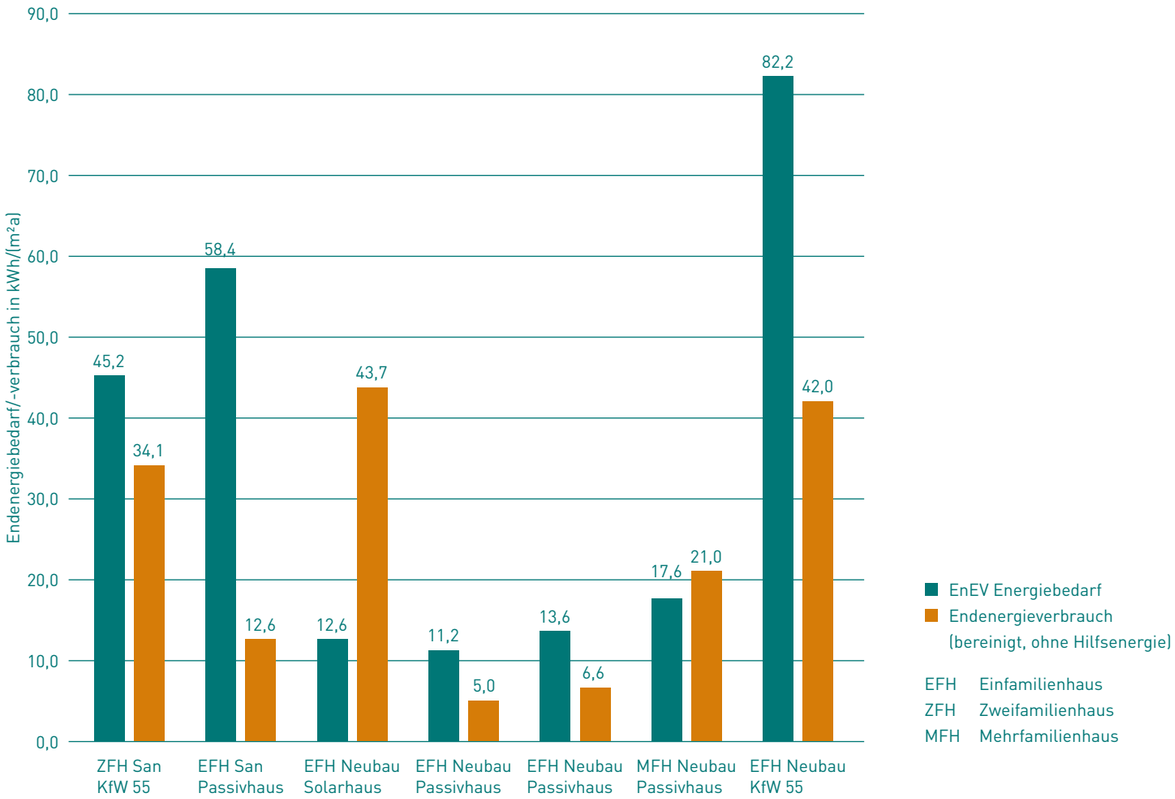


Abb. 47 Vergleich Endenergiebedarf nach EnEV und Endenergieverbrauch

Im Rahmen der Bewertung der Gebäudeenergieeffizienz erfolgte eine Betrachtung zwischen den realen Energieverbräuchen und den rechnerischen Energiebedarfswerten aus EnEV-Nachweisen. Für den Vergleich wurden die messtechnisch ermittelten Energieverbrauchswerte mit eigens für diesen Zweck vom Deutschen Wetterdienst erstellten Klimakorrekturfaktoren witterungsbereinigt – d.h. sie wurden auf das Referenzklima Standort Potsdam umgerechnet, welches auch für die Energiebedarfsberechnungen nach EnEV unterstellt wird. Der Endenergiebedarf nach EnEV berücksichtigt den Energiebedarf für die Beheizung des Gebäudes und Warmwasserbereitung sowie die Hilfsenergie. Die Hilfsenergie ist diejenige Energie, die zur Betreibung der Anlagentechnik notwendig ist z.B. der Stromverbrauch für Heizungspumpen und -steuerung oder Lüftungsventilatoren. Nach der EnEV-Bilanzierung bzw. nach DIN V 4701-10 beträgt die Hilfsenergie bei diesen Wohngebäuden zwischen 2–5 kWh/m²a bezogen auf die Gebäudenutzfläche. Bei den angegebenen Endenergieverbräuchen hingegen ist der Hilfsenergieverbrauch nicht enthalten, da dieser nur mit hohem Aufwand messtechnisch erfassbar wäre und auch nur einen geringen Anteil am Gesamtenergieverbrauch darstellt.

Das bedeutet, sollten die Kennwerte für Endenergiebedarf und Endenergieverbrauch aus der Tabelle 7 oder in der Abbildung 46 miteinander verglichen werden, sind diese 2–5 kWh/m²a noch gedanklich beim jeweiligen Endenergieverbrauch aufzuaddieren.

Insgesamt weisen alle untersuchten Gebäude eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz auf und unterschreiten die derzeitigen gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden. Wie in der Tab. 7 und der Abb. 47 zu erkennen, gibt es Abweichungen zwischen dem berechneten Endenergiebedarf nach EnEV und dem tatsächlich gemessenen Endenergieverbrauch, bzw. zwischen Primärenergiebedarf und -verbrauch. Diese Abweichungen können viele unterschiedliche Gründe haben.

Nachfolgend werden einige mögliche Gründe näher erläutert, um bei zukünftigen Projekten Ansatzpunkte für die Ursachenforschung bei solchen Abweichungen zu haben.

Abweichungen aufgrund von Berechnungsannahmen
Ein wesentlicher Grund sind abweichende konstruktive und technische Annahmen in den Energiebedarfsberechnungen während der Planung im Gegensatz zu den tatsächlich umgesetzten Maßnahmen. Eine abschließende Energiebedarfsberechnung nach EnEV, mit der Ausstellung eines rechtsgültigen Energieausweises, hat unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertig gestellten Gebäudes zu erfolgen, d.h. unmittelbar zur Fertigstellung. Die energetische Planung und Bilanzierung des Gebäudes bzw. eine Berechnung der Einhaltung von KfW-Anforderungen muss im Planungs- und Bauprozess begleitend erfolgen und muss aufgrund von eventuellen baulichen Änderungen in der Bauausführung stetig angepasst werden. Gemäß SächsEnEVDVO ist der Energieausweis für Neubauten und komplexe Sanierungen, in welchen eine EnEV-Berechnung erforderlich wurde, der zuständigen Baubehörde vor der Nutzungsaufnahme des Gebäudes vorzulegen. Ist die Aufnahme der Nutzung nach § 82 Abs. 2 SächsBO anzeigepflichtig, hat die Vorlage des Energieausweises zusammen mit dieser Anzeige zu erfolgen. Somit soll gewährleistet werden, dass in den Berechnungsnachweisen die korrekte bauliche und technische Umsetzung des Gebäudes berücksichtigt werden konnte. Im Messprojekt waren teilweise kein Energieausweis vorhanden, sodass auf die EnEV-Berechnungsergebnisse aus dem Passivhausnachweis (PHPP) für den Vergleich zurückgegriffen wurde. Weiterhin werden die Bedarfsberechnungen deutschlandweit auf ein mittleres Klima mit dem Referenzstandort Potsdam (TRY 2010, Region 4 /Potsdam) bezogen, damit im resultierenden Energieausweis alle Gebäude miteinander vergleichbar sind. An den eigentlichen Gebäudestandorten können aber abweichende Klimabedingungen auftreten, z.B. durch kältere Außentemperaturen oder weniger Sonnenstunden. Dies hat auch Auswirkungen auf die eigentliche Energiebilanz.

