

## Werkzeuge für den Energienutzungsplan (ENP)

Auszug aus dem Leitfaden "Energienutzungsplan unter besonderer Berücksichtigung des Denkmalschutzes am Beispiel der Stadt Iphofen"

Impressum:

Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen

Autor:

Dipl.-Ing. Oliver Zadow, Architekt

Tel.: +49 89 289 - 23892  
Fax: +49 89 289 - 23851  
Email: [zadow@tum.de](mailto:zadow@tum.de)

### 2.2.5. Werkzeuge für den Energienutzungsplan

Zur Erstellung eines Energienutzungsplans werden Methoden und Werkzeuge benötigt, um in einem ausreichend genauen Detaillierungsgrad die Erstellung von Wärmedichtekarten gewährleisten zu können. Dies ist insofern wichtig, da die den Methoden hinterlegten Daten spätestens bei der Ausarbeitung von Konzeptstrategien wieder Verwendung finden. Werden in der Phase der Konzeptentwicklung Gebiete identifiziert, die sich aufgrund hoher Wärmedichten für den Aufbau von Wärmenetzen eignen, sind auch hier geeignete Werkzeuge zur Vereinfachung und Vereinheitlichung erster wirtschaftlicher Abschätzungen sehr hilfreich.

Zur Erstellung von Wärmedichtekarten bzw. zur ersten Abschätzung von Wärmenetzen stehen derzeit die folgenden Werkzeuge zur Verfügung:

- Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung (allgemeines Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Wärmebedarfs je Gebäude nach "Leitfaden Energienutzungsplan" [Hausladen et al., 2011], Kap. 3.2.4, S.20)
- GemEB (Gemeinde-Energieberatung) (Bilanzierungssoftware zur Abschätzung des Ist- bzw. des zukünftigen Wärmebedarfs je Gebäude anhand unterschiedlicher Sanierungsszenarien)
- rF-Wärme (Robert-Fröhler-Wärme) (Software zur Dimensionierung eines Wärmenetzes sowie zur ersten Abschätzung der zu erwartenden Bau- und Betriebskosten anhand unterschiedlicher Szenarien)

Die softwaregestützte Wärmebedarfsermittlung für Wohngebäude mit GemEB liefert gegenüber der Wärmebedarfsermittlung nach "Leitfaden Energienutzungsplan" aufgrund der automatisierten, computergestützten Bilanzierung der Einzelgebäude genauere Ergebnisse.

### Wärmebedarfsermittlung nach Leitfaden Energienutzungsplan [Hausladen et al., 2011]

Gebäude gleichen Typs und Baualters weisen meist vergleichbare Formen, Konstruktionsarten und Baumaterialien auf. Somit lässt sich jeder Baualtersklasse ein spezifischer statistischer Wert zu Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarf zuweisen. Dieser wird dann mit der jeweiligen Energiebezugsfläche (Wohnfläche, bzw. beheizte Nutzfläche) multipliziert, um deren Gesamtwärmebedarf der Gebäude pro Jahr zu erhalten. Zugrunde liegen hier flächenbezogene Bedarfskennwerte für Heizwärme der Studie „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) [IWU, 2005]. Die Werte sind basierend auf dem Heizperiodenverfahren nach DIN V 4108-6 ermittelt worden und bilden den bundesdeutschen Durchschnitt ab. Die Werte wurden dabei über einen empirisch ermittelten Faktor an den Verbrauch angepasst (vgl. [Born et al., 2003, S.2]).

### Wärmebedarfsermittlung mit der Bilanzierungssoftware GemEB

Erste Untersuchungen in [Hausladen et al., 2012] lassen ein Abweichen des Heizwärmebedarfs von bis zu 30 % bei doppelter, bzw. halber Wohnfläche einzelner Gebäudeklassen feststellen. Dies lässt sich vornehmlich darauf zurückführen, dass mit kleiner werdendem Gebäude die Kompaktheit abnimmt und damit der spezifische Heizwärmebedarf steigt. Dieser geometrische Effekt wird noch verstärkt: Mit zunehmender Wohnungsgröße sinken durch Teilbeheizung die durchschnittlichen Raumtemperaturen und damit auch der spezifische Heizwärmeverbrauch. Bei Altbauten und historischen Gebäuden ist dieser Effekt verstärkt festzustellen (vgl. auch [Born et al., 2003, S.1]).

