

Handbuch für Energieberatung

Aktualisierung der Inhalte
und nutzungsgerechte
Gestaltung

J. Haas,
J. Fechner,
F. Kuchar

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

13/2016

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Handbuch für Energieberatung

Aktualisierung der Inhalte
und nutzungsgerechte Gestaltung

DI Johannes Haas
Energie und Umwelt Unternehmensberatung

DI Johannes Fechner
17&4 Organisationsentwicklung GmbH

DI Franz Kuchar
IT for Energy

Wien, Mai 2016

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG

Inhalt

1.	Einführung in das Thema Energieberatung.....	7
1.1.	Das aktualisierte HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG.....	7
1.1.1.	Wichtigste Änderungen gegenüber der Erstauflage von 1989	7
1.1.2.	Einführung in die Arbeit mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG	8
1.2.	Energieberatung in Österreich	9
1.2.1.	Allgemeines Verständnis von Energieberatung	9
1.2.2.	Energieberatung laut Gesetz:.....	10
1.2.3.	Das Berufsbild „Energieberater / Energieberaterin“	10
1.2.4.	Kompetenzprofil des Energieberaters bzw. der Energieberaterin.....	11
1.2.5.	Anforderung an die Organisation der Energieberatung.....	11
1.2.6.	Ausbildung für die Energieberatung in Österreich.....	12
1.2.7.	Aktuelle Trends in der Energieberatung	13
1.3.	Formen und Ablauf einer Energieberatung.....	14
1.3.1.	Arten von Energieberatung.....	14
1.3.2.	Erwartungen abgleichen	15
1.3.3.	Selbstverständnis des Beraters / der Beraterin	17
1.3.4.	Welche Beratungsformen kommen zum Einsatz?	17
1.3.5.	Prozessberatung in der Energieberatung.....	17
1.3.6.	Was sind grundlegende Voraussetzungen für gute Beratung?	18
2.	Datenerhebung für die Energieberatung.....	19
2.1.	Einleitung.....	19
2.2.	Leitfaden für eine umfassende Vorortbesichtigung.....	20
2.2.1.	Dokumentation und Bewertung.....	20
2.2.2.	Erläuterung zu den besichtigten Bereichen	24
2.2.3.	Methodische Hinweise für das Herausarbeiten der geeigneten Maßnahmen	29
2.3.	Erhebung der Grunddaten.....	32
2.4.	Einführung in die Abfrage der Einflussbereiche	34
2.5.	Datenabgleich Energieverbrauch - Energiebedarf.....	35
2.6.	Situationsbeschreibung mit Skizzen und Fotos	36
3.	Datenabgleich Energieverbrauch – Energiebedarf	37

3.1.	Energieverbrauchskennzahl	37
3.1.1.	Energiebezugsgrößen	37
3.1.2.	Ermittlung der Energiebezugsfläche	38
3.1.3.	Energieverbrauch und Energiekosten	38
3.1.4.	Kennzahlermittlung Heizung und Warmwasser und Bewertung	41
3.1.5.	Stromverbrauch	44
3.2.	Grobanalyse zur Ermittlung des Heizenergiebedarfs	46
3.2.1.	Wärmeverluste.....	47
3.2.2.	Spezifische Heizlast	53
3.2.3.	Heizwärmebedarf	56
3.2.4.	Jahresnutzungsgrad.....	59
3.2.5.	Warmwasserbedarf.....	63
3.3.	Datenabgleich Energieverbrauch – Heizwärmebedarf	64
3.4.	Gebäudeanalyse – vereinfachte Berechnung des Heizwärmebedarfs	65
4.	Klima.....	66
4.1.	Außentemperatur	66
4.2.	Einstrahlungsverhältnisse	70
4.3.	Windverhältnisse	72
4.4.	Spezielle Fragestellungen	73
5.	Baukörper.....	74
5.1.	Transmissionsverluste opaker Bauteile	74
5.2.	Transmissionswärmeverluste und Gesamtenergiedurchlass verglaster Flächen.....	82
5.3.	Wärmebrücken – Berücksichtigung in Berechnung	85
5.4.	Wärmebrücken – Beurteilung der Gefahr von Feuchteschäden	88
5.5.	Fugenverluste der Fenster und Türen	91
5.6.	Verluste durch Undichtheit der opaken Gebäudehülle.....	92
5.7.	Gebäudeleitwert- bzw. Heizlastberechnung	94
5.8.	Baukörper - Wärmegewinne	97
5.8.1.	Wärmegewinne über verglaste Flächen.....	97
5.8.2.	Verringerung der Wärmeverluste durch die Außenwand durch solare Gewinne.....	100
5.8.3.	Transparente Wärmedämmung.....	101
6.	Benutzungseinflüsse auf den Heizwärmebedarf.....	102
6.1.	Personenanwesenheit	102
6.2.	Elektrogeräte	102
6.3.	Raumtemperaturen	103

6.4.	Lüftung.....	104
6.5.	Kontrollierte Be- und Entlüftung	106
6.6.	Feuchteabfuhr und Feuchtebilanz.....	107
6.6.1.	Feuchteabfuhr durch die Lüftung.....	107
6.6.2.	Feuchteabfuhr durch Dampfdiffusion	109
7.	Berechnung des Heizwärmebedarfs	111
7.1.	Transmissionswärmeverlust	111
7.2.	Lüftungswärmeverlust.....	111
7.3.	Gesamtwärmeverlust	113
7.4.	Sonneneinstrahlung.....	113
7.5.	Personen- und Geräteabwärme	115
7.6.	Fremdwärmeausnutzung und Fremdwärmegewinne	115
7.7.	Heizwärmebedarf	116
8.	Heizung.....	117
8.1.	Abschätzung des Nutzungsgrades einer Heizanlage	117
8.2.	Abgasverluste	119
8.2.1.	Kenn- und Rechenwerte zur Ermittlung der Abgasverluste	120
8.2.2.	Einflüsse der Zugstärke des Rauchfangs auf den Abgasverlust.....	121
8.3.	Auskühlverluste von Wärmeerzeugern in Betrieb und Bereitschaft	122
8.3.1.	Nutzbare Abstrahlverluste („Wärmerückgewinnung“)	124
8.4.	Wärmepumpenheizung	127
8.5.	Wärmespeicherung und –verteilung	132
8.6.	Heizungsregelung	134
8.7.	Nutzungsgrade von Etagen- und Einzelofenheizungen	135
8.7.1.	Primärenergieaufwand für Elektro-(Direkt)-Heizungen	137
8.7.2.	Einzelraumheizung Raumtemperatur und Infrarotanteil.....	138
9.	Warmwasserversorgung	140
9.1.	Ermittlung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung	140
9.2.	Solare Warmwassererwärmung	142
10.	Stromverbrauch	144
10.1.	Vorgehensweise bei der Erhebung.....	144
10.1.1.	Erhebung und Messung der Elektrogeräte	144
10.1.2.	Bewertung des Jahresstrombedarfs	144
10.1.3.	Beispiel für die Strombedarfserhebung in einem Haushalt	149
11.	Prioritäten und Empfehlungen	150

11.1.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in der Energieberatung	150
11.1.1.	Grundsätze der Wirtschaftlichkeitsrechnung	151
11.1.2.	Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	153
11.1.3.	Überschlägige Investitionskosten für Maßnahmenpakete	154
11.1.4.	Dynamische Wirtschaftlichkeitsabschätzung in der Energieberatung.....	156
11.2.	Zusammenfassung der Empfehlungen zur Wirtschaftlichkeitsrechnung	160
11.3.	Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von typischen Maßnahmenbereichen	162
12.	Ausgewählte Fragestellungen der Energieberatung.....	164
12.1.	Interpretation der Energieverbrauchskennzahl	164
12.2.	Umgang mit Feuchte(schäden) in und an Bauteilen	164
12.3.	Dichtheit der Gebäudehülle	165
12.3.1.	Checkliste Luft-/Winddichte für Energieberatung	166
12.4.	Beurteilung und Vermeidung sommerlicher Überwärmung.....	166
12.5.	Kontrollierte Be- und Entlüftung	169
12.6.	Umfassender Heizungs-Check - Heizung sanieren	170
12.6.1.	Zustand bzw. Problemsicht der Kunden und Kundinnen einholen.....	170
12.6.2.	Vorhandene Unterlagen sichten: Prüfbericht.....	171
12.6.3.	klima aktiv Heizungs-Check	172
12.6.4.	Vorort-Begutachtung und eigene Abschätzungen.....	172
12.6.5.	Bewertung von Sanierungsmaßnahmen.....	173
12.6.6.	Beispiel: Empfehlungen nach einer Überprüfung der Heizanlage	175
12.7.	Dimensionierung eines Pufferspeichers	177
12.8.	Heizungswärmepumpe in der Beratung zum Kesseltausch.....	178
12.8.1.	Klärung der Eignung einer Wärmepumpenheizung.....	178
12.8.2.	Empfehlung für die Energieberatung.....	179
12.9.	Elektrische Direktheizung („Infrarotheizung“) als Ganzhausheizung	180
12.9.1.	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	180
12.9.2.	Umweltaspekte und Behaglichkeit	181
12.10.	Eigenstromerzeugung und Stromeinspeisung mit Photovoltaik	182
12.11.	Thermische Solaranlage oder PV + Wärmepumpe zur Brauchwassererwärmung	185
12.12.	Ökologischer Vergleich von Heizsystemen.....	186
13.	Neue Themen in der Energieberatung.....	189
13.1.	Mobilität	189
13.1.1.	Physikalische Grundlagen und Verkehrsmittelwahl	189
13.1.2.	Datengrundlagen der Mobilität für die Energieberatung	190

13.2.	Ernährung	193
14.	Ausgangssituation und Projektabwicklung	198
14.1.	Das Original aus dem Jahr 1989: HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER.....	198
14.1.1.	Zielsetzung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER.....	198
14.1.2.	Einsatzbereich und Grenzen des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER.....	198
14.1.3.	Verständnis der Energieberatung im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER	199
14.1.4.	Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER als Werkzeug	200
14.1.5.	Mitwirkende Personen und Institutionen.....	201
14.1.6.	Einsatz in der Energieberatung, Aus- und Weiterbildung seit 1989	201
14.2.	Arbeit mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER.....	202
14.2.1.	Benutzungsanleitung	202
14.3.	Projekt der Aktualisierung zum HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG.....	203
14.3.1.	Auftrag und Projektinhalt	203
14.3.2.	Mitwirkende Personen	204
14.3.3.	Projektabwicklung	204
14.3.4.	Wartung und Aktualisierung.....	205
15.	Anhang	206
15.1.	Umrechnungsfaktoren für physikalische Einheiten	206
15.2.	Verwendete Symbole und Begriffe.....	207
15.3.	Quellensammlung aus der Erstausgabe des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER	210
15.3.1.	Klima, Bautechnik und Benutzung	210
15.3.2.	Haustechnik	210
15.4.	Abbildungen	211
15.5.	Tabellen	212
15.6.	Beispiele.....	216
15.7.	Literaturverzeichnis	218

1. Einführung in das Thema Energieberatung

1.1. Das aktualisierte HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG

1.1.1. Wichtigste Änderungen gegenüber der Erstauflage von 1989

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER¹ ist seit über 25 Jahren eine der wichtigsten Arbeitsunterlagen für die Beratung und für die Aus- und Weiterbildung, aber auch für die Bemessung von Förderinitiativen (z.B. Vorarlberger Energiesparhaus) (Gmeiner H., 1994). Der Erhalt der Qualitäten und wesentlichen Inhalte war das zentrale Anliegen des Projektes, in dessen Rahmen diese aktualisierte Version als HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG erstellt und in der vorliegenden Version publiziert wird. Aus diesem Grund wurden praktisch alle Datentabellen und Grafiken geprüft, bei Bedarf überarbeitet und finden sich in der aktualisierten Version wieder.

Alle, die bereits mit der ursprünglichen Version gearbeitet haben, werden in der Neuauflage von 2015 die folgenden Änderungen finden:

- In die Tabellen und Datensammlungen wurden die wichtigsten Änderungen in der Bau- und Haustechnik der letzten Jahre integriert und werden online als Tabellenkalkulation zur Verfügung gestellt.
- Einige Datensammlungen zur schnellen Abschätzung von z.B. spezifischer Heizlast, Heizwärmebedarf, Jahresnutzungsgraden, Jahresarbeitszahlen wurden mit dem Softwarepaket k60 (Kuchar, 60 Minuten Energieberatung, 2012) nachgerechnet und neu zusammengestellt.
- Eine Reihe von zentralen Elementen der Version von 1989 wurden bewusst nicht mehr in die neue Version integriert:
 - Das Konzept der Formblätter wurde aufgegeben. Nur in Ausnahmefällen wurden die Formblätter tatsächlich in der Beratung eingesetzt.
 - Klimadaten finden sich nur in aggregierter Form für erste Abschätzungen. Aktuelle Klimadaten für alle Anwendungsfälle sind im Internet verfügbar.
 - Kostendaten finden sich nur für wenige Maßnahmenpakete und in sehr überschlüssiger Form. Der Aufwand für deren Ermittlung in ausreichender Differenziertheit und Genauigkeit war zu groß.
 - Auf die Formulierung einer umfassenden Detailanalyse (Variantenvergleich über eine vollständige Energiebilanz) wurde verzichtet. Durch die Einführung des Energieausweises gibt es eine neue Dienstleistung im Rahmen der Energieberatung, in welcher entsprechende Berechnungen durchgeführt werden.
 - Die Neubauberatung, die in der Praxis immer mit der Berechnung eines Energieausweises kombiniert ist, wurde in der vorliegenden Version nicht mehr integriert.
 - Gesetze, Verordnungen und Förderungen wurden nicht ins HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG aufgenommen. Alle Informationen sind im Internet in jeweils aktueller Version enthalten.
 - Es wurde keine Software-Version des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG erstellt. Alle Berechnungen wurden mit der Standard-Tabellenkalkulation EXCEL durchgeführt (Nachrechnungen mit k60) und werden den Nutzern und Nutzerinnen zur Verfügung gestellt.
- In der Zwischenzeit sind viele Informationen (z.B. Klimadaten) online, umfassend, in hoher Qualität und Detailliertheit sowie kostenlos verfügbar. Dort wo diese Informationen von Bedeutung für die Energieberatung sind, wurden die entsprechenden Internetquellen als Fußnoten eingefügt.