Abweichungen aufgrund von Nutzungsverhalten und Raumtemperaturen
Ein weiterer Grund für die Abweichung zwischen dem berechneten und dem gemessenen Endenergieverbrauch stellt das Nutzungsverhalten der Bewohner dar. In der Berechnung nach EnEV werden einheitlich festgelegte Nutzungsbedingungen für die Gebäude angenommen. Zum Beispiel werden nach DIN V 4108-6 für die Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs Raumtemperaturen in der Heizperiode von 19 °C gleichbleibend angesetzt. Die Messung der Raumtemperaturen hat jedoch gezeigt, dass diese zumindest in der Nutzungszeit oft bei über 22 °C liegen und dadurch höhere Wärmeverluste entstehen. Auch Lüftungswärmeverluste aufgrund von Fensterlüftung oder durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle (Infiltration) werden nach einer festgelegten Norm berechnet.

Abweichungen aufgrund von Planungs- und Baumängeln an der thermischen Gebäudehülle
Ein höherer Energieverbrauch entsteht auch durch Mängel in der Planung oder Bauausführung an der thermischen Gebäudehülle. Werden Wärmebrücken und ein Luftdichtheitskonzept in der Planung nicht berücksichtigt, kann es nicht nur zu einem höheren Energieverbrauch sondern auch zu Bauschäden oder Schimmelbildung kommen. Werden geplante Wärmebrücken- und Luftdichtheitsdetails auf der Baustelle nicht korrekt umgesetzt und überprüft, kann es ebenfalls negative Auswirkungen auf den Feuchte- und Wärmeschutz haben. Für jeden Neubau oder bei komplexen Sanierungen sind in der Planung der luftdichten thermischen Gebäudehülle alle wesentlichen Wärmebrücken zu betrachten, die entsprechende bauliche Umsetzung zu planen und die Ausführung zu überprüfen. Hierbei ist auch die Überprüfung des Lüftungskonzepts notwendig und die Einweisung der Bewohner zum „richtigen Heizen und Lüften“. Geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen wie auf Seite 39 beschrieben, helfen dabei ein auf Dauer bauschadenfreies und energieeffizientes Gebäude zu erhalten.

Abweichungen aufgrund von mangelhafter Betriebsweise technischer Anlagen
Wie unter „2.4 Untersuchung der Energieeffizienz technischer Anlagen“ dargestellt, gibt es viele Optimierungspotentiale in der Betriebsweise von technischen Anlagen. In der Planung wird von einem bestimmungsgemäßen und energieeffizienten Betrieb der Anlagen ausgegangen und zudem wird das gesamte Heiz- oder Lüftungssystem als hydraulisch abgeglichen ang nommen, sodass Erzeugungs-, Übertragungs- und Bereitstellungswärmeverluste minimiert sind und der gesamte Anlagenwirkungsgrad steigt. In der Praxis wird jedoch oft kein genauer hydraulischer Abgleich und eine Betriebsoptimierung der Heizungs- oder Lüftungsanlage in der Nutzungsphase durchgeführt. Als „Begründung“ werden hierfür oft entstehende Mehrkosten und ein erhöhter Zeitaufwand genannt. Der hydraulische Abgleich ist aber beim Einbau von neuen Heizsystemen sowohl im Alt- als auch im Neubau eine gesetzlich erforderliche Leistung und somit eigentlich kein Mehraufwand. Ohne die Ermittlung des Wirkungs- oder Nutzungsgrades einer Heizungsanlage, ist eine Aussage zum energieeffizienten Betrieb nicht möglich. Besonders beim Einbau von Wärmepumpen ist die Ermittlung der genauen Jahresarbeitszahl (JAZ) nötig, um zu sehen ob die Anlage auch so effizient läuft wie geplant.

TIPP!
Ihr Bordcomputer im Auto zeigt Ihnen genau an, wenn der Treibstoffverbrauch höher als gewöhnlich ist. Sie würden es zeitnah in der Werkstatt überprüfen lassen.

Und wie ermitteln Sie den Verbrauch Ihrer Heizung, kennen Sie deren Effizienz oder Wirkungsgrad?
Installieren Sie mit der Errichtung Ihrer Heizungsanlage schon von Anfang an sinnvolle Messeinrichtungen, um einen Überblick über Brennstoff- bzw. Stromverbräuche und abgegebene Wärmemengen (Heizung und Trinkwarmwasser) zu erhalten.

Die Ingenieure der SAENA beraten Sie hierzu gern.

3 Empfehlungen zur Sicherstellung der energetischen Qualität zukünftiger Wohnbauten

3.1 Allgemeine Empfehlungen

Die allgemeinen Empfehlungen sollen Bauherren helfen, die komplexe Thematik des energieeffizienten Bauens besser zu verstehen, um die bauliche und energetische Qualität des Vorhabens zu verbessern bzw. dauerhaft zu erhalten. Hierfür werden folgende Vorgehensweisen und Themen erläutert:

- ✓ **Informieren und Wissensaneignung**
- ✓ **Planen und Bauen mit qualifizierten Fachleuten – am Besten im Team**
- ✓ **Qualitätssicherung durch geeignete Maßnahmen**
- ✓ **Fachgerechte Inbetriebnahme und Übergabe technischer Anlagen**
- ✓ **Regelmäßige Wartung von Gebäudekomponenten und technischen Anlagen**
- ✓ **Überprüfung der Energieeffizienz des Gebäudes und der Technischen Ausrüstung**

Informieren und Wissensaneignung
Viele zukünftige Bauherren stellen sich oft die Fragen „Sollen wir neu bauen oder sanieren?“, „Wo finden wir noch bezahlbare Baugrundstücke oder Immobilien?“, „Welche Heizung ist die Richtige?“, „Lieber massiv oder mit Holz bauen?“ oder „Sollen wir mit einem Architekten oder einen Komplettanbieter bauen?“. Nur wenige machen sich dann schon Gedanken über gesetzliche Anforderungen, die Energieeffizienz oder zur Sicherstellung der baulichen und energetischen Qualität. Wer ein dauerhaft energieeffizientes und in der Unterhaltung kostengünstiges Gebäude haben möchte, sollte sich auch über geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen mit der Überprüfung der geforderten Energieeffizienz Gedanken machen. Diese gehören aber zu den wesentlichsten Aspekten, die bei einem Bauvorhaben mit geklärt werden müssen, um auf lange Sicht viel Freude im eigenen Wohnraum haben zu können. Bevor Sie mit einem Bauvorhaben beginnen, ist es wichtig sich genauer zu informieren.