Die Software GemEB ist bereits in der Version 1.3 zur Variantenbildung von dezentralen Konzepten für Siedlungsgebiete entwickelt worden. Mit GemEB 1.3 lassen sich größere Gebäudegruppen oder Siedlungsgebiete hinsichtlich Kosten und Primärenergie (CO<sub>2</sub>-Ausstoß) anlagentechnisch und baulich optimieren sowie ver-

Quellen & Hintergrundinformationen:

[IWU, 2005] IWU Institut Wohnen und Umwelt: Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze, Darmstadt 2005

[Born et al., 2003] Born, R. / Diefenbach, N. / Loga, T., Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie, Studie im Auftrag des Impulsprogramms Hessen, Endbericht, Darmstadt 2003

[DIN V 4701-10:2001-02] Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Stand 2001

[DIN V 4108-6:2003-06] Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Stand 2003

[DIN V 18599-1:2011-12] Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger

[Hausladen et al., 2012] Hausladen, G., Zadow O., Fröhler R., Vohlidka P., Schinabeck J.: Neff:Wärme Pilotprojekt Ismaning - Energieleitplanung, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hrsg.), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.). Stand 24.09.2012, Frankfurt am Main, 2012

schiedene einfache Sanierungsszenarien abschätzen. "Die Berechnungen basieren hierbei auf gebäudescharfen Daten der einzelnen Gebäude des Siedlungsgebiets. Dabei handelt es sich um Daten wie Wohnfläche, Gebäudetyp und Baualtersklasse, sowie an diese Daten angepasste typische Werte für die Bauteilgeometrie und deren U-Wert" [Hausladen et al., 2012].

Mit der Bilanzierungssoftware GemEB 1.3 wird der Heizwärmebedarf nicht pauschal über die Energiebezugsfläche ermittelt, sondern in Abhängigkeit der vorliegenden Gebäudegröße und der Baualtersklasse ein vereinfachtes Heizperiodenverfahren nach DIN V 4108-6 durchgeführt. "GemEB liefert demzufolge für ein Siedlungsgebiet, welches im Mittel deutlich von den vom IWU ermittelten typischen Geometrien abweicht auch davon abweichende, aber hinsichtlich der Gebäudegeometrie genauere Ergebnisse zu dem rein über die Wohnfläche ermittelten Heizwärmebedarf." [Hausladen et al., 2012]

Die mit dem Heizperiodenverfahren ermittelten Ergebnisse werden mit dem in [Born et al., 2003] beschriebenen empirischen Faktor  $f_{\text{Nutzung}}$  an den Verbrauch angepasst.

Der Faktor  $f_{\text{Nutzung}}$  ergibt sich zu:

$$f_{\text{Nutzung}} = 0,5 + 2 / (3 + 0,6 h)$$

Dabei ist

$$h = (H_T + H_V) / (A_{\text{EB}}) \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

mit

$H_T$	Transmissionswärmeverlust	[W/K]
$H_V$	Lüftungswärmeverlust	[W/K]
$A_{\text{EB}}$	beheizte Wohnfläche	[m <sup>2</sup> ]

Die Software arbeitet als Plugin der Geoinformationssoftware Quantum GIS. Mit den übergebenen Daten aus der GIS-Datenbank wird für jedes einzelne Gebäude ein vereinfachtes Heizperiodenverfahren nach DIN V 4108-6 und ein vereinfachtes Berechnungsmodell nach DIN V 4701-10 zur Ermittlung der Anlagenaufwandszahl durchgeführt. In Abb. 17 ist das vereinfachte Funktionsschema dargestellt.

In einem ersten Schritt werden dabei die Daten (Wohnfläche, Gebäudetyp und Baualter) aus dem GIS (Geoinformationssystem) um die für die Bilanzierung notwendigen Daten zur Gebäudegeometrie, Orientierung und die entsprechenden U- und g-Werte ergänzt. Zugrunde liegt der Gebäudedatensatz aus [IWU, 2005]. Zu jedem dort hinterlegten Gebäudetyp sind in diesem Datensatz neben dem spezifischen Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Baualtersklasse Referenzdaten zu Bauteilflächen, U- und g-Werten, Orientierung, Volumen und Wohnfläche hinterlegt. Über das Verhältnis der Referenzwohnfläche zu der tatsächlichen Wohnfläche wird ein Faktor bestimmt (vgl. [Hausladen et al., 2012], S.17). Über diesen Faktor werden ausgehend vom entsprechenden IWU-Referenzgebäude die Bauteilflächen des tatsächlich vorhandenen Gebäudes ermittelt und mit dem entsprechenden U-Wert (bei Fenstern auch mit einem g-Wert) versehen. Somit entsteht ein Datensatz, der in Abhängigkeit der tatsächlichen Wohnfläche, des Gebäudetyps und der Baualtersklasse, dem Heizperiodenverfahren übergeben werden kann.