¹ Siehe dazu die Einführung in die Originalversion in **Kapitel 14.1**

- Die strikte Trennung von Formblättern sowie Datenblättern und deren jeweiligen Erläuterungen wurde aufgegeben. Dadurch hat das vorliegende HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG deutlich mehr den Charakter eines Lehrbuchs erhalten.
- Der Lehrbuchcharakter wird bewusst durch die Integration von Rechenbeispielen aus der Beratungspraxis ergänzt. Mithilfe dieser Beispiele können Leser und Leserinnen eine Reise quer durch die gesamte Breite energiewirtschaftlicher Berechnungen in der Energieberatung machen.
- Einige neue und zukunftsweisende Aspekte der Energieberatung wurden aufgegriffen, an die Charakteristik des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG angepasst und in eigenen Kapiteln integriert:
 - Energieberatung als Element einer umfassenden und auf die Wünsche und Persönlichkeit der Kunden und Kundinnen zugeschnittenen Prozessbegleitung.
 - Stromsparberatung.
 - Energetische Aspekte der persönlichen Mobilität als Inhalt der Energieberatung.
 - Energetische Aspekte des persönlichen Ernährungsverhaltens als Inhalt der Energieberatung.

Insgesamt verstehen die Autoren diese Version des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG als den Startpunkt für dessen kontinuierliche Aktualisierung und Weiterentwicklung als zukünftige Aufgabe gesehen wird, die gemeinsam mit den österreichischen Energieberatungsstellen in Angriff genommen wird.

Eine Beschreibung des Projektauftrags, der beteiligten Personen und ein Ausblick auf die zukünftige Wartung und Aktualisierung finden sich **Kapitel 14.3**.

1.1.2. Einführung in die Arbeit mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG versucht, ebenso wie die Erstausgabe von 1989, alle Informationen so anzuordnen, dass die Struktur dem logischen Ablauf einer Energieberatung folgt. In den folgenden Punkten werden die einzelnen Abschnitte kurz vorgestellt:

- **Kapitel 1 - Energieberatung in Österreich:** Seit 1989 hat sich eine vielfältige und lebendige institutionelle und privatwirtschaftliche Struktur entwickelt, die kurz vorgestellt wird, um die Rolle eines Handbuchs für die Beratung und für die Aus- und Weiterbildung besser abschätzen zu können.
- **Kapitel 2 - Datenerhebung für die Energieberatung:** Hier wird besonderer Wert auf Empfehlungen zu einer umfassenden Erstbegehung und Dokumentation eines Objektes gemacht. Dadurch soll die Basis dafür geschaffen werden, dass jegliche fördernden oder hemmenden Umstände frühzeitig erkannt und integriert werden können. Dadurch und durch die nötige Einbindung der Kundinnen und Kunden als eigentliche Experten und Expertinnen ihres Objektes, sollen die Umsetzungswahrscheinlichkeit sowie das Vertrauen in die Begleitung durch eine Energieberatung gesteigert werden.
- **Kapitel 3 - Datenabgleich Energieverbrauch- Energiebedarf:** Dieser Abschnitt dient der schnellen Abschätzung des Einsparpotenzials und eines ersten Vergleichs der wichtigsten Einflussfaktoren („Grobanalyse“) mit einem etwaig vorhandenen Energieausweis. Das Prinzip der Nutzung etwaiger Abweichungen zwischen gemessenem Verbrauch und gerechnetem Bedarf („Datenabgleich“) zur Identifizierung von Erhebungsfehlern ist ein neues Element zur Steigerung der Genauigkeit von Vorhersagen ohne die Berechnung komplex werden zu lassen.
- **Kapitel 4 bis 6 - Detaillierte Analyse aller Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch eines Hauses:** Klima (Temperaturen, Wind, Sonnenstrahlung), Baukörper (Verluste durch Transmission und Lüftung sowie solare Gewinne) mit spezieller Betrachtung von Wärmebrücken und Undichtheiten, Benutzungseinflüsse (Lüftung, Wärmegevinne durch Geräte und Personen) mit spezieller Betrachtung einer kontrollierten Lüftung und der Vermeidung von Feuchteschäden.
- **Kapitel 7 - Berechnung des Heizwärmebedarfs:** Vereinfachte Rechenschritte, wie sie für das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG entwickelt wurden, abgestimmt auf die für den Energieausweis vorgeschriebenen Rechenwege.
- **Kapitel 8 - Heizung:** Rechenwerte und Vorgehensweise zur Beurteilung von bestehenden Heizungsanlagen (Jahresnutzungsgrad und Jahresarbeitszahl) und zur Abschätzung der Wirkung von

Verbesserungen. Besonderes Augenmerk wurde auf aktuelle Fragen gelegt: Wärmepumpenheizung, Einsatz von Elektro-Direktheizungen zur Ganzhausheizung.

- **Kapitel 9 - Warmwasserversorgung** unter Berücksichtigung der solaren Wärmebereitstellung.
- **Kapitel 10 - Stromverbrauch:** Dieser Bereich wurde neu aufgenommen und kombiniert überschlägige Abschätzungen aus statistischen Daten mit einem Vorschlag zur genauen Aufnahme von Verbrauchern und Betriebszeiten.
- **Kapitel 11 - Prioritäten und Empfehlungen:** Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG konzentriert sich, wie die ursprüngliche Version, auf energiewirtschaftliche Berechnungen. In diesem Abschnitt wird die vorgeschlagene Methode der Wirtschaftlichkeitsrechnung erläutert. Es werden aber auch allgemeine Empfehlungen und Prioritäten aus der Beratungspraxis abgeleitet.
- **Kapitel 12 -Ausgewählte Fragestellungen der Energieberatung:** In diesem Abschnitt wird auf jene Fragen näher eingegangen (Erläuterung, Rechenbeispiele und Empfehlungen mit Literaturhinweisen), welche entweder immer wieder (z.B. Dichtheit der Gebäudehülle, Thermische Solaranlagen) oder in letzter Zeit verstärkt (z.B. „Infrarotheizungen“, Photovoltaik) in der Energieberatung auftreten und besonderer Überlegungen (z.B. Berücksichtigung Bau und Heizung) bedürfen.
- **Kapitel 13 - Neue Themen in der Energieberatung:** Mobilität und Ernährung benötigen in vielen Fällen einen höheren Energieeinsatz pro Person als Raumheizung und Warmwasser. Es macht daher Sinn, einen ersten Versuch zu unternehmen, die entsprechenden Grundlagen und Informationen so aufzubereiten, dass sie prinzipiell in einer Energieberatung einsetzbar sind (z.B. Wie weit vom Arbeitsplatz darf ein neues Niedrigenergiehaus gebaut und benutzt werden, dass die Einsparung nicht von der zusätzlichen Mobilität ausgeglichen wird?).
- **Kapitel 14 – Ausgangssituation und Projektabwicklung:** In diesem Abschnitt wird eine Brücke zur Ersterstellung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG durch Konrad Frey und Johannes Haas in Jahren 1986-1989 gebaut, es werden die damaligen Überlegungen zusammengefasst und es wird der Projektauftrag für die vorliegende Aktualisierung abgeleitet und erläutert.
- **Kapitel 15 - Anhang:** In diesem Abschnitt sind ergänzende Informationen (Umrechnungsfaktoren, verwendete Abkürzungen und Symbole), Listen der Abbildungen, Tabellen und Rechenbeispiele sowie Literaturangaben zusammengefasst. Verweise auf Online-Quellen finden sich jeweils als Fußnoten direkt auf den entsprechenden Seiten. Alle im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG zu findenden Tabellen werden zusätzlich in einer EXCEL-Arbeitsmappe frei zur Verfügung gestellt, um selbst Daten ergänzen oder ändern zu können.

1.2. Energieberatung in Österreich

1.2.1. Allgemeines Verständnis von Energieberatung

Unter Energieberatung wird üblicher Weise die Beratung eines Kunden zu energietechnischen Themen verstanden. Die Themen können sein: Gebäudehülle, Heizungsanlage, Energiegewinnungsanlagen und technische Geräte. Gebäude oder Anlagen werden analysiert und es werden im Beratungsgespräch Hinweise gegeben, wie der Energieeinsatz durch Maßnahmen reduziert werden kann, erneuerbare Energien eingesetzt werden können oder nach welchen Kriterien eine Neuanschaffung sinnvoll ist.

Es geht meistens darum, energetisch optimierte Lösungen unter ökonomisch vertretbarem Investitionsaufwand unter den Bedingungen des speziellen Beratungsfalls herauszuarbeiten und den Beratungskunden eine gute Grundlage für die Investitionsentscheidung zu geben. Die Energiekostenreduktion ist ein wichtiges Anliegen der Beratungskunden.

Der Handlungsrahmen des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG ist die Gebäudeenergieberatung. Kernthema im Hinblick auf die oben formulierten Ziele ist die Beratung von Menschen, in deren organisatorischer und

finanzieller Verantwortung es liegt, Verbesserungen im Bereich kleiner Wohngebäude bzw. familiär strukturierter Haushalte umzusetzen. Das bedeutet in jedem Fall, dass der Aufbau einer persönlichen Beziehung mit möglichst klarer Rollenverteilung entscheidend für Vertrauen und Akzeptanz ist. Dazu lässt sich folgendes Bild einer idealen Energieberatung zeichnen, vgl.: (Wernhart, Berufsbildbeschreibung "Energieberatung", 2013):

Beratungskompetenz: Von einer Energieberatung wird das individuelle und produktunabhängige Eingehen auf die Beratungssituation erwartet, im Gegensatz zu anderen, allgemeinen Informationen, die über andere Kanäle gewonnen werden können. Die Information soll klar verständlich und kundenorientiert vermittelt werden können.

Fachkenntnisse und Erfahrung: Es wird erwartet, dass die Beratung auf dem neuesten technischen Stand erfolgt, einen Überblick über verschiedene technische Lösungsmöglichkeiten gibt, und das Beratungsthema ganzheitlich betrachtet wird. In Spezialfragen soll gezielt an andere Experten weitervermittelt werden. Dazu gehört auch die Verwendung geeigneter Messgeräte zur Erfassung der Ist-Situation sowie Hilfsmittel, die es ermöglichen, Energieeinsparungen zu berechnen.

1.2.2. Energieberatung laut Gesetz:

Im Energieeffizienzgesetz² werden Energieberatung und Energieaudit wie folgt beschrieben.

Energieberatung: *Die Vermittlung ausreichender Informationen über das bestehende Energieverbrauchsprofil eines Verbrauchers zur Ermittlung und Quantifizierung der allfälligen Möglichkeiten für kostenwirksame Energieeinsparungen;*

Energieaudit: *ein systematisches Verfahren im Einklang mit § 18 und Anhang III zur Erlangung ausreichender Informationen über das bestehende Energieverbrauchsprofil eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eines Betriebsablaufs in der Industrie und/oder einer Industrieanlage oder privater oder öffentlicher Dienstleistungen, zur Ermittlung und Quantifizierung der Möglichkeiten für kostenwirksame Energieeinsparungen und Erfassung der Ergebnisse in einem Bericht.*

Diese Definition verkürzt Energieberatung auf kostenwirksame Einsparungen. Wird Energieberatung so dargestellt, gehen wesentliche Chancen einer Beratung als Unterstützung einer gesellschaftlichen Entwicklung in Richtung höherer und nachhaltiger Systemeffizienz in der Energienutzung verloren.

Erfahrungsgemäß reichen die Themen, mit denen sich Menschen an Energieberatung wenden von Bautechnik über Haustechnik bis hin zu Ökologie am Bau. Kondenswasser und Schimmel sind häufige Probleme, die oft am besten mit umfassenden Konzepten gelöst werden. Hier steht die Kosteneinsparung nicht im Vordergrund der Erwartungen. Wer sich anlässlich einer notwendigen Erneuerung der Heizung für erneuerbare Energie interessiert hat vielleicht auch Sorge, dass fossile Energie in einigen Jahren sehr teuer werden könnte.