Sächsische Bauherrenmappe
Als Vorbereitung für Gespräche zwischen Bauherren und den am Bau Beteiligten kann die Bauherrenmappe der Sächsischen Energieagentur bereits erstes Basiswissen vermitteln. Neben sehr praktischen Informationen zur Wahl der Baustoffe oder der Heizungsanlage wird auf Themen, wie rechtliche Rahmenbedingungen, Genehmigungen, Planungsgrundlagen und Finanzierung näher eingegangen. Weiterhin werden detailliertere Informationen zu aktuellen gesetzlichen Grundlagen, die Wirtschaftlichkeit und mögliche Fördermöglichkeiten von Bauvorhaben aufgezeigt. Im Teil „Regionales“ stellen zahlreiche sächsische Städte, Gemeinden und Landkreise regionale Informationen zu Ansprechpartnern für die Baugenehmigung, Medienauskünfte, Satzungen und Fachunternehmen bereit. Hinweise zu weiteren Informationsquellen und hilfreiche Checklisten runden diese Informationsmappe ab.



Abb. 48 Bauherrenmappe der Sächsischen Energieagentur

Die Sächsische Bauherrenmappe ist ein Leitfaden rund um das Thema energieeffizientes Bauen und Sanieren von Wohngebäuden und unterstützt Bauherren vom Beginn der Planung bis zur Endabnahme. Der praktische Leitfaden ist als Ringordner und immer aktuell online unter **www.digitale-bauherrenmappe.de** kostenfrei verfügbar.



MACH MIT.
BAU NACHHALTIG.
Energieeffizientes Bauen in Sachsen

Fachfilme zum Energieeffizienten Bauen und Sanieren
Die Kurzfilme der SAENA bieten einen schnellen Überblick der praktischen fachlich korrekten Umsetzung des aktuellen Stands der Technik für die Themengebiete:



- **Luftdichtheit Gebäude – Blower-Door-Test**
- **Feuchteschutz von Gebäuden – Schimmel vermeiden!**
- **Fenstermontage im Altbau**

- **Innendämmung im Altbau**
- **Außendämmung mit Mineralwolle**
- **Dach-Einblasdämmung**



Scannen Sie den QR-Code oder schauen Sie unter www.saena.de!

Fachbroschüren zum Energieeffizienten Bauen und Sanieren
Informieren Sie sich noch genauer zu verschiedenen Themen im Bereich des energieeffizienten Bauens, zum Beispiel zu den Themen Energetische Sanierung, Energieausweis, Gebäudedämmung, Smart Home, Wohnraumlüftung, Wärmepumpen, Beleuchtung. Die Fachbroschüren der SAENA stehen Ihnen als Download zur Verfügung. Sie können diese aber auch direkt kostenfrei bestellen. Gern können Sie uns Ihre Bestellung auch per Mail, Fax oder Post (Kontakt siehe Impressum) senden oder telefonisch übermitteln.



Kostenfrei downloaden und bestellen unter www.saena.de/broschüren

→ Sicherstellung der energetischen Qualität

Bauherrenberatung
Eine unabhängige Bauherrenberatung hilft die bevorstehenden komplexen Aufgaben besser zu verstehen, das Bauvorhaben fachlich besser einzuschätzen und Entscheidungen qualifizierter treffen zu können. Bauherren- bzw. Gebäudeenergieberatungen werden durch unabhängige Dienstleister, wie Energieagenturen, Verbraucherzentralen, Ingenieurbüros oder Energieberater angeboten und von Bund und Ländern gefördert.
Für Ratsuchende, die ein Gebäude errichten oder sanieren möchten, stehen kompetente Architekten und Ingenieure der Sächsischen Energieagentur zur Verfügung. In einem persönlichen Gespräch können erste Fragen zum geplanten Bauvorhaben und zu aktuellen gesetzlichen Anforderungen und Fördermöglichkeiten beantwortet werden. Ob am Telefon, in Beratungsgesprächen, auf Veranstaltungen oder Fachmessen, nehmen sich die kompetenten Fachleute der SAENA Ihrer Fragen an.

Rufen Sie an und vereinbaren einen kostenfreien Beratungstermin!
Beratertelefon: 0351 4910-3179
Mailanfrage: info@saena.de
Internet: www.saena.de/beratung

Planen und Bauen mit qualifizierten Fachleuten – am Besten im Team
Um ein Gebäude rechtssicher, bauschadens- und mängelfrei und auch dauerhaft energieeffizient errichten bzw. modernisieren zu können, ist ein sehr fachkundiger Architekt bzw. Ingenieur, ein Fachplaner für die technischen Anlagen und oft zusätzlich ein Gebäudeenergieberater – am besten alle in einem Team erforderlich. Die Bauausführung für energieeffiziente Gebäude sollte durch speziell im Themengebiet „Energieeffizientes Bauen" geschulte Handwerksunternehmen durchgeführt werden, die Weiterbildungen (z.B. Teilnahmebescheinigung von Kammern und Verbänden oder SAENA) oder Referenzen von umgesetzten energieeffizienten Gebäuden vorweisen können. Die Einweisung der ausführenden Handwerker in die energetischen Qualitätsanforderungen und die Koordination von gewerkeübergreifenden Baumaßnahmen (Schnittstellen) ist durch die die beauftragten Planer zu gewährleisten. Für die Qualitätssicherung ist eine externe Bauüberwachung mit einem Qualitätsprüfer einzubeziehen. Die energetische Fachplanung und Baubegleitung durch einen Experten für Energieeffizienz wird auch über Bundesprogramme gefördert.

TIPP! Wenn Sie ein gebrauchtes oder auch neues Auto kaufen wollen, dann nehmen Sie einen KfZ-Experten mit bzw. befragen diesen, da er Sie unabhängig berät.

Fragen Sie unabhängige Experten, wenn Sie ein Gebäude bauen, erwerben bzw. sanieren möchten – eine Investition, die sich lohnt.



Im Netzwerk „Energie-Experten-Sachsen" der Sächsischen Energieagentur finden Sie geprüfte Fachleute für die Planung, Ausführung und Überwachung von Neubauten und Sanierungen sowie der Einbindung von Elektromobilität. In diesem Online-Portal können Sie gezielt nach einem Ansprechpartner in Ihrer Region suchen, entweder über die Sachsenkarte oder einfach über die Postleitzahlensuche. Alle aufgeführten Personen und Unternehmen haben ihre Kenntnisse und Qualifikationen der SAENA gegenüber nachgewiesen und Referenzen auf deren Detailseite innerhalb dieser Webseite veröffentlicht.