Die Anpassung der Geometriedaten der Bauteile an den vorhandenen Datenbestand der einzelnen Gebäude basiert dabei auf folgender Überlegung: "Wird die Energiebezugsfläche um den Faktor x verändert, so soll dies ohne Änderung der Geschossanzahl erfolgen. Demzufolge wächst oder schrumpft das Gebäude nur in der Ebene. Horizontale Flächen, wie Bodenplatte und Dachflächen ändern sich dann direkt proportional zum Faktor x. Vertikale Flächen, wie Wand- und Fensterflächen hingegen ändern sich proportional zu  $\sqrt{x}$ ." [Hausladen et al., 2012]

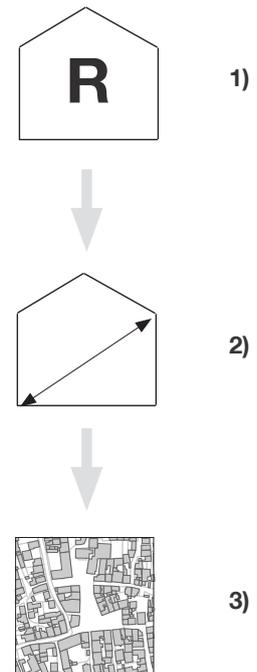


Abb. 17: Referenzgebäudeverfahren nach GemEB (Gemeinde-Energieberater Bilanzierungssoftware)

zu Abb.

- 1) Referenzgebäude
- 2) Geometrische Anpassung
- 3) Ortsbezogene Heizwärmebedarfs-werte

- Spezifischer Heizwärmebedarf nach IWU-Studie für einfache Wohnfläche
- ▲ Spezifischer Heizwärmebedarf, ermittelt mit GemEB für einfache, doppelte und halbe Wohnfläche
- ◀ Mittelwert des spezifischen Heizwärmebedarfs der jeweiligen Gebäudeklasse aus dem Untersuchungsgebiet Ismaning West

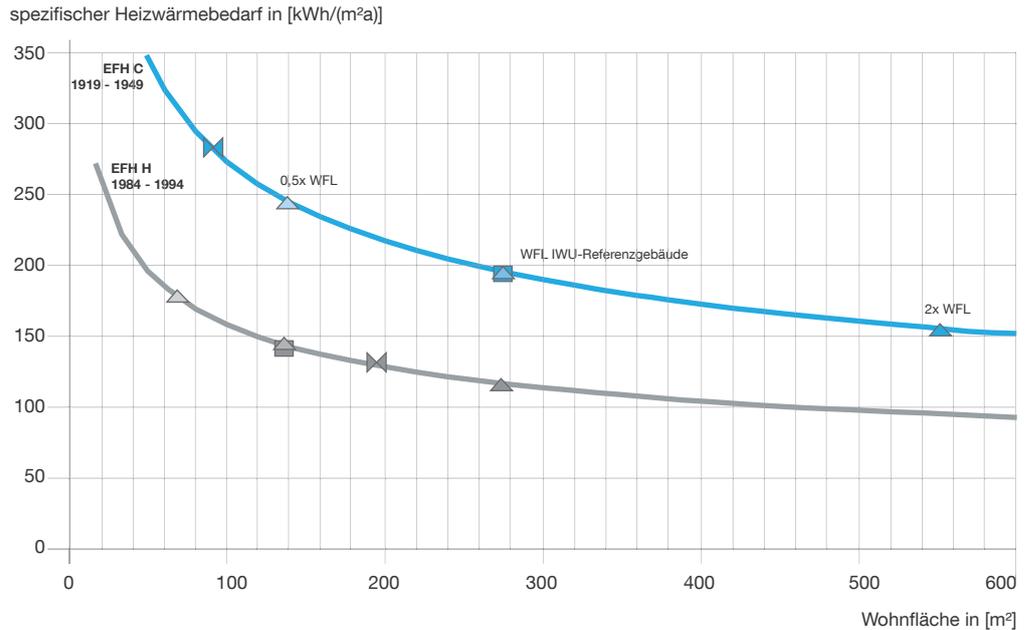
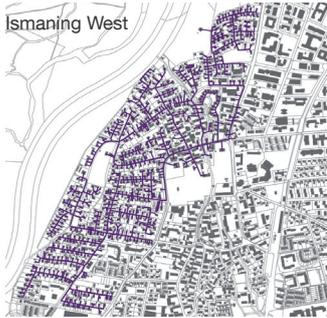