1.2.3. Das Berufsbild „Energieberater / Energieberaterin“

Es gibt in Österreich keine geschützte Berufsbezeichnung „Energieberaterin/Energieberater“, welche allgemein- gültigen Standards oder Regeln unterliegt. Es darf sich daher in Österreich jeder bzw. jede Energieberater oder Energieberaterin nennen und Energieberatungstätigkeit ausführen, unter Bedachtnahme eventueller gewerberechtlicher Einschränkungen.

Damit Energieberatung gewerberechtlich ausgeübt werden kann (darunter fällt auch die Berechnung des Energieausweises), muss eine entsprechende Berechtigung für ein Gewerbe nachgewiesen werden, unter dessen Namen Energieberatung durchgeführt werden kann.

² <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008914>

Man erhofft durch eine Standardisierung der Vorgehensweise bei der Beratung selbst sowie der Ausbildungsinhalte, den Mangel der Nicht-Darstellbarkeit einer Mindestqualität, den eine gesetzlich standardisierte Ausbildung/Berufsbezeichnung mit sich bringen würde, durch eine bekannte Marke bzw. durch eine Zertifizierung zu beseitigen.

Die frühen Akteure der Energieberatung, allen voran Vertreter der Energievereine der Länder und Energieversorgungsunternehmen gründeten dazu die Arbeitsgemeinschaft Energie-Berater(innen)-Ausbildung (ARGE EBA). Diese erarbeitete österreichweit einen Rahmen und Qualitätsstandards für die Ausbildung. Das zu dieser Zeit bereits eingesetzte HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER wurde in die Entwicklung dieser Standards integriert. Ziel ist eine Zertifizierung der Absolventen und Absolventinnen.

1.2.4. Kompetenzprofil des Energieberaters bzw. der Energieberaterin

Die ARGE EBA erarbeitete österreichweit eine gemeinsame Ausbildung. Mit dem Festsetzen fachlicher Standards, und dem Mittransportieren nicht fachlicher Inhalte, wie Kommunikations- und Beratungsübungen in der Ausbildung, wurde auch ein Bild, was Energieberatung ist und wie der Ablauf einer Energieberatung aussieht, die Einstellung und der Ansatz in der Beratung vermittelt und festgesetzt.

Da diese Ausbildung sehr viele Energieberater und Energieberaterinnen durchlaufen, prägt diese Ausbildung das Verständnis vor allem von jener Energieberatung, die von den Ländern gefördert wird: sie müssen, um diese Aufgabe erfüllen zu können, ein technisch umfassendes Wissen haben, Überblick über das Thema haben, vernetzt denken können und in der Lage sein, ein Beratungsgespräch führen zu können. Zentrale Aussagen in der Beratung sollen auch im Team abgestimmt und somit glaubhaft gemeinsam nach außen getragen werden.

Aus den weiter oben beschriebenen Bildern von Energieberatung und aufgrund von Erfahrungen ergibt sich daher folgendes Anforderungsprofil auch an die Ausbildung:

- Eine fundierte interdisziplinäre fachliche Ausbildung über die Grenzen von Gewerken und Fachgebieten hinweg: physikalische Grundlagen, Bauphysik und Bautechnik, Heizungs- und Raumluftechnik, Erneuerbare Energien, elektrische Energie.
- Kenntnis der rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen (Verordnungen, Förderungen, Entwicklung von Energie- und Produktkosten).
- Orientierung im Dienstleistungsumfeld, um nicht gegen, sondern gemeinsam mit Gewerbe, Hersteller- und Handelsfirmen an der Problemlösung arbeiten zu können.
- Kommunikations- und Beratungstraining, auch in Didaktik für die Weitergabe des Wissens im Rahmen von Vorträgen und Seminaren.
- Beratungs- und Praxiserfahrung während der Ausbildung, unter der Anleitung von erfahrenen Beratern und Beraterinnen.
- Grundverständnis in Fragen aus dem Umfeld der traditionellen Energieberatung sowie deren Entwicklung. Beispiele dafür sind: Ökologische Themen, Energieeinsatz in den Bereichen Mobilität und Konsum, Möglichkeiten der Eigenstromerzeugung, strategische Entwicklungen im internationalen Energiemarkt.

1.2.5. Anforderung an die Organisation der Energieberatung

Energieberatung funktioniert nur in einem Netzwerk, das auf wichtige gemeinsame Ressourcen zurückgreifen kann und somit organisatorische Qualitäten in die Gestaltung der Energieberatung einbringt:

Weiterbildung: Weiterbildung ist ein Selbstverständnis im modernen Berufsleben, und besonders im dynamischen Bereich der Energiethemen, in denen es immer neue technische Entwicklungen, thematische Schwerpunktsetzungen und rechtliche Grundlagen gibt, ein wichtiger Bestandteil für die Ausübung der Tätigkeit.

Vernetzung: Austausch mit Berufskollegen und -kolleginnen ist wichtig, um einen gemeinsamen Wissensstand und Beratungsstandard zu gewährleisten. In den gewerblichen Berufen übernehmen meist die

Standesvertretungen diese Aufgabe. Solange die Tätigkeit der Energieberatung keine gesetzlich geregelte Berufsvertretung hat, wäre es naheliegend (wird auch teilweise durchgeführt) dass die Institutionen, welche Energieberatung anbieten, die Aufgabe der Weiterbildung und Vernetzung übernehmen.

Firmenunabhängige Beratung: Firmenunabhängige Energieberatung ist frei von einem Verkaufsinteresse oder Nachfolgeaufträgen und hat die Aufgabe, für die Beratungskunde im Beratungsgespräch das bestmögliche Ergebnis zu finden, und zwar firmenunabhängig und technologieübergreifend. Diese Beratung im Sinne einer Interessensvertretung des Kunden ist zu unterscheiden von einem Verkaufs- Beratungsgespräch, welches sich nicht an firmenübergeordneten Lösungsmöglichkeiten orientiert, sondern Möglichkeiten anbietet, welche die Firma leisten kann.

Rechtlich abgesicherte Ausübung der Tätigkeit: Energieberater und -beraterinnen haften für die von ihnen getätigten Aussagen und Ratschläge entsprechend der Sachverständigenhaftung §1299 ABGB. Wer sich zu einem Amt, zu einer Kunst, zu einem Gewerbe oder Handwerk öffentlich bekennt, oder wer ohne Not freiwillig ein Geschäft übernimmt, dessen Ausführung eigene Kunstkenntnisse, oder einen nicht gewöhnlichen Fleiß erfordern, gibt dadurch zu erkennen, dass er sich den notwendigen Fleiß und die erforderlichen Kenntnisse zutraue. Er muss daher den Mangel derselben vertreten.

Ausbildung: Da der Begriff „Energieberaterin/Energieberater“ keine geschützte Berufsbezeichnung ist, gibt es auch keine reglementierte Ausbildung. Ein Blick auf die Qualifikationsanforderungen an Energieberater und Energieberaterinnen zeigt, welche Lehrziele eine Ausbildung beinhalten muss: Einerseits muss das notwendige fachliche, technische Wissen vermittelt werden, andererseits ist auf nicht technisch-fachlicher Ebene die Kommunikation und Gesprächsführung ein wichtiger Bestandteil einer Ausbildung. Ein physikalisches Grundverständnis hilft, nicht vorgezeichnete, sondern neue Lösungswege zu erarbeiten, Dinge auf Plausibilität zu überprüfen und damit eine fachliche Flexibilität zu erlangen.

1.2.6. Ausbildung für die Energieberatung in Österreich

Die derzeit durch die Arge EBA organisierte und überwachte Ausbildung besteht aus zwei Teilen:

Der A-Kurs vermittelt die Grundlagen und das allgemeine Verständnis im Energiebereich. Er besteht aus ca. 50 Lehreinheiten.

Der F-Kurs ist auf den A-Kurs aufbauend, vermittelt vertiefende Fachkenntnisse und beinhaltet Lehreinheiten über Kommunikation und Beratungsgespräch. Weiters müssen Beratungen unter Anleitung erfahrener Energieberater und Energieberaterinnen und ein Energieprojekt durchgeführt werden.

Der F-Kurs umfasst 120 Lehreinheiten und schließt mit einer kommissionellen Prüfung ab. Der Kurs wird in den meisten Bundesländern angeboten, und meist von den Energievereinen/-agenturen der Länder durchgeführt.

An der Donauuniversität Krems wird seit Herbst 2012 eine postgraduale Ausbildung angeboten. Man erwirbt den Abschluss „Akademischer Energieberater“ bzw. „Akademische Energieberaterin“. Diese Ausbildung ist eine Fortsetzung der Ausbildung der ARGE EBA und für vertiefende Themen des Wohnbaus entwickelt worden. Die dreisemestrige Ausbildung schließt mit dem Titel „Akademischer Experte / Akademische Expertin“, die viersemestrige Ausbildung mit dem Titel „Master“ ab.

Für die Qualifizierung als Energiedienstleister für Energieaudits gem. § 9 des Energieeffizienzgesetzes werden derzeit angerechnet: ARGE Energieberatung A-Kurs: Gebäude 7, Prozesse 4, Transport 0 Punkte; F-Kurs: Gebäude 10, Prozesse 6, Transport 2 Punkte. ³

3

<http://www.bmfwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/%C3%9Cbersicht%20Punktezuordnung%20f%C3%BCr%20Ausbildungskurse%2018%20Mai%202015.pdf>

1.2.7. Aktuelle Trends in der Energieberatung

Zur Zeit der Erstellung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER in der zweiten Hälfte der 80er Jahre war die Phase der umfassenden Reaktion der energieintensiven Industrie auf die Energiepreiskrisen 10 Jahre davor gerade abgeschlossen und neue Technologien der Wärmeerzeugung (z.B. Wärmepumpe, Brennwerttechnik, Nutzung erneuerbarer Energie) und der Energieeinsparung (z.B. Dämmdicken > 10 cm, Wärmeschutzverglasung, Fertigteilbauweise, Wärmerückgewinnungssysteme) wurden auch für Wohngebäude adaptiert und nutzbar. Produktunabhängige und persönliche Energieberatung mithilfe von Werkzeugen, die sich vom HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER sehr schnell auch auf Softwarepakete verlagerte, spielte danach eine entscheidende Rolle in der kontinuierlichen Verbesserung des gesamten Sektors sowie in der Übernahme gesicherter Erkenntnisse in verbindliche Regelwerke und Verordnungen sowie gezielte Investitionsförderungen.

25 Jahre später haben sich sowohl ein umfassendes technologisches Angebot als auch die Kompetenz aller beteiligten Gewerbe zu hoher und nachhaltiger Qualität entwickelt. Es sind in den letzten Jahren allerdings neue Herausforderungen entstanden, denen sich die Energieberatung stellen muss, wenn sie die hohe Akzeptanz als unterstützende und niederschwellige Infrastruktur erhalten will. Diese Herausforderungen können in die folgenden Themenbereiche gegliedert werden:

- **Schwer vorhersagbare und schwankende Energiepreise:** Durch die fortschreitende Globalisierung von Wirtschaft und Medien werden Einflüsse nicht nur schneller wirksam sondern auch den Konsumenten und Konsumentinnen stärker bewusst. Da es sich bei den wesentlichen Umständen oft um gegenläufige Wirkungen handelt, wird das Energiesystem komplexer: Starker Zuwachs an erneuerbarer Stromerzeugung (Wind und Sonne), starke Nutzung nicht-konventioneller Öl- und Gasvorkommen in Nordamerika, militärische Konflikte und instabile politische Situationen in wichtigen Förderregionen, ungleich verteilte Wirtschaftsentwicklung mit direkten Auswirkungen auf den Energieverbrauch. Zurzeit verschiebt sich z.B. die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (Sonne, Biomasse) durch einen niedrigen Strompreis sehr stark zu Wärmepumpe und elektrischer Direktheizung, was im Sommer Sinn macht, im Winter aber nicht nachhaltig aufrechtzuerhalten sein wird.
- **Interesse an einer gesamtheitlichen Bewertung von Handlungsoptionen:** Neue Ziele nicht nur der Energiepolitik sondern auch für persönliche Entscheidungen haben breite Akzeptanz gefunden. Beispiele dafür sind die Verringerung der menschliche Eingriffe zur Steigerung des Treibhauseffekts, das Haushalten mit endlichen Ressourcen durch Kreislaufschließung und erneuerbare Alternativen, die Steigerung regionaler Wertschöpfung und die Chancengleichheit benachteiligter Bevölkerungsgruppen und nachkommender Generationen.
- **Andere Bereiche der Energienutzung rücken ins Zentrum:** Durch die Senkung des Energieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser und die Verfügbarkeit umfassender Bewertungssysteme (z.B. persönliche CO₂-Bilanz, ökologischer Fußabdruck) ist die relative Bedeutung der Bereiche Haushaltsstrom, Mobilität und persönlicher Konsum und Ernährung gestiegen. Auf der Suche nach der sinnvollsten Maßnahmenkombination muss Energieberatung sich mit den physikalischen und organisatorischen Grundlagen dieser Bereiche befassen und Empfehlungen ausarbeiten können.
- **Vom Stromverbraucher zum (möglichst unabhängigen) Stromerzeuger:** Durch kostengünstige Photovoltaikanlagen verändert sich das System der Stromversorgung. Durch eine große Zahl an kleinen Erzeugungsanlagen ändern sich die Anforderungen an die Verteilung und Speicherung sowie deren Steuerung sowohl im regionalen und überregionalen Verbund als auch in den Haushalten selbst. Über Elektromobilität wird erstmals eine Vision der weitgehenden Eigenversorgung und des vollständigen Verzichts auf fossile Energieträger im privaten Wirkungsbereich greifbar, das konkrete

Wissen und klare Handlungsempfehlungen fehlen noch weitgehend und werden in der Energieberatung einen wichtigen Stellenwert bekommen.