Energieberater für Gebäude für:
- → Einfache Gebäude
- → Gebäude mit mittleren Anforderungen
- → Komplexe Gebäude mit hohen Anforderungen

Fachunternehmen für hocheffizientes Bauen und Sanieren für:
- → Planung von Bau- und Sanierungsvorhaben
- → Umsetzung – Bauunternehmen, Anbieter für Baustoffe und Gebäudetechnik
- → Qualitätssicherung – Thermographie, Blower-Door-Test

Energieeffizienzhandwerker SHK (Sanitär-Heizung-Klima) geschult in:
- → Betriebsoptimierung und Effizienzsteigerung von Heizungs- und Warmwasseranlagen
- → Hydraulischer Abgleich und Effizienz von Heizungs- und Warmwasseranlagen
- → Technologien zur Wärmeerzeugung

Kompetenzträger in der Elektromobilität für:
- → Bildungs-/Forschungseinrichtung
- → Kommune/Gemeinde
- → Politik und Verbände
- → Unternehmen

Qualitätssicherung durch geeignete Maßnahmen
Die Qualitätssicherung oder Qualitätskontrolle beinhaltet Ansätze und Maßnahmen zur Sicherstellung festgelegter Qualitätsanforderungen an das Bauwerk und die Bauleistungen. Sie erfolgt baubegleitend bei Gebäudebegehungen und zur Bauabnahme durch entsprechende Sachverständige. Eine baubegleitende Qualitätssicherung hilft vor allem bei der Vermeidung von Baumängeln während des Bauprozesses. Hiervon profitieren die ausführenden Unternehmen, deren Kunden, die Planer, Handwerker, Installateure und Bauleiter gleichermaßen. Die wichtigsten Prüfbereiche sind: Brandschutz, Statik, Wärme- und Feuchteschutz, Schallschutz, Luftdichtheit und technische Gebäudeausrüstung.
Auf jeden Fall ist die Einbeziehung eines externen Sachverständigen, wie z.B. eines Architekten oder Bauingenieurs, der die Interessen des Bauherren vertritt zu empfehlen. Mängel an der Gebäudekonstruktion können auf diese Weise im Bauablauf schnell erkannt und beseitigt werden. Des Weiteren wird durch eine vollständige und gründliche Baudokumentation inkl. vieler Fotos die Beweissicherung gewährleistet.
Die luftdichte und wärmebrückenfreie Ausführung sollte immer mit einem Luftdichtheitstest („Blower-Door-Test") inklusive einer Ortung von Leckagen in der luftdichten Gebäudehülle mittels Thermografiekamera durchgeführt werden. Eine reine Sichtprüfung der luftdichten Gebäudehülle oder der Wärmebrücken hilft nur grobe Mängel zu entdecken, aber nicht die verdeckten oder vielen kleineren. Diese können nur durch einen Luftdichtheitstest ausfindig gemacht werden.
Die Qualitätssicherung auf Seiten der technischen Gebäudeausrüstung beinhaltet alle Maßnahmen durch die sichergestellt werden kann, die gemäß Auftragsinhalt geforderten technischen und qualitativen Anforderungen an die versorgungstechnischen Anlagen sichergestellt und zur Abnahme auch nachgewiesen werden können. Beispielhaft zählen Teilabnahmen, Leistungsfeststellungen, Funktionsnachweise, Druckproben, hydraulische Einstellprotokolle und Abnahmen durch Sachverständige zu den möglichen Qualitätssicherungsinstrumenten. Hier gilt der Grundsatz, dass je schwieriger oder unmöglicher eine Mängelbeseitigung nach der Abnahme der Leistung ist, umso belastbarer sollte der Nachweis der vertraglich vereinbarten Qualität gegenüber dem Auftraggeber oder Bauherren erfolgen. Beispiele hierfür sind alle Leistungen im Themengebiet von Erdsonden oder Bodenkollektoren, Rohrleitungs- und Elektroinstallationen in Wänden oder Vorwänden bzw. saisonalen Wärmespeichern.

Thermografie

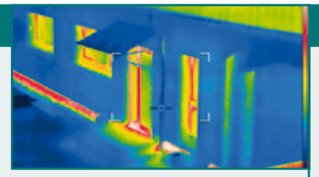


Abb. 49 Thermografieaufnahme eines ungedämmten Gebäudesockels

Die Gebäudethermografie als berührungslose, bildgebende Infrarot-Temperaturmessmethode, ermöglicht die zuverlässige Ortung und Quantifizierung von thermischen Fehlstellen und dient der Visualisierung und somit der Lokalisierung von Schadstellen und Baumängeln in der Gebäudehülle ohne Beeinflussung des Messobjektes. Eine Außenthermografie kann in der Regel nur zur orientierenden Messung herangezogen werden. Für aussagekräftige Messungen sind auch Innenaufnahmen durchzuführen. Viele bauphysikalisch wichtige thermische Signaturen werden erst aus dem Innenbereich sichtbar. Untersucht werden können u.a. Dämmungen, Wärmebrücken, Leckagen, Feuchte, Leitungsverläufe, (verdecktes) Fachwerk. Die Thermografie kann der baulichen Bestandsaufnahme als Grundlage für Sanierungsmaßnahmen sowie der Qualitäts- und Verarbeitungskontrolle dienen. Die Kosten für eine Thermografiemessung durch einen erfahrenen Fachmann liegen je nach Größe des Wohngebäudes zwischen 100–300 €. Die Untersuchung dauert rund 1–2 Stunden.

Für eine aussagekräftige Thermografie müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:
- → Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von mindestens 15 Kelvin
- → gleichmäßige Beheizung des Gebäudes von mindestens 24 h
- → keine Befeuchtung der Gebäudehülle
- → Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s
- → kein Regen, Schnee oder dichter Nebel für die Außenaufnahmen
- → keine Sonneneinwirkungen, auch vor der Messung, zur Vermeidung verfälschter Messergebnisse

Luftdichtheitstest



Abb. 50 Luftdichtheitstest

Mit dem Differenzdruck-verfahren nach DIN EN 13829, oft auch "Blower-Door-Test" genannt, wird die Luftdurchlässigkeit von Gebäuden ermittelt. Dieses Messverfahren dient nicht nur zur Ermittlung der Luftwechselrate n50, sondern hilft vor allem die baulichen Ausführungen an der luftdichten Gebäudehülle genauer zu überprüfen. Um Baumängel rechtzeitig identifizieren zu können, sollte diese Messung in Verbindung mit einer Leckageortung bei allen Neubauten und bei komplexen Sanierungen rechtzeitig durchgeführt werden. Der geeignetste Zeitpunkt ist, wenn die Arbeiten an der luftdichten Ebene komplett abgeschlossen und diese noch zugänglich sind (z.B. keine Trockenbauverkleidungen). Dieser Messzeitpunkt wird in der o.g. Norm auch mit dem „Verfahren B" umschrieben. Das „Verfahren A" hingegen ist der Zeitpunkt zur kompletten Fertigstellung des Gebäudes. Für die Leckageortung wird im Gebäude ein Unterdruck von 50 Pa zur Umgebung eingestellt. Während diese Druckdifferenz konstant gehalten wird, kann das gesamte Gebäude auf Undichtheiten untersucht werden. Die Kosten für eine Luftdichtsheitsmessung mit ergänzender Leckageortung liegen je nach Größe des Wohngebäudes zwischen 400–700 €. Die Untersuchung dauert rund 2–3 Stunden.