Abb. 18: Spezifischer Jahresheizwärmebedarf in Abhängigkeit der Wohnfläche

Der Effekt der Geometrieangepassung wird in Abb. 18 veranschaulicht. In der Grafik ist beispielhaft der spezifische Heizwärmebedarf für die Einfamilienhäuser (EFH) der Gebäudealtersklassen C (1919-1948) und H (1984-1994) in Abhängigkeit der Wohnfläche dargestellt. Einzelne Punkte sind in der Grafik hervorgehoben. Zusätzlich ist der Wert der jeweiligen Baualtersklasse für den bundesdurchschnittlichen Heizwärmebedarf und zugehöriger Wohnfläche nach [IWU, 2005] dargestellt (in der Grafik als Viereck gekennzeichnet).

Für das EFH C sind dies beispielsweise die Werte 194 kWh/m²a (spezifischer Heizwärmebedarf) und 275 m² (Wohnfläche). Als absoluter Heizwärmebedarf ergeben sich somit 53.350 kWh/a. Das vereinfachte Heizperiodenverfahren der Bilanzierungssoftware GemEB 1.3 gibt für diese Wohnfläche für das EFH C denselben Wert aus.

Für die halbe Wohnfläche (138,5 m²) ergibt sich für das EFH C ein spezifischer Heizwärmebedarf von 243 kWh/m²a (absolut 33.413 kWh/a). Wird mit dem IWU-Wert von 194 kWh/m²a gerechnet, ergibt sich jedoch nur ein Wert von 26.869 kWh/a, eine Abweichung von knapp 25 %.

In Abb. 18 ist zum Vergleich der Mittelwert im Untersuchungsgebiet "Ismaning-West" (vgl. [Hausladen et al., 2012]) der vorkom-

menden Gebäudeklassen angegeben (in der Grafik gekennzeichnet mit zwei an der Spitze zusammenstehenden Dreiecken). Für EFH C ergibt sich beispielsweise hier eine Abweichung von ca. 47 %.

Im Zuge dieses Projekts wurde die Software GemEB 1.3 weiterentwickelt. Sie liefert in der so entstandenen Version 2.0 unter anderem die für die Wärmenetzberechnung notwendigen Daten für die Netzsimulationssoftware rf-Wärme. Die vorgenommenen Erweiterungen in der Version GemEB 2.0 sind in Abb. 19 mit (+) gekennzeichnet.

Während GemEB 1.3 für den Ist-Zustand vom unsanierten Zustand der Baualtersklasse ausgeht, kann in der Weiterentwicklung GemEB 2.0 der tatsächliche Sanierungszustand der Gebäude berücksichtigt werden. Für eine Abschätzung des Sanierungszustands können aber auch im Programm hinterlegte Standard-Sanierungszyklen verwendet werden. Die hierbei entstehenden gebäudescharfen Ergebnisse lassen keine Rückschlüsse auf Einzelgebäude zu, jedoch liefern sie ein genügend genaues Ergebnis für das Siedlungsgebiet als Ganzes.

Zur Bildung von Zukunftsszenarien kann in der Version GemEB 2.0 für einen beliebigen Zeitraum eine jährliche Sanie-