- **Energiearmut:** Die Einkommens- und Vermögensunterschiede zwischen reichen Menschen und solchen in prekären wirtschaftlichen Situationen werden messbar und rasch größer. Energiekosten sind am unteren Rand der Einkommensskala oft bereits entscheidende Größen. Das kann zu energiepolitisch und wirtschaftlich falschen, kurzfristig vielleicht sogar individuell entlastenden, Entscheidungen führen, die immer häufiger Thema in Energieberatungen sind: z.B. Kauf günstiger Objekte mit schlechter thermischer Qualität und technischer Ausrüstung, Einsatz von Elektro-Direktheizungen für Ganzhaus- bzw. Wohnungsheizung, Verzicht auf thermische Sanierung. Neben betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten treten dabei gesundheitliche Fragen und die Vermeidung von Bauschäden in den Vordergrund.

Energieberater und Energieberaterinnen erfüllen gerade in Zeiten gesellschaftlichen und technologischen Wandels mehrere Aufgaben: Vermittlung von Handlungsempfehlungen und Anwendungswissen an Kunden und Kundinnen, gezieltes Verweisen an spezialisierte Fachleute und Institutionen in Einzelfragen, Informationsweitergabe (z.B. statistische Daten und fachliche Empfehlungen) aus der Beratungspraxis an Politik und Verwaltung zur Gestaltung von Gesetzen, Förder- und Bildungsprogrammen.

In einem funktionierenden Gesamtsystem lässt sich die Kooperation (der Informationsfluss) zwischen allen Beteiligten in Form einer Sanduhr graphisch darstellen.

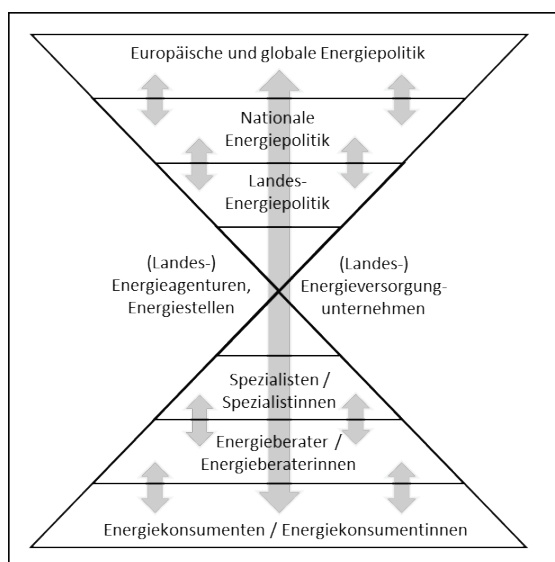


Abbildung 1-1: Energieberatung im energiepolitischen Kontext

1.3. Formen und Ablauf einer Energieberatung

1.3.1. Arten von Energieberatung

Energieberatung hat sich über viele Jahre entwickelt und durch die Nachfrage in den folgenden Ausprägungen bewährt.

Tabelle 1-1: Typische Varianten von Energieberatung

Beratungsart	Charakteristik	Einsatz des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG
Online - Selbstcheck	Eingabe von Grunddaten und automatisierte Ausgabe grundlegender Empfehlungen. Oft in Verbindung mit ökologischen Bewertungen (z.B. 2000-Watt Gesellschaft) oder spezifischen Fragestellungen (z.B. Photovoltaik, Haushaltsgeräte). Oft von Energieversorgungsunternehmen angeboten.	Für interessierte Laien zum Verständnis der energiewirtschaftlichen Zusammenhänge, für Beratungsstellen zur Ausarbeitung eines Tools.
Online mit Auswertung	Meist kostenpflichtig! Umfangreicher Fragenbogen, Bearbeitung und Bantwortung entweder durch ein Software Paket oder eine Beratungsstelle. Versucht das Aufsuchen einer Beratungsstelle zu ersetzen.	
Telefonberatung	Für einfache und standardisierte Fragestellungen (z.B. Förderugn) sowie für Vorabklärungen im Rahmen eines differenzierten institutionellen Angebotes (z.B. Auswahl der Fachleute, nötige Unterlagen).	Zur schnellen Verfügbarkeit von Daten im Fall spezifischer Fragestellungen (z.B. Baustoffkennwerte).
Kurzberatung auf Veranstaltungen und Messen	Entweder mit Aktionen zu (aktuellen) Einzelfragen oder mit einer standardisierten Energiekennzahlermittlung und Grobanalyse. Hauptzweck sind Bekanntmachung der Beratungsstelle, Bewusstseinsbildung und Orientierung im Angebot der parallelen Veranstaltung.	Arbeitsunterlage als Datensammlung und zur Verwendung einfacher Berechnungsformeln.
Beratung in einer Beratungsstelle	Umfassende Beratung bei Verfügbarkeit der benötigten Information in allen Themen, die nicht unbedingt eine Begehung des Objektes verlangen (z.B. Heizkesseltausch, Solaranlage, Elektrogeräte). Berechnungen können besonders gut in der Beratungsstelle gemacht werden.	Arbeitsunterlage als Datensammlung und zur Verwendung einfacher Berechnungsformeln sowie zur Ausarbeitung von Empfehlungen (Maßnahmen und weitere Informationsquellen) unter Berücksichtigung aller Einflussbereiche
Firmenberatung	Gezielte Beratung in der Fachkompetenz des Unternehmens sowie Überblick über angrenzende und verbundene Themen. Schwerpunkt sind Wirtschaftlichkeit und technische Ausführung von Maßnahmen sowie die damit verbundenen indirekten Effekte (z.B. Behaglichkeit).	
Vorortberatung	Schwerpunkte sind die Begehung und Begutachtung des Gebäudes sowie die Befragung der Nutzer und Nutzerinnen in Fällen, in denen eine umfassende Beratung mit starken Eingriffen in Bau- und Haustechnik gewünscht ist. Messungen lassen sich nur so integrieren, Berechnungen müssen oft nachgeliefert werden.	

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER von 1989 legte großen Wert auf die Nutzung von Formblättern für die Beratung. Der ganze Aufbau war am chronologischen Ablauf einer umfassenden Energieberatung orientiert. Diese Formblätter wurden nur in Ausnahmefällen (z.B. Kurzberatungen mit Energiekennzahl) nachhaltig in der Energieberatung eingesetzt. Der Schwerpunkt der Nutzung lag in den einfach aufbereiteten Daten und einzelnen Algorithmen. Für die Aktualisierung wurde daher auf die Ausarbeitung von Formularen verzichtet und der Aufbau stärker an den Fachbereichen orientiert. Die grundsätzliche Trennung in Kurzberatung (erste Abschnitte) und umfassende Behandlung einzelner Bereiche wurde beibehalten, um für alle in **Tabelle 1-1** beschriebenen Ausprägungen der Beratung umfassende Informationen bereitstellen zu können.

1.3.2. Erwartungen abgleichen

Von einer Beratung wird das individuelle Eingehen auf die Situation des Kunden und Kundinnen erwartet – im Gegensatz bzw. als Ergänzung zu Informationen, die über andere Kanäle gewonnen werden können.

Die Erwartungen der beiden Seiten, Kunde / Kundin und Berater / Beraterin, können sehr unterschiedlich sein.

Mögliche Kundenmotive:

- Orientierung im Überangebot an Informationen, Meinungen einholen, oft auch die eigene Meinung bestätigen lassen.
- Die eigene Situation analysieren und bewerten, prinzipielle Lösungsmöglichkeiten sondieren.
- Hilfe und Begleitung bei anstehenden Entscheidungsfindungen, bis hin zu Konstruktionsempfehlungen bzw. zur Diskussion bereits gesammelter Ausführungsvarianten.
- Energiekosteneinsparung und Hilfe bei der Erstellung bzw. Interpretation von Wirtschaftlichkeitsabschätzungen und Finanzierungsvarianten.
- Umweltschutz
- Notwendiges Übel, um an Fördergeld zu kommen, möglichst optimale Ausnutzung der Förderungsbedingungen.
- Manchmal auch Aufschub von Entscheidungen, Zeitgewinn, vor allem dann, wenn große Investitionen und umfangreiche Änderungen anstehen.

Mögliche Erwartungen von Seiten der Beratung:

- Klienten zu (höherer) Investition in besseren Wärmeschutz, effizientere Geräte und mehr erneuerbare Energien bewegen.
- Möglichst viele Sanierungsprojekte einer Förderung zuführen.
- Abarbeiten vorgegebener Beratungsschwerpunkte bzw. Checklisten und Formulare der Beratungs- und Förderungsstellen.
- Möglichkeit, selbst weitere Dienstleistungen anbieten zu können (z.B. Messungen oder spezielle Berechnungen).
- Interessen haben aber nicht nur der Klient (Beratungskunde) und Berater / die Beraterin selbst sondern auch jene Systeme (Unternehmen, Gesellschaft, Politik etc.), die Beratung anbieten oder mittragen und mitfinanzieren.

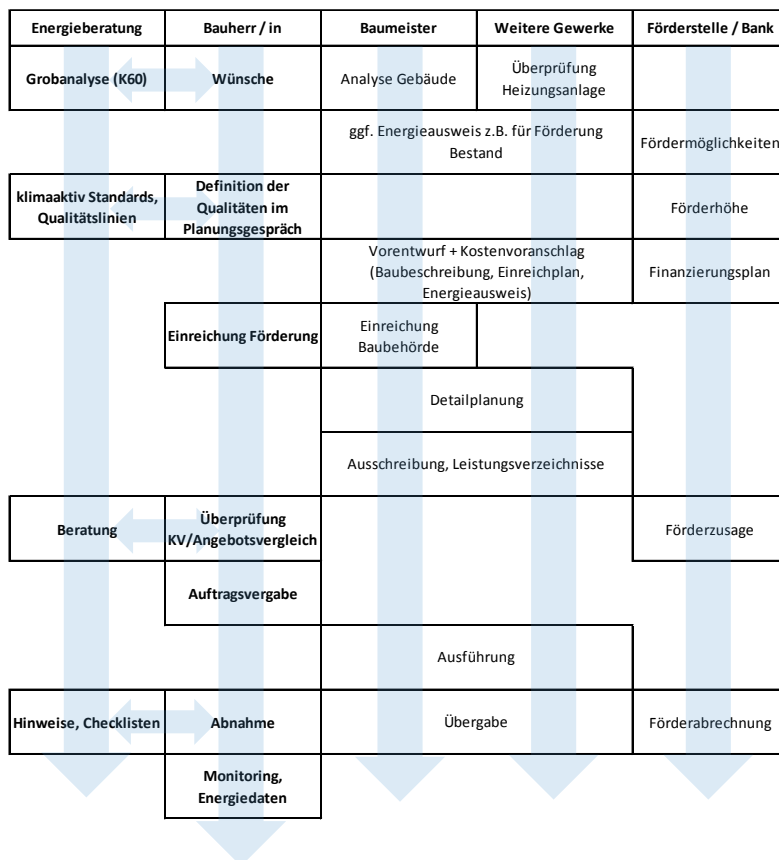


Abbildung 1-2: Energieberatung im Bauprozess

Die Auftragsklärung ist daher ein Erfolgsfaktor für eine gute Beratung. Es gibt oft auch Erwartungen, die von Energieberatung nicht erfüllbar sind. Die Abgrenzung aber auch die Anschlusspunkte zu Planung und Handwerk sollen den Beteiligten klar sein. Erfolgt die Klärung der Erwartungen in einer Anlaufstelle, so kann durch geeignete Fragen bereits wesentliche Information eingeholt werden und danach die geeignete Person und die geeignete Beratungsmethode mit höherer Treffsicherheit gewählt werden. Erfahrungsgemäß macht sich der relativ geringe Zeitaufwand für eine gute Auftragsklärung durch größere Zufriedenheit auf beiden Seiten bezahlt.

1.3.3. Selbstverständnis des Beraters / der Beraterin

„Beraterisches“ Vorgehen ist personen- und aufgabenorientiert. Vor dem Hintergrund einer spezifischen Situation wird eine **Analyse der konkreten Situation** durchgeführt, Entscheidungs- und Handlungsalternativen erarbeitet und die Konsequenzen der Entscheidung berücksichtigt (**Szenarien**).

Auch wenn Beratung bewusst situationsabhängig und auch intuitiv sein soll, so verfügt der/die professionelle Berater/Beraterin im Hintergrund doch über eine große Anzahl an Hilfsmitteln:

- Fragen nach Wünschen, Wertigkeiten, Risikoeinschätzungen sowie Informationen zu Gebäude und Nutzungsverhalten. Checklisten können dabei unterstützen.
- Strukturierungshilfen und Konzepte (für Problemanalyse, Bewertungen, Folgenabschätzung, Berechnungen).
- Richtwerte, Kenngrößen (Energiekennzahlen, Kosten etc.) – genau dafür soll das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG eine geeignete Quelle und Arbeitsunterlage sein.
- Wissen über Technologien und deren Einsatzmöglichkeiten.
- Beispiele (erfolgreiche Sanierungen, Betriebsergebnisse etc.).