Die Aufnahme der Leistungsposition „Qualitätssicherung" im Bauvertrag zur Durchführung des Differenzdruckverfahrens nach DIN EN 13829 mit zusätzlicher Leckageortung, hilft die Ausführungsqualität zu steigern. Darüber sind alle beteiligten Gewerke vor Baubeginn zu informieren.

Ausführliche Infos erhalten Sie im SAENA-Kurzfilm „Luftdichtheit Gebäude – Blower-Door-Test" unter www.saena.de.

→ Sicherstellung der energetischen Qualität

Fachgerechte Inbetriebnahme und Übergabe technischer Anlagen

Die Inbetriebnahme einer wasserführenden Heizungsanlage besteht aus verschiedenen Leistungen. Beispielsweise muss eine Dichtheitsprüfung des gesamten hydraulischen Systems und ein "Probeheizen" durchgeführt werden. Vor dem ersten Aufheizen muss zudem die Heizungsanlage fachgerecht gespült werden, um mögliche Fremdstoffe zu entfernen. Durch die Dichtheitsprüfung (bevor Leitungen überbaut bzw. überdeckt werden) wird sichergestellt, dass alle Systembauteile dicht sind. Auch eine Behandlung des Heizungswassers (enthärten oder entsalzen) kann notwendig werden und ist bereits in der Planung abzuklären. Ist die Heizung funktionstüchtig wird die Steuerung programmiert u.a. mit der Einstellung der Heizkurve und Heizzeiten. Für einen bestimmungsgemäßen und effizienten Betrieb der Heizung ist noch ein hydraulischer Abgleich durchzuführen. Dieser soll auch sicherstellen, dass sämtliche Wärmeübergabesysteme ausreichend Wärme erhalten. Erst nach diesen genannten Arbeiten erfolgt die eigentliche Abnahme der Heizung. Unabdingbar für die Übergabe bzw. Abnahme der Heizung ist ein Inbetriebnahme- und Einweisungsprotokoll, das Auftragnehmer und Auftraggeber gemeinsam überprüfen und zur Kenntnis nehmen. In diesem Protokoll sollten u.a. die genannten Arbeiten enthalten sein, aber auch die Überprüfung der Funktionsfähigkeit der einzelnen Bauteile, die Wärmedämmung der Rohrleitungen nach gesetzlichen Anforderungen, die Dokumentation von Einstellwerten und Gerätedaten sowie die Protokollierung von Restarbeiten und Mängelbeseitigung.

Weitere Informationen zum Thema Hydraulischer Abgleich finden Sie in der Broschüre "Hydraulischer Abgleich für Heizungssysteme" und Informationen zur Inbetriebnahme und Übergabe von Wohnraumlüftungsanlagen in der Broschüre "Wohnungslüftung – Grundlagen, Anforderungen und technische Lösungen" der Sächsischen Energieagentur.

Wartung von Gebäudekomponenten und technischen Anlagen

Wie in den Thermografiebildern unter „2.3 Untersuchung und Optimierung der thermischen Gebäudehülle“ deutlich zu erkennen, sollten alle Fenster- und Außentürelemente regelmäßig hinsichtlich der Betriebsbereitschaft und Betriebssicherheit geprüft werden. In der Nutzung können sich besonders größere Elemente wie Terrassentüren verziehen und verstellen, so dass ein luftdichter Verschluss oder die volle Funktionsfähigkeit nicht mehr gegeben ist. Über das Nachstellen der Schließzapfen und Einstellschrauben der Eck- und Scherenlager können diese Elemente wieder richtig eingestellt und der Anpressdruck verstärkt werden. Des Weiteren muss regelmäßig eine Einfettung der beweglichen Teile und die Pflege der Fenstergummidichtungen gegen, um Austrocknung zu vermeiden, erfolgen. Alle genauen Informationen hierzu finden Sie in den Herstellerunterlagen.

Für die technischen Anlagen, wie z.B. die Heizungs- oder Lüftungsanlage, sollte auf jeden Fall ein Wartungsvertrag mit der Installationsfirma geschlossen werden. Garantieansprüche gegenüber Herstellern können i.d.R. nur geltend gemacht werden, wenn die Wartungsanweisungen der Hersteller nachweislich eingehalten wurden. Jeder Hersteller gibt genaue Empfehlungen für die Wartung mit Umfang und Zeitintervallen bekannt. Diese sollten als Grundlage für den Wartungsvertrag verwendet werden, um eine lange Lebensdauer zu erzielen und mögliche Fehler in der Betriebsweise beheben zu können.



Abb. 51 Wartung einer Heizung

Je nach rechtlicher Grundlage des Bauvertrages (VOB oder BGB) kann der Zeitraum der Gewährleistung davon abhängen, ob ein Wartungsvertrag abgeschlossen wurde oder nicht. Zudem müssen für die Betriebserlaubnis von gas-, öl- und holzbefeuerten Wärmeerzeugern intervallabhängig die Einhaltung der Anforderungen des Immissionsschutzgesetzes durch den zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister überprüft werden. Alle Komponenten bei denen es im Betrieb durch Verschleiß oder natürliche Alterungsprozesse zu Veränderungen im Betriebsverhalten oder der technischen Qualität kommt oder kommen kann, sind zu warten. Veränderungen in den Gewohnheiten der Nutzer des Gebäudes erfordern ggf. auch eine Anpassung der regelungstechnischen Einstellungen der Heizungsanlage.

Überprüfung der Energieeffizienz des Gebäudes und der Anlagentechnik

Eine sinnvolle regelmäßige Überprüfung der Energieeffizienz des Gebäudes erfordert zu allererst eine ausreichende Anzahl von Messeinrichtungen, um den Energieverbrauch anhand der hierfür verantwortlichen Randbedingungen Außentemperatur und Nutzungsrandbedingungen (Heizzeiten, Raumtemperaturen, Warmwassertemperaturen) bewerten und signifikante Veränderungen im Jahresvergleich frühzeitig erkennen zu können.

Mögliche Messeinrichtungen sind:

- → Energiezähler für Strom, Gas und Öl
- → Zähleinrichtungen für Kaltwasser und Warmwasser
- → Temperaturmessfühler für die Vor- und Rückläufe der Heizkreise und der Warmwasserbereitung ggf. Temperaturen der Lüftungsanlage



Abb. 52 Überwachung der Energieeffizienz mit Smart Home Anwendungen

Um einen schnellen und sinnvollen Vergleich durchführen zu können, haben sich graphische Darstellungen bestens bewährt. In der einfachsten Form werden händisch protokollierte Verbrauchsdaten regelmäßig in Excel eingetragen und in Diagrammform dargestellt. Eleganter ist die Nutzung von Protokollierungslösungen, die bereits Bestandteil installierter oder verbauter haustechnischer Komponenten wie Heizungspumpen oder Photovoltaikanlagen sind. Mittels genannter einfacher Verbrauchsvergleiche erkennt man sehr schnell Abweichungen vom üblichen Durchschnittsverbrauch und kann hierauf reagieren. Häufig finden Gebäudenutzer selbst die Ursache erhöhter Verbräuche. Sind die Gründe nicht trivial und sofort ersichtlich, ermöglicht das frühzeitige Erkennen von Abweichungen das zeitnahe Einschalten von fachkundigen Spezialisten. Im „Smart Home“-Bereich werden bereits viele Lösungen angeboten, die mit einfachen Mitteln die Überwachung der Energieeffizienz von Heizungen und Stromverbrauchern ermöglichen.