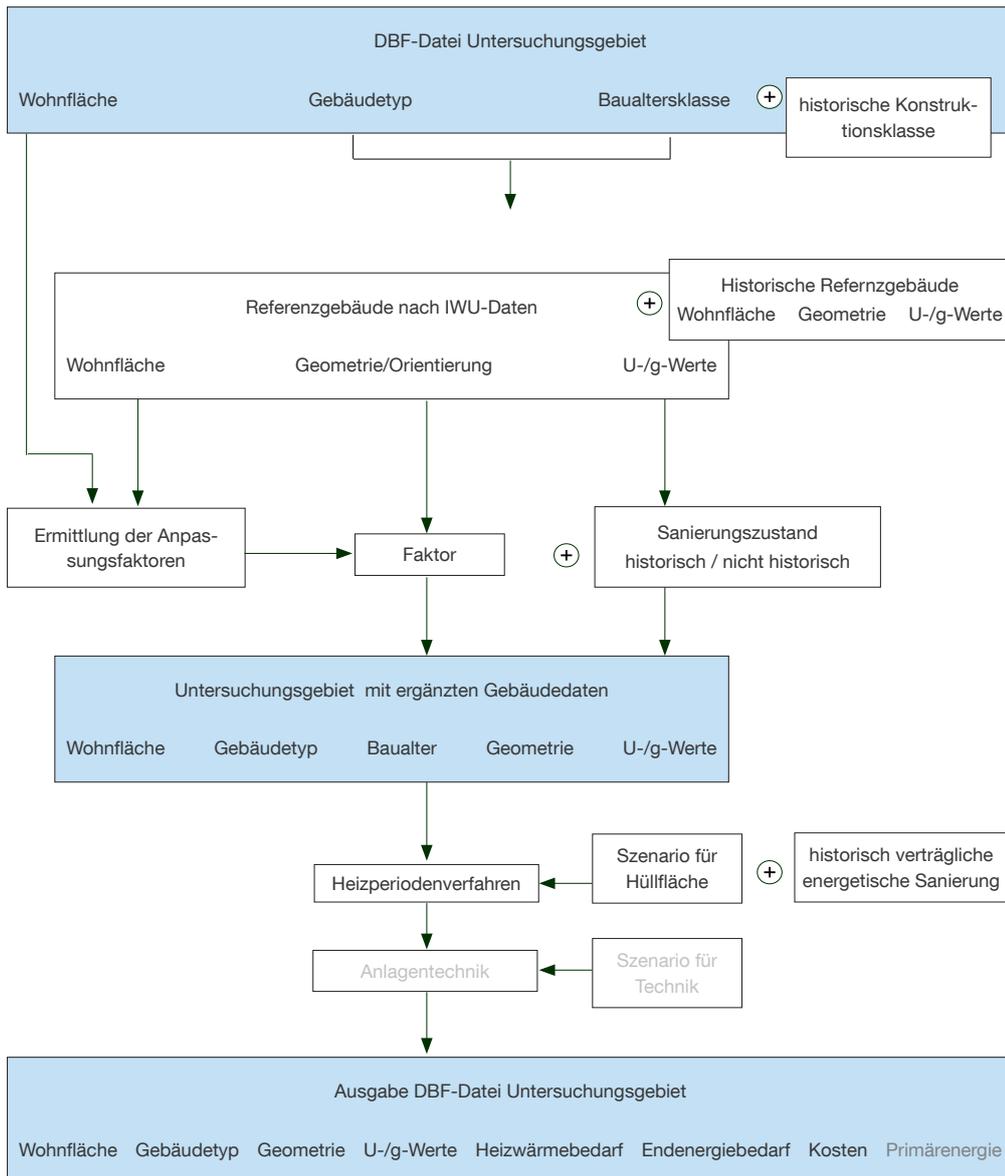


Abb. 19: Funktionsschema GemEB 1.3 und Erweiterung um historische Gebäude in GemEB 2.0

rungsrate vorgegeben werden. Alternativ können Potenziale einzelner Sanierungsmaßnahmen, wie z.B. die Dämmung der obersten Geschossdecken oder Sanierungen auf bestimmte energetische Niveaus untersucht werden. Außerdem wird nun eine Differenzierung in historische und nicht historische Gebäude ermöglicht. Während Sanierungen von nicht-historischen Gebäuden hierbei nach Maßgabe der zum Zeitpunkt der Sanierung gültigen Wärmeschutzverordnung (WschVO) oder Energieeinsparverordnung (EnEV) durchgeführt werden, wird bei historischen Gebäuden nach Denkmalstatus (Denkmalstufeneintrag, ortsbildprägend und orts-

strukturprägend) und Anbaugrad differenziert. Einstellbar sind hiervon abhängig Wahrscheinlichkeiten zur technischen und denkmalpflegerischen Durchführbarkeit der energetischen Sanierung einzelner Bauteile. Außerdem das zu erreichende energetische Niveau in Bezug auf die EnEV. Hintergrund hierfür ist die Notwendigkeit der Einzelfallprüfung bezüglich Denkmalschutz und Bauphysik. Lassen sich beispielsweise oberste Geschossdecken meist problemlos energetisch nachrüsten, ist die Dämmung der Außenwände oftmals nicht oder nur eingeschränkt möglich. Da die Berechnungen auf Wahrscheinlichkeiten beruhen und