Die Beratung hat nicht zum Ziel zu bestimmen, was die **richtige Entscheidung** für die Klienten ist. Diese wählen selbst aus den Alternativen aus. Beratung dient vielmehr zur Vorbereitung einer Problemlösung. *Das Problem und seine Lösung gehören dem Klienten.* Der Berater ist für die Beziehung zuständig. In dieser Beziehung kann der Klient für sein Problem Lösungen finden und die Verantwortung dafür übernehmen. Der Klient muss damit leben, nicht der Berater.

Es ist auch nicht Aufgabe des Beraters, zu „motivieren“ – das funktioniert nämlich meist nicht. Beratung kann nur an vorhandenen Grundbedürfnissen anknüpfen. Was Beratung leisten kann: Probleme und Lösungsmöglichkeiten gemeinsam herausarbeiten, neue Informationen einbringen, andere Sichtweisen eröffnen. Um entscheiden zu können, müssen **Handlungsalternativen** konstruiert werden.

1.3.4. Welche Beratungsformen kommen zum Einsatz?

Die Erwartungen und Anforderungen an eine Beratung sind sehr unterschiedlich, dementsprechend ist es wichtig, verschiedene Haltungen und Rollen von Beratung zu unterscheiden, um eine geeignete Beratungsform anbieten zu können:

1. Vermittlung, Hotline: Auftragsklärung, allgemeine Erstinformation, Verweise auf Unterlagen, Internet, Vermittlung an Energieberatung (individuell, auf Objekt und Nutzung abgestimmt) oder andere Stelle
2. Energieberatung im Beratungsbüro oder im Gebäude des Klienten, individuell auf dessen Erwartungen und Möglichkeiten abgestimmt
3. Gutachten (z.B. Energieausweis), schriftliche Bewertung, meist mit mehr oder minder standardisierten Handlungsempfehlung, die nicht weiter auf die jeweiligen Nutzer abgestimmt werden
4. Systemische Beratung und Prozessberatung: Es wird unterstellt, dass der Klient die Lösung seines Problems kennt, sie ihm aber nicht bewusst ist. Der Berater gestaltet daher einen Prozess, in dessen Verlauf sich der Klient die Lösung seines Problems selbst erarbeitet.
5. Mediation: Die Konfliktbeteiligten entwickeln, unter Anleitung eines professionellen Mediators, ihre Streitbeilegung selbstverantwortlich und ohne Gerichtsverfahren.

1.3.5. Prozessberatung in der Energieberatung

Ein **Prozess** umschreibt einen Vorgang im Betriebsablauf. Ein Neubau- oder Sanierungsprojekt stellt für Nicht-professionelle Bauherrn eine große Herausforderung dar, für die eine einmalige Beratung oft nicht ausreichend Unterstützung bietet. Dieser Prozess kann in fünf Phasen geteilt werden: Klärung des Kundenwunsches, Einholung von Angeboten/Ausschreibung, Beurteilung der Angebote und Auswahl, vertragliche Vereinbarungen, Übernahme.

Entsprechende Angebote sind zwar bisher nicht Standard in der Energieberatung, mit dem „Wegweiser zur guten Heizungs- und Lüftungsinstallation“ mit Qualitätslinien für haustechnische Anlagen von klimaaktiv stehen Unterlagen für eine prozessorientiertere Energieberatung zur Verfügung.

1.3.6. Was sind grundlegende Voraussetzungen für gute Beratung?

Beratungskompetenz baut auf einem klaren **Selbst- und Professionsverständnis** auf und zeigt sich in der Fähigkeit zur Strukturierung und im Einsatz der geeigneten Methoden. Im Gegensatz zu allgemein bekannten Berufsbildern wie Architekt, Baumeister oder Installateur sind die Vorstellungen und Erscheinungsformen von Energieberatung recht unterschiedlich. Umso mehr sind daher Klarstellungen von Interesse: wer bin ich, aus welcher Perspektive, mit welchem Hintergrund biete ich Beratung an, welche Problemlösungsstrategien wende ich an (Methoden, Techniken, fachlich-beruflichen Qualitäten im naturwissenschaftlich technischen Bereich), welche beraterischen Qualitäten habe ich?

Vertrauen ist eine Voraussetzung für eine gute Beratung. Vertrauen baut sich in drei Dimensionen auf: Vertrauen in die Person, in die Organisation und in den Prozess.

Berater müssen sich Vertrauen oft erst erwerben, Misstrauen kann sich darauf begründen, dass ihre Kompetenz angezweifelt wird, oder weil sie in einem Naheverhältnis zu bestimmten Interessen stehen. Sie haben großen Einfluss, ohne selbst Entscheidungen fällen zu müssen und tragen wenig Verantwortung.

Manchmal ist es gut, vertrauensbildende Maßnahmen zu setzen. Beispiele: Wertschätzung für geleistete Arbeiten ausdrücken, Interesse an der Lösung von Problemen, Kompetenz erkennen lassen, aber auch Bereitschaft zur Übernahme von Risiko (z.B. in Ausnahmefällen auch Erfolgshonorare).

Fragen können auch vertrauensbildend sein. Sie verhindern, dass der Berater sich als allein Wissender definiert. Die Fragen und das damit bekundete Interesse werden vom Klienten als empathische Haltung des Beraters verstanden. Das verstärkt die Beziehungen zwischen Berater und Klienten. Der Ratsuchende sieht sich mehr und mehr verantwortlich für die Konstruktion seines Problems, das er vorher als „von außen“ auf sich zukommend bzw. „von innen“ auftauchend und nicht veränderbar erlebt hat. Fragen zu stellen ist also weit mehr als nur Informationsaustausch. Gleichzeitig wird neue Information geschaffen. Fragen dazu sollen auch offen, lösungsorientiert und in die Zukunft gerichtet sein. Ziel ist, Zukunftsperspektiven zu entwerfen!

Das Besondere an systemischen Fragen ist, dass die Fragen nicht in erster Linie gestellt werden, um einen Informationsbedarf des Beraters zu decken, sondern damit beim Befragten ein Denkprozess angeregt wird. Dieser Denkprozess entspringt ungewohnten Blickwinkeln und schafft neue Einsichten in die Zusammenhänge des betrachteten Systems. Diese Art des Fragens soll neue Perspektiven eröffnen, neue Lösungswege zeigen, andere Wirklichkeitskonstruktionen ermöglichen.

Die Strategie der systemischen Beratung: Den Beratungskunden führen, damit er Unterschiede herausarbeiten, neue Zusammenhänge herstellen und Lösungswege überprüfen kann.

Diese Art der Beratung unterscheidet sich grundlegend von der bekannten Beratungsstrategie Diagnose und Empfehlung. Werden in einer systemischen Beratung Empfehlungen gegeben, dann bezeichnet man das als Intervention und meint damit, dass der Berater einen neuen Aspekt einbringt und sich der Beratungskunde zu diesem in Beziehung setzen soll.

2. Datenerhebung für die Energieberatung

2.1. Einleitung

Der Hauptteil des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG beschäftigt sich mit energiewirtschaftlichen Berechnungen (vereinfachten Abschätzungen!) des Ist-Zustandes von Gebäude, Haustechnik und Benutzung sowie des Einflusses vorgeschlagener Maßnahmen in Form einer einfachen Kosten-Nutzen-Analyse. Hier liegt auch die fachliche Verantwortung des Energieberaters bzw. der Energieberaterin. Darüber darf nicht vergessen werden, dass der Erfolg der Energieberatung in den meisten Fällen auf anderen Grundsätzen beruht, die miteinander in enger Beziehung stehen:

Prinzip der Partizipation: Energie wird weder von Beratungsergebnissen noch von Energieausweisen gespart, sondern durch Bewohner und Bewohnerinnen, somit durch jene Menschen, mit denen im Rahmen der Energieberatung kommuniziert wird. Die Motivation und Befähigung zur Übernahme von Umsetzungs- und Ergebnisverantwortung durch Kunden und Kundinnen, sowie deren Begleitung über den gesamten Prozessverlauf, stehen im Zentrum der Beratungsgestaltung. Erfolgreiche Energieberatung ist ein partizipativer Prozess.

Prinzip der systemischen Beratung: Die Erstellung eines Energieausweises bedingt, wie vor ca. 40 Jahren die Berechnung der Heizlast nach ÖNORM B8135, die Gefahr einer Verengung des Betrachtungsrahmens der Energieberatung auf die Kennzahl kWh/m²-Jahr. Energieberatung ist dann erfolgreich, wenn Kunden und Kundinnen die Energieberatung als Unterstützung zur nachhaltigen Optimierung des Wohnens in seiner Gesamtheit erleben. Fragen, besonders im Rahmen einer Vorortbegehung, sollten daher möglichst viele fördernde und hemmende Umstände (aus baulichen Gegebenheiten sowie der spezifischen persönlichen Situation) sowie Querbezüge zu anderen Vorhaben erheben und in das Beratungsgespräch einbinden.

Zusammengefasst sind somit die Ziele der Datenerhebung:

- Einbindung der Kunden und Kundinnen mit ihren konkreten Anliegen und Vorstellungen sowie Möglichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen.
- Erkennen von fördernden (z.B. Sanierungsbedarf aufgrund von Schäden oder Anlagenalter) oder hinderlichen (z.B. Einschränkungen durch Bauordnung) Umständen für die Maßnahmenplanung.
- Dokumentation aller Umstände für die zukünftige Bearbeitung bzw. für planende und ausführende Firmen.
- Möglichst genaue Beschreibung des Objektes in seinen energiewirtschaftlich relevanten Charakteristika. Auf dieser Basis bauen alle weiteren Berechnungen und Vorschläge auf. Sinnvolle Vereinfachungen sollten erst bei der weiteren Bearbeitung und Maßnahmenentwicklung vorgenommen werden.
- Gegenseitige Überprüfung von **Energieverbrauch** (aus Bezugsdaten wie z.B. Abrechnungen) und **Energiebedarf** (aus der Analyse des Objektes und der Nutzungseinflüsse bzw. aus einem vorhandenen Energieausweis). Durch diesen „Datenabgleich“ können Unsicherheiten in der Datenlage erkannt und korrigiert werden.

Für eine zügige Abwicklung der Datenerhebung ist es von Vorteil, wenn alle verfügbaren Unterlagen bereitgehalten bzw. andere gezielt für die Energieberatung eingeholt werden. Beispiele dafür sind:

- Grundrisse und Gebäudeansichten mit Maßen,
- wärmetechnische Nachweise (Energieausweis, frühere Energieberatungsprotokolle),
- Mess- und Begehungsprotokolle (z.B. Abgas-, Luftdichtheits- oder Thermographiemessungen),
- Verbrauchsabrechnungen,
- Beschreibung und Verrechnung bisheriger energiespezifischer Investitionen.

2.2. Leitfaden für eine umfassende Vorortbesichtigung

Der folgende **Leitfaden unterstützt** eine umfassende Beratung. Hier finden Sie Hinweise, worauf bei einer Besichtigung besonders geachtet werden kann. Die Bauherren sind eingeladen, ihr Gebäude selber kennenzulernen und werden angeleitet, sich mit allen Themen der Sanierung auseinander zu setzen.⁴ Methodische Hinweise für das Herausarbeiten der geeigneten Maßnahmen finden sich nach den Tabellen, sowie in einer Reihe von Publikationen. Umfassende Darstellungen einer Bestandsanalyse finden sich z.B. in (Weichmann, 1981), (Kastner, 2000).

2.2.1. Dokumentation und Bewertung⁵

In Stichworten sollten Umstände eingetragen werden, welche von direkter Relevanz für die Energieberatung und / oder für eine langfristige Planung der laufenden Erhaltung und Verbesserung des Gebäudes. Für die Energieberatung sind vor allem Umstände interessant, welche die energetische Bewertung und die Sinnhaftigkeit von Maßnahmen beeinflussen.

Die Bewertung erfolgt mit einem einfachen, an Buchstaben orientierten System. Dabei ist die Kombination einer Bewertung des Zustandes (A/B/C) mit Hinweisen für die Energieberatung (E/O) möglich.