Weitere Informationen finden Sie in der Broschüre „Smart Home – Wohngebäude intelligent vernetzt“ der Sächsischen Energieagentur.

3.2 Spezifische Empfehlungen

Die spezifischen Empfehlungen sollen weitere Anregungen geben, die bei der Planung von hocheffizienten Gebäuden berücksichtigt werden sollten, um die Energieeffizienz des Vorhabens zu verbessern und auch um Baukosten verringern zu können.

Optimierung der Gebäudeausrichtung für Neubauten

Die Gebäudeausrichtung sowie der Standort eines Gebäudes sind im Nachhinein nicht mehr zu verändern. Bereits in der Planung von Neubauten sollte die Chance für eine optimale Ausrichtung ergriffen werden. Dies ist von den Kommunen und Städten bereits bei der Erstellung von Bebauungsplänen zu berücksichtigen. In der Solararchitektur sind Wohngebäude mit ihren Hauptnutzungszonen und Dachflächen nach Süden auszurichten, um eine maximale passive und aktive Nutzung der Solarenergie zu gewährleisten. Eine aktive Nutzung kann zum Beispiel durch Solaranlagen (Photovoltaik oder Solarthermie) erfolgen. Bei einer passiven Nutzung sind die nutzbaren Solarerträge in der Heizperiode über die Fenster gemeint. Dabei sind Abweichungen von Süden bis zu 40° mit nur geringen Verschlechterungen des möglichen solaren Eintrags verbunden. Auch die Platzierung auf dem Grundstück hinsichtlich Verschattungen des Gebäudes sollte richtig geplant werden. Hier sind auch spätere mögliche Bebauungen und Bepflanzungen zu beachten.



Abb. 53 Neubau Einfamilienhaus in Südausrichtung

Optimierung der Gebäudeform

Die Wärmeverluste eines Gebäudes werden zum wesentlichen Teil durch Transmissionswärmeverlust über die Hüllfläche des Gebäudes (Thermische Gebäudehülle) verursacht, auch bei gut gedämmten Gebäuden. Je kompakter ein Gebäude aber ist, d.h. je günstiger das A/V-Verhältnis (Hüllfläche/beheizten Volumen) ist, desto geringer sind die benötigten Heizenergiekosten.

Bei energetischen Sanierungen kann zum Beispiel durch eine Aufstockung oder einen Anbau auf voller Fassadenbreite eine höhere Kompaktheit erzielt werden. Anbauten wie Erker und Balkone, die dreiseitig an die Außenluft angrenzen, sollten wärmetechnisch optimiert oder ggf. rückgebaut werden.

→ Sicherstellung der energetischen Qualität

Auswahl eines geeigneten Energiekonzeptes

Bauherren stehen beim Hausbau häufig vor der Frage, welche anlagentechnische Ausstattung das Wohnhaus erhalten soll. In den meisten Fällen beziehen sich diese Fragen ausschließlich auf die Art der Heizungsanlage, da aus der Erfahrung die jährlichen Kosten, die für die Wärmeversorgung bestehender Gebäude aufgewendet werden müssen, am höchsten sind.

Auf Grund der aktuellen Anforderungen an die Mindestenergieeffizienz von Gebäuden ist diese Fragestellung heute überholt. Heutige energieeffiziente Gebäude haben einen Heizwärmeverbrauch zwischen 15 kWh/m²a und 50 kWh/m²a. Je nach Energieträger entspricht dies monatlichen Heizwärmekosten zwischen 0,60 €/m²a und 3,50 €/m²a. Bezogen auf eine Wohnfläche von 150 m² liegen die Kosten für Heizwärme somit bei jährlich maximal 525 €/a und im günstigsten Fall bei ca. 90 €/a. Ausgehend von einer mittleren Lebensdauer technischer Anlagen von 15 Jahren betrüge das aus der dargestellten Kostendifferenz maximal refinanzierbare Investitionsvolumen 6.525 €, für die Anlagenvariante mit den niedrigsten Wärmekosten. Aus diesem Vergleich ist deutlich ersichtlich, dass es beim aktuell verordnungsrechtlich geforderten energetischen Gebäudeniveau zumindest schwierig sein wird, effizientere anlagentechnische Lösungen ausschließlich aus der Einsparung von Heizkosten zu finanzieren.

Deutlich sinnvoller ist es, den Haushaltsstrombedarf innerhalb des Energiekonzeptes zu berücksichtigen. Bereits heute liegen die Stromkosten für einen 4-Personenhaushalt (ca. 1.000 kWh/(Person x a)) mit ca. 1.120 €/a über dem doppelten der maximalen Wärmekosten für das oben beschriebene Beispiel. Ein Energiekonzept, welches die Reduzierung der Stromkosten beinhaltet (z.B. durch Installation einer Photovoltaikanlage) bietet deutlich höhere wirtschaftliche Potentiale. Eine Photovoltaikanlage mit optimaler Ausrichtung refinanziert sich bei aktuellen Preisen in ca. 20 Jahren ausschließlich über die derzeit geltende EEG-Einspeisevergütung. Aktuell dürfen maximal nur 70 % der erzeugten Strommenge ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Je nach Höhe des selbst genutzten Solarstroms verbessert sich die Refinanzierbarkeit auf 10 bis 15 Jahren. Der Eigenverbrauch kann durch eine Wärmepumpe, eine elektrische Warmwasserbereitung oder einen Stromspeicher stark erhöht werden.

Da sich durch die verordnungsrechtlich vorgegebenen Berechnungsrandbedingungen, Gebäudehülle und versorgungstechnische Lösung gegenseitig beeinflussen (höherer Dämmstandard → niedrigeres primärenergetisches Anforderungsniveau an die Wärmeversorgung; primärenergetisch günstigerer Energieträger → etwas niedrigerer Dämmstandard sollte ein Energiekonzept immer das betriebswirtschaftliche Optimum aus den verordnungsrechtlich zulässigen Ausführungsvarianten von Gebäudehülle und Anlagentechnik empfehlen, wobei die Möglichkeit der Installation einer Photovoltaikanlage zur Reduktion der Verbräuche von Haushalts- und Hilfsstrom berücksichtigter Bestandteil sein sollte.

Mögliche Heizungsvarianten

In den energiesparrechtlichen Vorschriften wird keine Heizungsvariante direkt vorgegeben. Die sogenannte Technologieoffenheit soll somit gewahrt bleiben. Für Wohngebäude wird aber im rechnerischen Nachweisverfahren für die Referenzheizung eine Brennwertanlage mit einer Solaranlage zur Trinkwarmwasserbereitung angesetzt. Aus dieser ermittelt sich dann der Jahres-Primärenergiebedarf für das Referenzgebäude. Dieser Wert muss aber seit 2016 um 25 % mit dem geplanten Gebäude unterschritten werden. Dies kann bei dieser Variante (Gas-Solar) mit einer Vergrößerung der Solarthermie-Anlage mit Heizungsunterstützung oder einer Verbesserung der Dämmqualität des Gebäudes erfolgen. Des Weiteren wäre der Einsatz von Heizsystemen auf Basis erneuerbarer Energien (Wärmepumpen, Holzheizungen) oder eine Kombination dieser mit Erdgas (Hybridsysteme) möglich. Über die Nutzung von geeigneter Nah-/Fernwärme sowie Biogas können die gesetzlichen Vorgaben ebenfalls erreicht werden. Mögliche Heizungsvarianten werden nachfolgend dargestellt.