Quellen & Hintergrundinformationen:

[IWU, 2005] IWU Institut Wohnen und Umwelt: Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze, Darmstadt 2005

[Hausladen et al., 2012] Hausladen, G., Zadow O., Fröhler R., Vohlidka P., Schinabeck J.: Eneff:Wärme Pilotprojekt Ismaning - Energieleitplanung, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hrsg.), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.). Stand 24.09.2012, Frankfurt am Main, 2012

zu Abb.

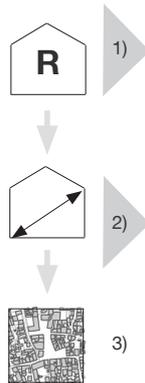
1) Referenzgebäude

Die spezifischen Heizwärmebedarfs-  
werte der HEGT Typologie basieren  
auf exemplarischen Berechnungen  
eines typischen Referenzgebäu-  
des. Diese Gebäude dienen auch  
GemEB 2.0 als Referenzgebäude.

2) Geometrische Anpassung

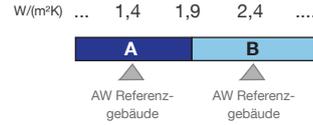
Da der Einfluss der Gebäudegröße  
einen entscheidenden Einfluss auf den  
Heizwärmebedarf hat (→ Abb. 18),  
werden die Referenzgebäude nach  
HEGT geometrisch an die real vor-  
handenen Gebäude angepasst. Diese  
Anpassung erfolgt mit der Bilanzie-  
rungssoftware GemEB 2.0.

In nebenstehenden Tabellen sind  
exemplarisch die Heizwärmebedarfs-  
werte für typische zwei- und dreige-  
schossige Gebäude der historischen  
Altstadt Iphofen dargestellt. Zu sehen  
ist, dass insbesondere die Heizwär-  
mebedarfswerte der Gebäude mit  
geringem Anbaugrad niedriger aus-  
fallen wie nach HEGT-Klassifizierung.  
Dies ist darauf zurückzuführen, dass  
die ortstypischen Gebäude in Iphofen  
größer bzw. kompakter sind als das  
angenommene Referenzgebäude.



HEGT	Geschosse	Konstruktionsklasse A Q'h [kWh/(m <sup>2</sup> Wohnfläche *a)]	Konstruktionsklasse B Q'h [kWh/(m <sup>2</sup> Wohnfläche *a)]
Anbaugrad			
1 gering	2-4	176	230
2 mittel	2-4	149	188
3 hoch	2-4	110	127

HEGT GemEB	Geschosse	Konstruktionsklasse A Q'h [kWh/(m <sup>2</sup> Wohnfläche *a)]	Konstruktionsklasse B Q'h [kWh/(m <sup>2</sup> Wohnfläche *a)]
(Iphofen)			
Anbaugrad			
1 gering	2	161	197
2 mittel	2	138	181
3 hoch	2	125	116



HEGT GemEB	Geschosse	Konstruktionsklasse A Q'h [kWh/(m <sup>2</sup> Wohnfläche *a)]	Konstruktionsklasse B Q'h [kWh/(m <sup>2</sup> Wohnfläche *a)]
(Iphofen)			
Anbaugrad			
1 gering	3	139	192
2 mittel	3	125	177
3 hoch	3	117	124

3. Ortsbezogene Heizwärmebedarfs-  
werte

Es lassen sich gezielt Wärmebedarfs-  
dichten ermitteln, die den Faktor der  
individuellen Bebauungsstruktur und  
Gebäudegrößen vor Ort berücksich-  
tigen.

Abb. 20: Referenzgebäudeverfahren nach GemEB

basierend darauf im Zufallsprinzip über  
Sanierungsmaßnahmen entschieden wird,  
ist auch hier ein Rückschluss auf Einzel-  
gebäude trotz gebäudescharfer Bilanzie-  
rung nicht möglich.