A = In Ordnung **B** = Instandhaltung sinnvoll bzw. erforderlich **C** = Erneuerung erforderlich

E = Hohe Relevanz für die Energieberatung aus Sicht des Beraters / der Beraterin

O = Optimierung gewünscht (Kundenwunsch)

⁴Siehe auch Kommunikative und soziale Kompetenzen für die Kommunikation und für eine wirksame Bauherren-Beratung, <http://nasabau.de/>

⁵Weitere Hinweise, Formulare etc. bietet e-genius, Gebäudezustandsanalyse http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/gebaeudezustandsanalyse/gebaeudezustandsanalyse.pdf

Tabelle 2-1: Besichtigung Umgebung und Außenflächen

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Infrastruktur (Fernwärme, Nahversorgung, ÖPNV)			
Umgebung, Außenflächen, Eignung für Wärmepumpe			
Gartenanlage, Möglichkeit der Selbstversorgung / Kompostierung			
Entwässerung und Hochwasserschutz			
Fassade (auch Dachüberstand), Außenwand			
Fenster außen, Orientierung			
Beschattung (Nachbarobjekte, Gelände, Baumbestand)			
Balkone, Loggien			
Dachabschlüsse, Regenrinnen			
Elektro-Anlagen / Beleuchtung außen, Alarmanlagen			
Nebengebäude (Garage, Fahrrad)			
Zugänglichkeit (Barrieren, Pellets)			

Tabelle 2-2: Besichtigung Eingang und Stiegenhaus

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Eingangstüre, Wohnungstüren			
Schmutzschleuse, Pufferraum			
Stiegen (räumliche Trennung, Beheizung)			
Stiegenhausfenster (Glasbausteine), Lage			
Aufzug			

Tabelle 2-3: Besichtigung Kellerabgang und Kellerräume

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Kellerabgang im beheizten Bereich			
Keller beheizt, Einfluss auf beheizte Räume			
Kellerräume Feuchtigkeit			
Kellerboden, Kellerdecke			
Kellerfenster, Außentüren und Tore			
Kellerdeckendämmung			
Sondernutzungen			

Tabelle 2-4: Besichtigung Haustechnik

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Lagerung Heizmittel			
Wärmeerzeugung und Kamin			
Wärmeverteilung, Regelung, Zähl- und Messeinrichtungen			
Versorgung Wasser, Strom, Gas / Zähl- und Messeinrichtungen			
Abwasserentsorgung			
Regenwasser			
Lüftung (Heizung / Kühlung)			
Weiteres (Schwimmbad, Sauna)			

Tabelle 2-5: Besichtigung Dach und Dachraum

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Nutzung (auch Tiere)			
Schachtwirkung Keller - Dach			
Tragwerk Dach			
Dachdeckung (sturmsicher)			
Dachaufbauten, Dachgauben			
Dachflächenfenster			
Dachbodentreppe			
Solaranlage (Art, Besonderheiten)			
Sat-Anlage			
Blitzschutz (Solaranlage)			

Tabelle 2-6: Besichtigung Wohnraum - allgemein

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Raumanordnung (offen / geschlossen - Beheizbarkeit)			
Fenster und Terrassentüren (Dichtheit)			
Sonnenschutz, Rollläden			
Boden-, Wand- und Decken (Schimmel, auch Bad etc.)			
Innentüren			
Elektroanlagen, Beleuchtung und Geräte			
Wärmeabgabe und Regelung (Temperaturen, Zufriedenheit)			
Besondere Mess- und Steuereinrichtungen ("Smart Home")			
Schallschutz			
Barrierefreiheit			

Tabelle 2-7: Besichtigung Wohnraum - Nassräume

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Bewertung	Zielvorstellung
Küchennutzung (viel/wenig Kochen, Geräte)			
Wäschetrocknung			
Leitungslängen (Wasser, Abwasser, Lüftung)			
Abluftanlagen			

Tabelle 2-8: Besondere Umstände

Bereich	Relevante Umstände für die Beratung bzw. die langfristige Optimierung	Zielvorstellung
Problematische Produkte, Altlasten (z.B. Asbest, Holzschutzmittel)		
Besondere Bedürfnisse (z.B. Allergien, Raucher, Behinderung)		
Haustiere (Hundeclappe)		
Unbenutzte Räume, Heimbüro, lange Abwesenheiten (Arbeit, Urlaub)		
geplante Nutzungsänderung		
Mögliche Gemeinschaftsprojekte (Energieversorgung, Sanierung)		
Fahrzeuge und Nutzung		
Einschätzung der Werthaltung (Typ) und Erwartungen, finanzielle Möglichkeiten, Investitionsbereitschaft		

2.2.2. Erläuterung zu den besichtigten Bereichen

Umgebung und Außenflächen

Infrastruktur: Infrastruktur in Umgebung des Hauses, Möglichkeit Nah-/Fernwärme-Anschluss, Mikronetz, Nahversorgung (Einkauf, Schule, Gesundheit, Pflege, Gemeinde), Anschluss an den öffentlichen Nah- und Fernverkehr.

Umgebung und Außenflächen: Gesamteindruck, Beeinträchtigungen (Immissionen, Lärm, Elektrosmog; aber keine Panik erzeugen, wenn keine Verbesserungsmaßnahmen möglich). Eignung für Erdwärme, Solarwärme und sonstige unterstützende Einrichtungen.

Entwässerung und Hochwasserschutz: Dazu kann folgende Checkliste verwendet werden:

- Bleibt bei starken Regenereignissen Wasser auf dem Grundstück stehen?
- Kann Wasser (von der Straße) in Richtung des Hauses fließen?
- Werden Ein- und Abläufe (Bodenablauf, Lichtschacht etc.) regelmäßig gesäubert? Durchflusstest mit 4 Kübeln Wasser in schneller Reihenfolge.
- Kann Wasser unter der Kellertüre in den Keller dringen?
- Wird die Dachrinne regelmäßig gereinigt?
- Sind die Fallrohre dicht?
- Sind die Überläufe aller Regenwassertonnen funktionsfähig und fließt das Wasser weg vom Haus?
- Sind Öltanks in hochwassergefährdeten Gebieten auftriebssicher und gegen das Eindringen von Wasser geschützt?
- Pelletlager vor Wassereintritt geschützt? (Quellende Pellets > Sprengwirkung auf Bauteile)
- Rückstauklappen im Hauskanal vorhanden und funktionsfähig?
- Traten bisher Wasserschäden auf? Welche?
- Problematische Grundwasserverhältnisse (Höchststand, Schwankungsbereich), Hangwasser etc.⁶

Fassade, Außenwand: Art des vorhandenen Mauer- und Tragwerks. Zustand Putz bzw. Verkleidung, sichtbare Feuchtwirkung, Risse, Abplatzungen, Befall durch Moose, Algen und Pilze (zu erkennen an grünem bzw. dunklem Bewuchs oder Verfärbungen). Tragfähigkeit für WDVS, Feuchtigkeitsgehalt (an Verfärbungen und Wasserrändern zu erkennen), Oberflächenfestigkeit (Farb- oder Putzschichten lösen sich), Salzausblühungen (Kristallisation).

Fenster außen, Orientierung: Qualität und Zustand der Fenster inkl. Einbau, Beurteilung von außen.

Beschattung, Baumbestand: Beschattung der Glasflächen und Fenster, Beschattung von Solarthermie- oder PV-Anlagen einschätzen, wie lange wird beschattet, Tageslichtnutzung.

Balkone, Loggien: Möglichkeiten von Wärmebrücken in Bauteilen bei Balkonen, Verschmutzung, Risse und Verankerungen begutachten.

Dachabschlüsse, Regenrinnen: Intaktheit der Dachabschlüsse, Wärmebrücken, Feuchtigkeit und Schimmelbefall überprüfen. Funktionalität der Regenrinnen überprüfen, Versickerung, Abfluss, Nutzung, etc.: Für weitere Informationen siehe „Dach und Dachraum“, „Regenwasser“.

Elektro Außenanlagen, Alarmanlagen⁷: Elektronische Sicherungen (Alarmanlagen bzw. EIB). Alarmanlage von außen deutlich erkennbar (Außensirene, Blitzleuchte)? Dichtheit von E-Durchführungen nach außen (Rauchprobe).

⁶ ÖWAV Leitfaden „Wassergefahren und Schutzmaßnahmen an Gebäuden“ <http://www.oewav.at/>

Nebengebäude (Garage, Fahrrad): Möglichkeit für trockene und sichere Fahrradunterbringung, Garage eventuell für Solaranlagenutzung.

Zugänglichkeit (Barrieren, Pellets): Erreichbarkeit der Räume, ÖNORM B 1600 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen. Falls für Beheizung relevant: Erreichbarkeit Biomasse-Lagerraum (Pellets,...) für Lieferanten.

Eingang und Stiegenhaus

Eingangstüre, Wohnungstüren: Einbruchssicherheit, Dichtheit, Wärmeschutz, Zustand. Mechanische Sicherungen (Tür- und Fensterbereiche durch Balkenriegelschlösser, versperrbare Beschläge, einbruchshemmende Verglasungen sowie Rollläden).

Schmutzschleuse, Pufferraum: Gitter, Matten (verringert Reinigungsaufwand stark). Ein unbeheizter Übergangsbereich (Windfang) verringert Wärmeverluste (auch durch offene Türen im Winter).

Stiegen: Hinweise bzgl. Sicherheit und Barrierefreiheit.

Stiegenhausfenster (Glasbausteine), Lage: Siehe „Fenster“.

Aufzug: Energiebedarfsklassen, Stand-by.⁸

Kellerabgang und Kellerräume

Kellerabgang im beheizten Bereich: Möglichkeit einer thermischen Abtrennung erwägen.

Kellerräume Feuchtigkeit: Mauerfeuchte, Feuchtigkeitsschäden und deren Ursachen, Schimmel, etc. besonders Gebäudedecken.

Kellerbeheizung: Einfluss auf beheizte Räume, Sinnhaftigkeit Kellerdeckendämmung.

Kellerboden, Kellerdecke: Dämmung vorhanden/möglich? Raumhöhe, Einbauten? Wasserdichtheit und Schäden.

Kellerfenster, Außentüren und Tore: Im Kellerbereich oft schlecht gedämmte Fenster eingebaut, Überprüfen und ggf. austauschen, Feuchtigkeit Dichtheit, Zustand überprüfen.

Sondernutzungen: Lagerungen, Hobbyräume mit besonderen Einrichtungen, Anforderungen etc.

Haustechnik

Lagerung Heizmittel: Lagermöglichkeit für Heizmittel (z.B.: Pellets, Hackgut, etc.) überprüfen.

Wärmeerzeugung und Kamin (auch Dachboden): Heizungsanlagenbuch und Unterlagen von Erstüberprüfung und Periodischer Überprüfung vorhanden?⁹ Kamin: Konstruktionen betriebsbereit / in Betrieb / keine Nutzung / Umnutzung für Steigleitungen / versottet, Kaminkopf, Putz außerhalb des Kamins, Putztüren (Zugängigkeit für Kaminkehrer), Adaption z. B. für Brennwertgeräte möglich? Bei Wärmepumpen: Wärmemengen, Stromzähler für Wärmepumpe zur Ermittlung der Jahresarbeitszahl?

⁷ Richtlinien zum Einbau einer Alarmanlage, Merkblätter zur Schadenverhütung, Schutz vor Einbruch: VdS Schadenverhütung GmbH., Tochterunternehmen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft, www.vds.de, VSÖ Verband der Sicherheitsunternehmungen Österreichs, www.vsoe.at/

⁸ Bewertung siehe VDI 4707 Blatt 1 "Aufzüge; Energieeffizienz": Messung der Kennwerte, Berechnung des jährlichen Energieverbrauchs, Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz

⁹ Wegweiser www.klimaaktiv.at/qualitätslinien

Wärmeverteilung, Regelung: Steig- und Heizleitungen, Dämmung von Leitungen und Armaturen, Kondensatschäden auf Kaltwasserleitungen. Wärmezählung, Vergleich von realem Verbrauch und Berechnungen der Heizenergie, Hydraulischer Abgleich des Heizsystems.

Versorgung Wasser, Strom, Gas: Sicherungs- und Verteilerkästen: Ausführung / Baujahr Steigleitungen: Ausführung / Dimensionierung / Baujahr Zähleranlage: zentral / dezentral; Baujahr Hausanschluss: Baujahr / Ausführung / Anschlusswert Tarife, vertragliche Regelungen; Schutzmaßnahme Nullung¹⁰.

Abwasserentsorgung: Beurteilung von Entsorgungsleitungen bis Außenwand auf Funktion, Korrosion, Befestigung, Zugänglichkeit, etc.

Regenwasser: Versickerung am Grundstück, Ableitung, Nutzung, Zisterne, Gartenbewässerung.

Weiteres (Schwimmbad, Sauna, Rauchmelder): Sprinkleranlage / Hydranten / Feuerlöscher; Wartungsverträge Betriebssicherheit

Lüftung: Abluftanlage / Abluftwärmerückgewinnung / Klimaanlage / Luftheizung Anlagengröße Versorgungsbereich Luftdurchsatz Luftbehandlung: Befeuchter / Entfeuchter / Filter (Art) / Entkeimung (Verfahren) / Kühlung / Nachheizung Luftbeschaffenheit (Hygienekontrolle) Wartungsvertrag (Wartungsverhalten). → weiter mit Wegweiser Haustechnik.

Dach und Dachraum

Nutzung: Derzeitige, geplante und mögliche Nutzungen, Begehbarkeit. Hinweis auf Brandschutz. Tiere: Nisten von Vögeln, Fledermäuse etc. (schützenswert?). Dachbegrünung: vorhanden / möglich (Statik).

Schachtwirkung Keller – Dach: Eine Durchgängigkeit führt zu Luftströmung (Kamineffekt) und Wärmeverlust.