Abb. 54 Gas-Brennwertgerät mit zentraler Warmwasserbereitung



Abb. 55 Sole-Wasser-Wärmepumpe und Lüftungsgerät

Zentralheizung

- → Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung
- → Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, mit Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- → Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- → Energieeffiziente Nah-/Fernwärme oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserversorgung
- → Energieeffiziente Nah-/Fernwärme oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- → Luft-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung
- → Luft-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- → Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direktelektrische Systeme
- → Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direktelektrische Systeme und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- → Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung
- → Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- → Sole-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung
- → Sole-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Hybridheizung = Kombinationen mehrerer Wärme-/ Energieerzeuger

- → BHKW/Brennstoffzelle als Grundlast mit Spitzenlastkessel (z.B. Brennwertgerät)
- → Brennwertgerät (Öl, Gas) und Solarthermie
- → Brennwertgerät (Öl, Gas), Kaminofen (wasserführend) und Solarthermie
- → Brennwertgerät (Öl, Gas) und Biomassekessel (Holz, Hackschnitzel, Holzpellets)
- → Brennwertgerät (Öl, Gas) und Wärmepumpe (z.B. Luft-Wasser-Wärmepumpe)
- → Wärmepumpe, Kaminofen und Photovoltaikanlage
- → Wärmepumpe, Biomassekessel (Holz, Hackschnitzel, Holzpellets) und Photovoltaikanlage
- → alle Kombinationen in Verbindung mit Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in der Sächsischen Bauherrenmappe online unter www.digitale-bauherrenmappe.de.

Reduzierung der Baukosten

- → einfacher kubischer Baukörper ohne Anbauten, Vorsprünge, Versätze und Erker → stilistische Akzente über die Außenfassade setzen (unterschiedliche Farben oder Putze, bzw. Verkleidungen)
- → optimales A/V-Verhältnis zwischen Gebäudehüllfläche A und beheiztem Gebäudeinhalt V führt auch zu einem geringeren Energieverbrauch
- → klar gegliederter Grundriss für optimale Wohnnutzung ohne Wandversätze oder schräge Wände
- → für den eigenen Bedarf optimale und angemessene Wohnfläche und Raumhöhen
- → Ausreichende Belichtung über Fensterflächen auf Ost-, Süd- und Westseiten, auf der Nordseite nur notwendigste Fensterflächen vorsehen
- → spätere Wohnraumanpassung oder Umnutzung (z.B. altersgerechter Umbau, Mehrgenerationswohnen) schon bei der Planung berücksichtigen
  - barrierefreie Zuwegung, z.B. durch Gebäude und Räume, ggf. Möglichkeit für spätere Treppenanbauten
  - technische Ausstattung für Heizung, Lüftung, Wasser, Abwasser, Strom bereits vorsehen
- → im Mauerwerksbau Außenwand- und Fenstermaße versuchen auf das Baurichtmaß (= immer das Vielfache von 12,5 cm) zu beziehen
  - weniger Materialverschnitt und schnellere Verarbeitung
- → bauliche Verschattung der Fenster durch sowieso geplante Konstruktionen vorsehen, wie z.B. Dachüberstand, Balkone, Laubengänge
- ersetzt ggf. teure und wartungsaufwändige Verschattungsanlagen (z.B. Raffstores, Rollos, Markisen)

4 Begriffe

Energiebedarf
Der Energiebedarf eines Gebäudes ist die Energiemenge, die das Gebäude unter standardisierten Randbedingungen (z.B. Innen- und Außentemperaturen, festgelegtes Nutzerverhalten) auf Grundlage eines definierten Berechnungsverfahrens (z.B. Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599 oder nach DIN V 4108-6/4701-10) 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.

Erzeugernutzenergie
Die Erzeugernutzenergie(-abgabe) ist diejenige Energiemenge (Wärme oder Kälte), die ein Erzeuger bereitstellen muss. Sie ergibt sich als Summe von Nutzenergie und ggf. Verlusten der Übergabe, Verteilung und Speicherung.
Im gegenwärtigen (Gebäude-)Energiesparrecht ist die Erzeugernutzenergie u.a. beim Nachweis zur Einhaltung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) von wesentlicher Bedeutung – dieses fordert für die meisten Erfüllungsoptionen i.S.d. Gesetzes die Einhaltung energetischer Deckungsanteile durch Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien und bezieht sich hierbei auf die Erzeugernutzwärme/-kälte (im Gesetzestext: Wärme-/Kälteenergiebedarf).

Gebäudekonditionierung
Im Sprachgebrauch der Energieeinsparverordnung (EnEV) wird mit der Konditionierung eines Gebäudes die Herstellung bestimmter Umgebungsbedingungen innerhalb des Gebäudes gemeint – im Einzelnen umfasst die Gebäudekonditionierung im Rahmen von Betrachtungen nach EnEV:
- → die Beheizung,
- → Trinkwassererwärmung,
- → ggf. Kühlung,
- → ggf. (mechanische) Belüftung und
- → bei Nichtwohngebäuden zusätzlich die Beleuchtung.

Globalstrahlung
Globalstrahlung ist die auf eine horizontale Bezugs-/Empfangsfläche auftreffende Energiemenge an solarer Strahlung – sie setzt sich aus einem direkten und einem diffusen Anteil zusammen.
Die Globalstrahlung kann u.a. als Maßstab zur Bewertung von thermischen und photovoltaischen Solaranlagen herangezogen werden. Die Globalstrahlung wird mit sogenannten Pyranometern gemessen und gibt sie in der Einheit für die Bestrahlungstärke in Watt pro Quadratmeter (W/m²) an. Durch Summierung der eingestrahlten Energie über einen bestimmten Zeitraum (Stunden, Tage oder Jahre) ergibt sich ein Energieeintrag gemessen in kWh/m². Die Jahressumme der Globalstrahlung in Deutschland liegt zwischen 900 und 1.200 kWh pro m² und Jahr. Das entspricht im Durchschnitt ca. 100 bis 135 W/m².

Heizwärmebedarf (Q_h)
Wärme, die das Heizsystem für die Gesamtheit der beheizten Räume in einem Jahr bereitzustellen hat. Für die Berechnung wird nicht die gesamte Fläche des Hauses, sondern nur die Grundfläche der beheizten Räume zugrunde gelegt.

Nutz-, End- und Primärenergie
Bei der Bilanzierung energieumsetzender Systeme lassen sich unterschiedliche Bilanzräume definieren. In der Bewertung von Gebäuden einschließlich ihrer Anlagentechnik haben sich hierzu 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 i. d. R. 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 entspricht einer bestimmten Menge des eingesetzten Energieträgers (Kubikmeter Erdgas, Liter Heizöl, etc.). 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 energetischen Vergleich verschiedener Energieträger.