Wie die Entwicklung der Gebäudetypo-  
logie für historische Gebäude HEGT zeigt,  
spielt gerade bei historischen Gebäuden  
die Kompaktheit bzw. der Anbaugrad eine  
große Rolle. Historische Gebäude sind  
meist sehr heterogen, nicht nur bezüglich  
ihrer Größe und des Anbaugrads, sondern  
auch hinsichtlich ihrer Konstruktion bzw.  
ihres Sanierungsgrads (→ Kap. 2.2.).  
Für das Untersuchungsgebiet "Altstadt  
Iphofen" zeigen sich nach der Anpassung  
der Geometrie und des Anbaugrads die  
in Abb. 20 aufgeführten mittleren Jahres-  
heizwärmebedarfs-  
werte, aufgegliedert für  
zwei- und dreigeschossige Gebäude.

Zur besseren Veranschaulichung des  
Effekts ist in den Abb. 21f der spe-  
zifische Jahresheizwärmebedarf der  
Konstruktionsklassen A und B in Ab-  
hängigkeit der Wohnfläche aufgetragen.  
Einzelne Werte sind als Punkt für die  
halbe, einfache und doppelte Wohnfläche  
hervorgehoben. In Abb. 21 ist exem-  
plarisches für zweigeschossige Gebäude  
der spezifische Jahresheizwärmebedarf  
der Konstruktionsklasse A und in Abb. 22  
der Konstruktionsklasse B dargestellt. Die  
geometrieangepassten Mittelwerte aus  
dem Untersuchungsgebiet "Altstadt Ipho-  
fen" sind zum Vergleich ebenfalls in den  
Abb. 21f eingetragen (in den Grafiken als  
Viereck gekennzeichnet). Es lassen sich  
teilweise erhebliche Abweichungen  
zum spezifischen Jahresheizwärmebedarf  
der einfachen Wohnfläche beobachten.  
Daher berücksichtig die Software GemEB  
die geometrische Anpassung.

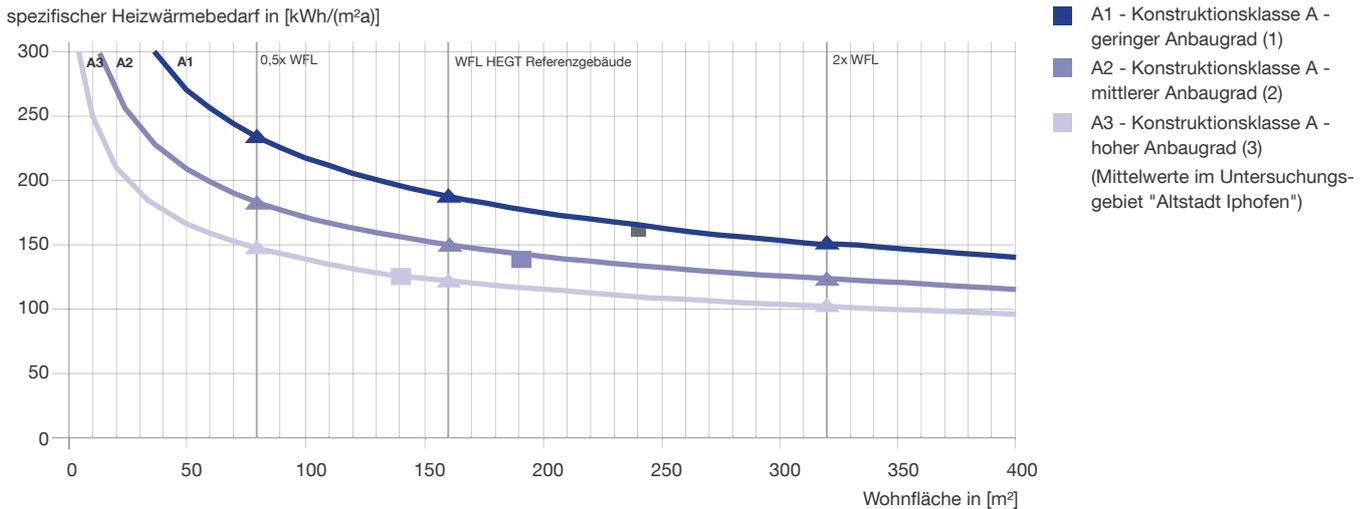


Abb. 21: Spez. Jahresheizwärmebedarf in Abhängigkeit der Wohnfläche historischer Gebäude der Konstruktionsklasse A exemplarisch für zweigeschossige Gebäude; Werte für halbe, einfache und doppelte Wohnfläche sind hervorgehoben