Tragwerk Dach: Dachneigung, Dachkonstruktion: Innenbekleidung, Dämmung, Schalung, Folien, Unterspannbahn, Hinterlüftung funktionsfähig? Bei Holzdachstühlen: Feuchteschäden, Insekten- oder Pilzbefall, wenn Holzschutzmaßnahmen erkennbar, toxische Belastung für die Nutzer möglich.

Dachdeckung (sturmsicher): Dacheindeckung: Material. Dachziegel sturmsicher verklammert? Lt. ÖNORM B2219, Werkvertragsnorm für Dachdeckerarbeiten, sind ZUMINDEST 2-steinbreit alle Umsäumungen zu befestigen. Traten bisher Sturmschäden auf? Welche? Dachentwässerung: Gab es Probleme, z.B. Vereisungen, Rückstau?

Dachaufbauten, Dachgauben, Dachflächenfenster, Dachbodentreppe: Kondensatschäden? Wärmedämmung und Dichtheit.

Solaranlage: Typ, Zustand, Besonderheiten der Aufstellung bzw. der Verbindung zur Heizung, Verschmutzung, Rostschäden, undichte Stellen. Bestehende Anlage: Leistung der Anlage, Ertrag vergleichen, eventuelle Fehler/Schäden erkennen. Solaranlage gewünscht: Photovoltaik oder Solarthermie, ausreichender und geeigneter Platz vorhanden?

Sat-Anlage: Verankerung, Durchführung luftdicht?

Blitzschutz (Solaranlage): Innerer Blitzschutz gegen Überspannungen? Solaranlage / PV eingebunden?

Wohnraum - allgemein

Offene, geschlossene Raumanordnung (Beheizbarkeit): Entspricht der Grundriss noch aktuellen Anforderungen? Wie gut wird das Tageslicht genutzt?

Fenster und Terrassentüren (Dichtheit)^{11,12}: Zu unterscheiden sind zur Bewertung die Fensterarten:

¹⁰ <http://www.vorarlbergnetz.at/downloads/at/nullungsverordnung.pdf>

- Kastenfenster: zwei Einscheibenfenster, um einen Kastenstock angeordnet.
- Verbundfenster: 2 Glasscheiben in „verbundenem“ Fensterflügel, zur Reinigung öffenbar
- Isolierglasfenster: Einfachfenster mit 2 oder 3-Scheiben-Verglasung ohne Beschichtung, luft- bzw. gasgefüllte Zwischenräume. Scheiben Luft- bzw. Gas- und Feuchtigkeitsdicht durch organische Dichtungsmassen verbunden.
- Wärmeschutzglasfenster: Einfachfenster mit metallbedampfter und edelgasgefüllter 2 oder 3-Scheiben-Verglasung. Eine Metallbedampfung ist durch andersfarbige Spiegelung (Verschiebung zu violett) z.B. einer Feuerzeugflamme erkennbar; Material Glasabstandhalter erkennbar in der Beschriftung / Seriennummer mit Nachfrage beim Hersteller.
- Glasbausteine: U-Wert von 3,0 bis 4,0 W/m²K (!) durch zeitgemäße Fenster ersetzen oder durch Montage einer zusätzlichen Wärmeschutzverglasung (an der Außenseite möglichst in Lage der Dämmebene) verbessern!

Holzqualität der Fensterrahmen und Türen (Feuchtigkeit, Quellen, Schwinden, Verwerfungen oder Fäulnis des Holzes). Dichtheit testen: Blatt Papier lässt sich bei geschlossenem Fensterflügel nicht herausziehen. Beschläge, Festigkeit der Bänder.

Sonnenschutz, Rollläden: Zustand des Sonnenschutzes, erkennbare Wärmebrücke, luftdichte Durchführungen, bei Fernbedienung: Standby-Energieverbrauch?

Boden-, Wand- und Decken (Schimmel, auch Bad etc.): Für die Untersuchung eines Objektes aus den 1960 - 80er Jahren relevante Faktoren:

- Formaldehyd in Spanplatten
- Flüchtige Kohlenwasserstoffe aus diversen Materialien
- Wirkstoffe in Holzschutzmitteln
- Radon, geologisch bedingt oder aus Baustoffen
- Polychlorierte Biphenyle (PCB), bis etwa 1977 z.B. in Dichtungsmassen
- Asbest in PVC-Bodenfliesen, Heizkörperabtrennungen, Brandschutzverkleidungen, Elektrospeicheröfen (Geräte vor 1977), Asbestzement-Dachdeckungen
- Elektromagnetische Felder von Trafostationen
- Luftströmungen in Gebäuden aufgrund schlechter Bausubstanz
- Lungengängige Fasern aus unverkleideten, innenliegenden Mineralfaserdämmungen
- Weichmacher aus großflächigen PVC-Oberflächen
- Blei in alten Wasserleitungen
- „Altlasten“ in Boden und Wänden

Zu häufig auftretenden Schadstoffgruppen wie Formaldehyd, flüchtige Kohlenwasserstoffe, Radon, etc. können mit Überblicksmessungen mit relativ geringem Aufwand Aussagen über die Schadstoffsituation getroffen werden.

Aufgrund der typischen Bauweise empfiehlt sich eine Raumluftuntersuchung vor allem bei Fertigteilhäusern, die vor 1985 gebaut wurden (Risikofaktor erhöhte Formaldehydbelastung durch ältere Spanplatten), bei

¹¹ Qualität vorhandener Fenster bewerten: Thermische Althausanierung, Unterlage zum Update FENSTER in der Sanierung 2013, klimaaktiv

¹² Leitfaden Fenstersanierung:

http://www.bauxund.at/fileadmin/user_upload/media/service/fensterstudie/2010bauXundStudie_OekoKaufWien_LeitfadenFenstersanierung_behindertengerecht.pdf

Betonplattenbauten der sechziger und siebziger Jahre (Risikofaktor PCB) sowie bei großflächig imprägnierten Holzflächen.¹³

Innentüren: Schalldämmung, Lüftungsquerschnitte bei Lüftungsanlagen

Elektroanlagen, Beleuchtung und Geräte: Effizienz der Beleuchtung (Art, Steuerung, Leuchtmittel)¹⁴

Wärmeabgabe und Regelung (Raumtemperaturen und Zufriedenheit): Wärmeabgabesystem, Vorlauf- und Rücklauftemperaturen, Hydraulischer Abgleich durchgeführt/möglich (K-Ventile), Einstellung der Regelung (geeignetes Programm), Heizkurve. → weiter mit Heizungs-Check (klimaaktiv).

Schallschutz: Schallschutz bei Wänden und Fenstern (mangelnde Luftdichte bedingt auch Schallübertragung), Trittschalldämmung (schwimmender Estrich ohne Wandkontakt).

Barrierefreiheit: Hindernisse, die man bei einem nächsten Umbau zurückbauen könnte:

- **Horizontal**, d. h. zu schmale Türen, Hauseingänge – mind. 80 cm, Hausflure: besser: 1,70 m
- **Vertikal**, d. h. Treppen, Stufen, Schwellen – max. 2 cm, Absätze, Rampen max. 6 %
- **Räumlich**, d. h. Nischen, zu wenig Platz vor / hinter Türen, ungünstige Raumanordnung - mind: 1,5 m
- **Ergonomisch**, d. h. Handhabung und Erreichbarkeit, keine Haltegriffe, Thermostate, Bedienelemente an Türen für Hilfsmittelnutzer – ca. 85 cm, max. 105 cm
- **Sensorisch** d. h. kontrastreich

Küche, Bad, WC

Küchennutzung (viel/wenig Kochen, Geräte): Alter und Stromverbrauch der Geräte, mögliche Warmwasseranschlüsse, Betriebszeiten (Option Lastmanagement, Eigenverbrauch PV-Strom erhöhen); Kochen/Backen mit Gas, Holzherde. Aufstellort Kühlgeräte (Sonnenbestrahlung, Keller).

Wäschetrocknung: Art der Trocknung - Feuchteprobleme in der Wohnung?

Leitungslängen (Wasser, Abwasser): Verluste durch Zirkulation.

Abluftanlagen, Lüftungsanlage: Reinigbarkeit von Lüftungsanlagen, Abluft Küche wohin? Mögliche Undichtheit / Lüftungswärmeverluste durch die Abluftöffnung.

Hilfsmittel für Bestandsaufnahmen

Die folgenden einfachen Hilfsmittel können für Bestandsaufnahmen sehr nützlich sein, vorausgesetzt man kann die Ergebnisse richtig interpretieren und Schäden durch die Untersuchung vermeiden:

- Taschenmesser zum Freilegen und Entnehmen von Proben aus Holz und Mauerwerk
- Stichel zur Bestimmung der Holzfestigkeit (Nagelprobe)
- Hammer zum Abklopfen und Prüfen hohler Putzstellen
- Extra starke Nähnadel zum Messen der Putzstärke
- Spachtel für Kratzproben
- Stemmeisen zum Freilegen von Bauteilen und Öffnen von Deckeln
- Stahlkugel zum Nachweis von Gefällen
- Lot und Wasserwaage

¹³ Richtlinie zur Bewertung der Luftqualität von Innenräumen, http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie_innenraum.html

¹⁴ Elektrobefund ÖVE/ÖNORM E 8001

- Schiebelehre zur Feststellung von Rohrdimensionen
- Kompass zur Feststellung der Orientierung
- Fernglas zur Erkundung unzugänglicher Bereiche (Fassade, Dach)
- Metallsuchgerät
- Stethoskop zur Verfolgung von Fließgeräuschen und Hohlräumen
- Elektronisches Luftfeuchte- und Temperaturmessgerät
- Rauchröhrchen zur Feststellung von Luftbewegungen
- Multifunktions-Messgerät (z.B. Testo)

2.2.3. Methodische Hinweise für das Herausarbeiten der geeigneten Maßnahmen

Grundsätzlich kann unterschieden werden:

- Not-Instandhaltung (Schäden reparieren damit Funktion kurzfristig sichergestellt bleibt)
- Plan-Instandhaltung (zusätzlich vorausschauend, um Standard längerfristig zu halten)
- Verbesserung (Standard verbessern, zusätzliche Funktionen, Energiesparen)

In Zusammenhang mit den Erkundigungen zur Einschätzung der Werthaltung des Beratungskunden (siehe besondere Umstände; Zuordnung zu einer der typischen Gruppen von Bauherrn), den herausgearbeiteten Erwartungen, den finanziellen Möglichkeiten und der Investitionsbereitschaft lässt sich die geeignete Beratungsstrategie herausfinden.¹⁵

Dazu können folgende Darstellungen genutzt werden:

- Gesamtbetrachtung zur ohnehin erforderlichen Instandhaltung (Sowieso Kosten) unter Beachtung der Lebensdauer von Bauteilen
- Optimaler Einsatz eines bestimmten Budgets (5 Stufen, Kosten eingesparte kWh)
- Kombination von Maßnahmen, Erarbeitung eines Sanierungs-Stufenplanes, ev. längerfristig

¹⁵ Z.B. www.nasabau.de

Lebensdauer von Bauteilen

Typische Lebensdauern von Bauteilen geben Auskunft darüber, welche Maßnahmen in den nächsten Jahren einzuplanen sind. Damit können Maßnahmen zur Energieeinsparung mit Instandhaltungsmaßnahmen abgestimmt und wirtschaftlich optimiert werden („Sowieso Kosten“). Gemeinsam mit den für den Einsatz in der Wirtschaftlichkeitsrechnung genormten „Rechnerischen Nutzungsdauer“ (gleichbedeutend mit einer „Mindesthaltbarkeit“, **Tabelle 11-7**) können die Tabellenwerte zur Diskussion langfristiger Maßnahmen bzw. zur Gestaltung von Stufenplänen für die Umsetzung einer kontinuierlichen Verbesserung eingesetzt werden.

Tabelle 2-9: Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten

Bauteil	Beschreibung	Lebens- erwartung (Jahre)	Mittlere Lebens- erwartung (Jahre)
Außenfenster, Außentüren	Rahmen/Flügel		
	Hartholz, Aluminium	40-60	50
	Weichholz	30-50	40
	Stahl, verzinkt	40-50	45
	Kunststoff	40-60	50
	Verglasung, Abdichtung		
	Mehrscheiben-Isolierglas	20-30	25
	Glasabdichtung durch Dichtprofile	15-25	20
	Glasabdichtung durch Dichtstoffe (Silicone o.ä.)	10-25	12
	Flügel dichtungsprofile	15-25	18
Außenputz	Zementputz, Kalkzementputz	20-50	40
	Kunststoffputz	25-35	30
	Wärmedämmverbundsystem	25-45	30
Heizung	Heizkessel	20-30	30
	Pumpe	10-20	15
Dacheindeckungen	Zinkblech	25-40	35
	Dachziegel, Betondachsteine	40-60	50
	Kupfer	40-100	50
	Faserzementplatten	30-50	40
Abdichtungen, Beschichtungen, Folien	Bitumen	50	50
	Dampfbremse (PE)	50	50
	Drainageplatte (EPS)	40	40
	PE Dichtungsbahn	20-30	25
	Polyethylenbahn	50	50
	PVC-Dichtungsbahn	30	30
	Vlies (PE,PP)	50	50
Holzbaustoffe	Brettschichtholz	100	100
	Holzfaserverplatte	50-60	55
	Holzwohle	50	50
	MDF-Platte, OSB Platte	60	60
	Schnittholz	50-100	75
	Spanplatte	60	60
Beläge, Fußböden, Textilien	Fliesen + Kleber	50	50
	Gummi	25	25
	Holzbohlen, Massivparkett, Mehrschichtparkett	25	25
	Laminatboden DPL, Linoleum	10	10

Rest-Lebensdauer der vorhandenen Komponenten:

In einem 10 Jahre-Raster kann der Stand der bereits verbrauchten Lebensdauer eingetragen werden, damit kann die Notwendigkeit einer planmäßigen und vorausschauenden Instandhaltung illustriert werden (z.B. durch Markierung der entsprechenden Felder).