Relative Luftfeuchtigkeit
Das Verhältnis aus tatsächlich vorhandenem und maximal möglichem Wasserdampfgehalt in der Luft bezeichnet man als relative Luftfeuchtigkeit. Sie wird in Prozent angegeben und ist u.a. abhängig von der Lufttemperatur sowie dem Luftdruck. Um das Auftreten von Schimmelpilzen zu vermeiden, sollte die relative Luftfeuchtigkeit an den Wandoberflächen 70 % nicht übersteigen.

Taupunkttemperatur
Sinkt die Temperatur der Luft, sinkt damit auch ihre Wasseraufnahmefähigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt an, bis die Luft mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist und beträgt dann 100 %, wobei flüssiges Kondensat als Tauwasser ausfällt. Findet der Vorgang im Material statt, wird dieses auch als überhygroskopische Feuchte bezeichnet.

Thermografieaufnahmen
Sichtbarmachung von Durchlässigkeiten oder Lecks, die durch fehlerhafte Bauausführung oder technische Mängel von Bauteilen und Bauwerken verursacht werden. Die Oberflächentemperatur eines Gebäudes wird dabei mit einer Infrarotkamera gemessen. Dadurch lassen sich thermische Verluste der Gebäudehülle erkennen. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, sollte die Außenlufttemperatur möglichst niedrig sein, damit die Differenz zwischen Wärmebrücken und kalten Außenoberflächen so groß wie möglich ist.

Transmissionswärme
Wärmestrom, der aufgrund von Temperaturunterschieden durch die Außenbauteile eines Gebäudes fließt. Die dabei entstehenden Verluste werden Transmissionswärmeverlust genannt.

Thermische Gebäudehülle
Die thermische Gebäudehülle besteht aus Bauteilen, die den beheizten Wohnraum umschließen und die Räume vom Außenklima und den nicht beheizten Räumen trennen. Um Wärme- und Lüftungsverluste so weit wie möglich zu reduzieren wird bei energieeffizienten Gebäuden sehr viel Wert auf eine sehr gute Gebäudedämmung und Luftdichtheit gelegt. Je nach Beheizung des Gebäudes ist die Lage der thermischen Gebäudehülle unterschiedlich, z.B. kann die Kellerdecke bzw. Bodenplatte, die Außenwände, Fenster und Außentüren, das Dach oder die oberste Geschossdecke dazu gehören. Die Lage der thermischen und luftdichten Gebäudehülle ist bei jedem Neubau und bei größeren Sanierungen durch einen Planer genau festzulegen, damit Wärmebrücken an allen Bauteilübergängen- und Durchdringungen bedacht und optimiert werden können.

Wärmedurchgangswiderstand R_T in [m_2K/W]
Der Wärmedurchgangswiderstand R_T ist der Kehrwert des Wärmedurchgangskoeffizienten. Ähnlich wie bei einem elektrischen Widerstand gilt: je größer der Widerstand umso geringer ist der Strom (hier also Wärmestrom) der durch das Bauteil fliesen kann. Das bedeutet: Je größer der Wärmedurchgangswiderstand ist, umso weniger Wärme geht verloren.

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) in [W/m_2K]
Der Wärmedurchgangskoeffizient (auch U-Wert genannt) beschreibt den Wärmestromdurchgang durch die gesamte Wandkonstruktion, wenn sich die Temperatur auf der Innenseite um 1 Kelvin von der auf der Außenseite unterscheidet. Er hängt im Wesentlichen von der Wärmeleitfähigkeit λ und der Dicke des Baustoffes ab. Je kleiner der U-Wert eines Stoffes ist, umso höher ist die Dämmwirkung.

Wärmeleitfähigkeit λ in [W/(mK)]
Die Wärmeleitfähigkeit λ beschreibt, wie viel Wärme pro Zeiteinheit von der warmen zur kalten Seite über eine Länge von einem Meter durch einen Quadratmeter fliest, wenn der Temperaturunterschied 1 Kelvin betragt (in der Physik werden Temperaturunterschiede nicht in °C sondern in Kelvin angegeben). Sie hängt im Wesentlichen vom Porenvolumen, vom Gefügeaufbau, der Rohdichte, der Temperatur und der Feuchtigkeit eines Baustoffes ab.

Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS)
Wärmeleitfähigkeitsstufe oder auch Wärmeleitstufe (WLS) gibt die Dämmwirkung von Dämmstoffen an. Sie dient der besseren Klassifizierung anhand ihrer Wärmeleitfahigkeit. Je niedriger der Wert, desto besser dämmt ein Dämmstoff. Die WLS erlaubt im Gegensatz zur älteren WLG die Unterteilung in 1er-Schritten. Der Wert errechnet sich aus dem Wert der Wärmeleitfahigkeit λ. Von diesem sind es die letzten drei Ziffern nach dem Komma (z.B. WLS 033).

Wirkungsgrad
Der Wirkungsgrad ist ein Parameter für die Effektivität der Umwandlung einer Energieform in eine andere. Mathematisch ist der Wirkungsgrad das Verhältnis von abgegebener Leistung zur aufgenommenen Leistung in Prozent.

Witterungsbereinigung
Der Energieverbrauch eines Gebäudes – insbesondere dessen Verbrauch an Heizwärme – hängen u.a. vom Standort des Gebäudes ab. Darüber hinaus kann auch das Wetter eines Jahres anders ausfallen als das des Vorjahres. Über die Witterungsbereinigung werden Energieverbrauchsdaten in Abhängigkeit regionaler Klimafaktoren abgeglichen. Somit kann der Energieverbrauch von Gebäuden unabhängig der Witterungseinflüsse über mehrere Jahre verglichen werden.Klimafaktoren des DWD werden für kalendermonatlich gestaffelte 12-Monats-Zeiträume veröffentlicht (Januar bis Dezember desselben Jahres, Februar eines Jahres X bis Januar des Folgejahres X+1, März eines Jahres X bis Februar des Folgejahres X+1 usw.).

Notizen

Impressum

saena
Sächsische
Energieagentur GmbH

Herausgeber

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH
Pirnaische Straße 9
01069 Dresden
Telefon: 0351 4910-3152
Telefax: 0351 4910-3155
E-Mail: info@saena.de
Internet: www.saena.de

Redaktion
Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH

Auflage
1. Auflage | Dezember 2018

Gestaltung
blaurock markenkommunikation

Druck
Lößnitz-Druck GmbH

Weitere Informationen unter:
Beratertelefon: 0351 4910-3179

www.saena.de/beratung
www.saena.de/broschüren
www.saena.de/veranstaltungen
www.saena.de/fördermittelratgeber
www.saena.de/energieportal-sachsen
www.saena.de/digitale-bauherrenmappe
www.saena.de/energie-experten

Bildquellen
Alexander Raths/stock.adobe.com (S. 40, Abb. 51)
Syda Productions/stock.adobe.com (S. 41, Abb. 52)

gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

saena
Sächsische
Energieagentur GmbH