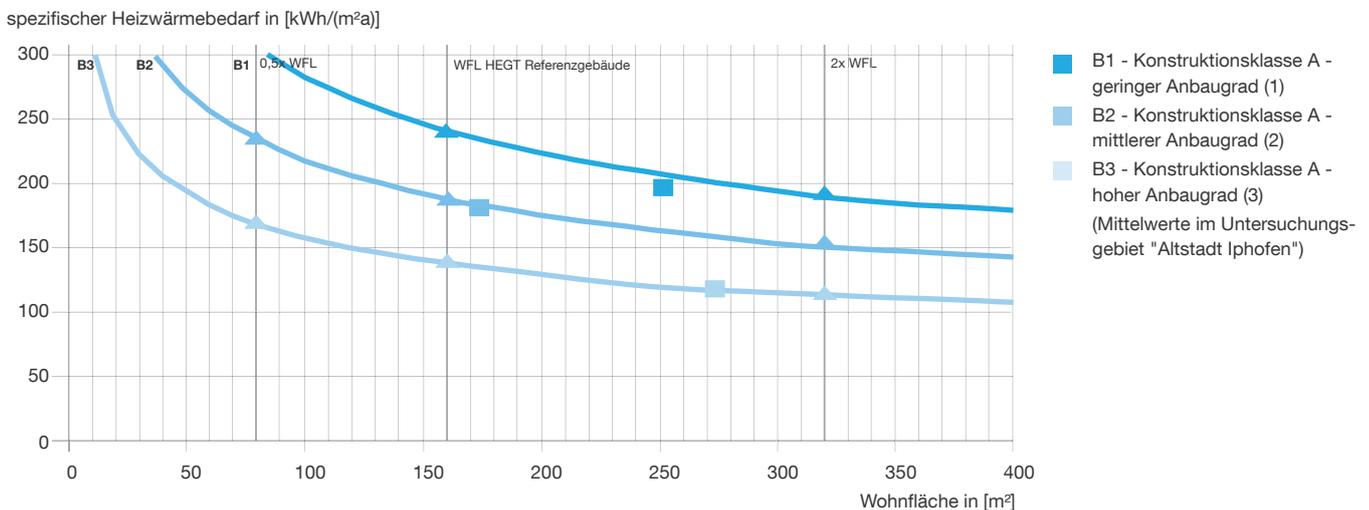


Abb. 22: Spez. Jahresheizwärmebedarf in Abhängigkeit der Wohnfläche historischer Gebäude der Konstruktionsklasse B exemplarisch für zweigeschossige Gebäude; Werte für halbe, einfache und doppelte Wohnfläche sind hervorgehoben

### Wärmenetzdimensionierung mit der Software rf-Wärme

Die Wärmenetzsoftware rf-Wärme dient der Konzeptentwicklung einer Wärmenetzversorgung.

"rf-Wärme dimensioniert einerseits das Verlegenetz auch über große Distanzen, andererseits berechnet es sofort die entstehenden Bau- und Betriebskosten" [Hausladen et al., 2012].

Besitzt ein Planungsgebiet nicht die Randbedingungen (Energieabnahmedichte, Temperaturniveau, Energieerzeugung) eines „konservativen“ Wärmenetzes, scheitert eine Umsetzung oft bereits an der Vorplanung. Die quasi kostenlose Nutzung von Abwärmepotenzialen oder andere kostengünstig zur Verfügung ste-

hende Energiequellen machen eine Vorabwertung über in der Praxis vorhandene pauschale Kennwerte unmöglich. Auf eine weitere, detailliertere Vorplanung wird aus Kostengründen und dem ungewissen Ausgang deshalb oft verzichtet. rfWärme bietet hier eine grobe, aber einfache und schnelle Überprüfung der Wirtschaftlichkeit. Als Kenngröße wird ein Mindestwärmepreis für die simulierte Netzvariante ausgegeben. Enthalten sind hier sämtliche anfallenden Netto-Kosten. Unberücksichtigt bleiben Förderprogramme und das hydraulische Optimierungspotenzial des Wärmenetzes. Dies ist bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit über die ausgegebenen Mindestwärmepreise entsprechend zu berücksichtigen.

Quellen & Hintergrundinformationen:

[Hausladen et al., 2012] Hausladen, G., Zadow O., Fröhler R., Vohlidka P., Schinabeck J.: Eneff:Wärme Pilotprojekt Ismaning - Energieleitplanung, AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (Hrsg.), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.). Stand 24.09.2012, Frankfurt am Main, 2012