Bauteil	Bereits abgelaufener Abschnitt der Lebensdauer in Jahren								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Fenster									
Putz									
Dach									
Heizung									
Massivbau									
Metalle									
Folien									
Holz									
Dämmung									
Böden									

Abbildung 2-1: Erfassung der Restlebensdauer von Bauteilen

Verbesserungen – Energieeinsparung in 5 Stufen (nach NaSaBau)

In der folgenden Tabelle sind die Bandbreiten der Investitionskosten möglicher Maßnahmen(pakete) zusammengefasst. Ausgehend von einem verfügbaren Budget (**Tabelle 2-8**) kann so eine schnelle Orientierung / Einigung geschaffen werden, welche Handlungsbereiche primär gemeinsam betrachtet werden sollen.

Tabelle 2-10: Größenordnung der Kosten von Maßnahmen

Maßnahmenbereich	Größenordnung der Investitionskosten				
	0 €	100 €	1.000 €	10.000 €	Über 10.000 €
Bewohnerverhalten	x				
Stromnutzung		x	x		
Stromerzeugung				x	x
Wärmeverteilung		x	x	x	
Wärmeerzeugung			x	x	x
Gebäudehülle		x	x	x	x

Methoden der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Alle für eine überschlägige Wirtschaftlichkeitsrechnung nötigen Informationen werden in **Kapitel 11.1** behandelt und finden sich immer wieder in Rechenbeispielen im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG. Hier werden die in einer Energieberatung möglichen einfachen Betrachtungsweisen kurz vorgestellt. Die Wahl der Betrachtungsweise(n) sollte Teil einer Vereinbarung mit dem Kunden bzw. der Kundin sein, da das Vertrauen in die Darstellung einen wichtigen Aspekt der Akzeptanz der Beratungsergebnisse darstellt.

Anmerkung: Hier gibt es z.B. ein kulturell bedingtes West-Ost-Gefälle in Österreich (größere Bedeutung von langfristiger Erhaltung und Wertzuwachs im Westen – besonders in der benachbarten Schweiz / größere Bedeutung von kurzfristiger Wirtschaftlichkeit und Einsparung im Osten) sowie den Vorrang der absoluten Höhe (Grenze nach oben) von Investitionskosten gegenüber einer Gesamtkostenrechnung (Investition + jährliche Einsparungen) bei sinkenden Einkommen und Ersparnissen.

Kombination von Maßnahmen

Energiesparmaßnahmen rechnen sich oft, wenn man sie zum richtigen Zeitpunkt setzt, indem man sie mit anderen ohnehin geplanten notwendigen Maßnahmen kombiniert: Die Matrix zeigt, bei welchen Maßnahmen Synergien besonders zu beachten sind. Teilweise handelt es sich dabei um Empfehlungen, die verhindern sollen, dass es zu Folgeschäden kommt (z.B. Lüftungseinbau bei Fenstersanierung zur Vermeidung von Oberflächenkondensation, Feuchtesanierung vor Dämmung zur Vermeidung von Bauschäden).

Tabelle 2-11: Synergien von Energieeinsparung und Gebäudeerhaltung

Maßnahmen (Energieeinsparung / Erhaltung bzw. Sanierung)	Außenwand- dämmung	Dach- dämmung	Dämmung oberste Geschoß- decke	Dämmung	Passivhaus- fenster	Umstieg auf erneuerbare Energie	Solaranlage	Einbau kontrollierte Wohnraum- lüftung
Fassadenrenovierung								
Feuchtesanierung								
Heizkesselerneuerung								
Dacherneuerung								
Dachausbau								
Fenstererneuerung								

In ähnlicher Weise ist zu beachten, dass sich Nutzen von Maßnahmen in Maßnahmenpaketen nicht immer direkt addieren lassen (z.B. sinkt der Nutzungsgrad eines Kessels bei niedrigerem Energiebedarf durch Dämmmaßnahmen, Temperaturen in bisher schwer beheizbaren Gebäudeteilen werden steigen). Auf der anderen Seite ergeben sich Kosteneinsparungen durch gemeinsame Baustelleneinrichtung bzw. Wiederherstellung von Bauteilen bei Installationsarbeiten). Diese Umstände gleichen sich tendenziell aus. Für eine erste Abschätzung können daher die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der einzelnen Maßnahmen für die Beurteilung des Gesamtpaketes herangezogen werden.

2.3. Erhebung der Grunddaten

Die wichtigste Grundlage der Energieberatung ist die Erfassung aller energetisch relevanten Gegebenheiten des Gebäudes. Das betrifft einerseits die bau- und haustechnischen Komponenten im Zusammenspiel mit den örtlichen Gegebenheiten (Klima, Exposition), andererseits die Nutzung des Gebäudes (Beheizung, Gerätenutzung etc.).

Nur von einem ausreichend genau definierten Ausgangszustand aus kann Energieberatung die wichtigsten Handlungsfelder definieren und Maßnahmen vorschlagen und bewerten (energetisch, ökonomisch und im Zusammenhang mit der Instandhaltung bzw. Verbesserung des Gebäudes).

Zur Sammlung dieser Informationen werden unterschiedliche Methoden angewendet. Während die Berechnungen für den Energieausweis eine normgemäße Nutzung des Gebäudes annehmen, muss Energieberatung auch Informationen über die tatsächliche Nutzung erheben, will sie realitätsnahe Aussagen zu Einsparmöglichkeiten treffen.

Berücksichtigt man in der normgemäßen normgerechten Ermittlung des Energiebedarf das tatsächliche Nutzerverhalten, so zeigt sich am Grad der Übereinstimmung dieses berechneten Energiebedarfs mit dem tatsächlichen Verbrauch des Gebäudes, wie zuverlässig die Ergebnisse einer Energieberatung sein dürften. Eine Energieberatung ohne Abgleich zwischen Verbrauch und Bedarf wäre grob fahrlässig (Janssen, 2010). Genau dazu sind Rechenverfahren sinnvoll, welche die Variation möglichst vieler Einflussgrößen ermöglichen. Je unklarer die Datenlage und spezifisch die Umstände eines Beratungsfalles sind, desto besser kann die Datenerhebung dadurch unterstützt werden.

Energiebedarf: Rechnerisch ermittelte Energiemenge. Die Menge an Energie, die ein Gebäude unter festgelegten Bedingungen in einem bestimmten Zeitraum benötigt. Der Energiebedarf ist eine kalkulatorische Größe und wird nach einem definierten Verfahren berechnet.

Energieverbrauch: Im Unterschied zum Energiebedarf ist der Energieverbrauch eine gemessene Größe: die Menge Energie, die tatsächlich in einem bestimmten Zeitraum verbraucht wurde. Daher schließt der Energieverbrauch das reale Klima und das Nutzerverhalten ein. Um den Einfluss des von Jahr zu Jahr verschiedenen Außenklimas zu neutralisieren, kann eine normierte Klimabereinigung vorgenommen werden.

Exergie: Physikalisch gesehen kann Energie nicht verbraucht, sondern nur in andere Energieformen umgewandelt werden. „Verbraucht“ werden kann nur die energetische Wertigkeit (Exergie), z.B. die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten (Beispiel: die zum Betrieb von Leuchten und Computern benötigte elektrische Energie wird vollständig in Wärme umgewandelt, diese lässt aber keine höherwertige Nutzung mehr zu). Dennoch hat sich der Begriff eingebürgert.

Die Algorithmen und Erhebungsmethoden des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG wurden in dem im Rahmen eines FFG Projektes erstellten und auf MS Excel programmierten Beratungsprogramm K60 (Kuchar, 60 Minuten Energieberatung, 2012) weiterentwickelt. Alle Vereinfachungen und Datenaktualisierungen wurden mit K60 erstellt bzw. nachgerechnet und die Checklisten für die Datenerhebung an die Anforderungen des Programmpaketes angepasst.

Tabelle 2-12: Bedeutung der Datenerhebung in der Energieberatung

Erhebungsbereich	Typische Datenlage	Vorgehensweise in der Energieberatung	Erreichbare Genauigkeit	
			Beratungsstelle	Vor Ort
Energieverbrauch	Rechnungen, Zählerstände oder Mengenschätzungen	Sammlung und Auswertung der Daten über einen längeren Zeitraum, gemeinsame Mengenklärung	Sehr hoch	Sehr hoch
Klima	Standortklima öffentlich zugänglich, subjektive Beurteilung Mikroklima durch Bewohner und Bewohnerinnen	Auswertung verfügbarer Datenquellen + persönliche Einschätzung	Hoch	Sehr hoch
Bau- und Haustechnik	Fehlende oder unvollständige Unterlagen (Abmessungen, technische Ausführung)	Begehung und Aufnahme aller energetisch relevanten Gegebenheiten	Gering	Hoch (Begehung) Sehr hoch (mit Eingriffen und Messungen)
Benutzungsverhalten	Unterschiedliche Wahrnehmung der Bewohner und Bewohnerinnen	Befragung, Messung bzw. Beurteilung nach Demonstration	Gering	Mäßig (durch Abgleich zwischen Verbrauch und Erhebung steigerbar)
Elektrogeräte	Die meisten Geräte sind leicht messbar und / oder über Typenschilder beschrieben.	Zählung, Ablesung, Messung. Erfragen von Nutzungszeiten	Gering	Sehr hoch

In jedem Beratungsfall müssen grundlegende Informationen erfasst und dokumentiert werden. Diese dienen

- der schnellen Erfassung der grundsätzlichen Charakteristik und der zu erwartenden Fragestellungen,
- der Entscheidung über Zuständigkeit und weitere Bearbeitung (z.B. Zeitbedarf, Vorortbesuch, benötigte Unterlagen),
- einer geordneten Ablage und Weitergabe innerhalb einer Beratungsstelle bzw. während eines längeren Begleitprozesses durch Planung und Errichtung,
- der Dokumentation für statistische Auswertungen, Evaluierung und Qualitätssicherung.

Wichtige Grunddaten sind:

- Kontaktdaten des Beratungskunden bzw. der Beratungskundin.
- Objektart und –alter.
- Besondere Umstände des Objektes.

- Anlass für die Beratung und Fragestellungen, die in der Beratung bearbeitet und / oder gelöst werden sollten.
- Bisherige wärmetechnische Investitionen, besonders auffällige Schäden oder bereits geplante Sanierungsmaßnahmen
- Grundsätzliche Investitionsbereitschaft sowie Bereitschaft, innovative und nachhaltige Technologien einzusetzen.

In dieser Aufstellung zeigen sich die zentralen Qualitäten der individuellen Energieberatung:

- Im Mittelpunkt stehen die konkreten Fragen der Beratungskunden.
- Die Beratung nimmt die tatsächliche Situation des Objektes (Bauzustand, physikalische und wirtschaftliche Werte) als Ausgangsbasis für die Analyse und Maßnahmenplanung.
- Der Berater / die Beraterin kennt seine / ihre Grenzen und greift bei Bedarf auf andere Ressourcen in der Beratungseinrichtung zurück oder verweist auf besser geeignete Dienstleistungen (z.B. für gewerbliche Objekte).

2.4. Einführung in die Abfrage der Einflussbereiche

Der für die energiewirtschaftliche (Einsparungsziel = Geld) und energie-ökologische (Einsparungsziel = fossile und nukleare Primärenergie oder Emission von Treibhausgasen) Betrachtung eines Hauses wichtige Größe ist die zur Beheizung und Stromversorgung gekaufte und dem Gebäude zugeführte Endenergie.

In diesem Handbuch werden für die Gebäudeanalyse die folgenden Einflussbereiche qualitativ und überschlägig quantitativ erhoben und dokumentiert:

- Gebäudemasse für die Ermittlung von Kennzahlen
 - Hüllfläche und Volumen der beheizbaren¹⁶ Gebäudeteile
 - Brutto- und Nutzflächen der beheizbaren Gebäudeteile (im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER vorrangig verwendet: beheizbare Bruttogrundfläche) (*)
 - Wichtig: Die genaue Zuordnung von beheizbaren und nicht beheizbaren Gebäudeteilen ist eine Voraussetzung für die korrekte Beurteilung des Ist-Zustandes.
- Energieverbrauch
 - Brennstoffverbrauch (Energie und Kosten) (*) für alle eingesetzten Energieträger
 - Stromverbrauch (Energie und Kosten, ggf. aufgegliedert)
 - Ermittlung der relevanten Energiekennzahlen
 - Zusatzinformationen zur Interpretation der Erhebungsdaten: Wichtig, da z.B. auch Holz aus eigener Bringung mit einem konkreten Wert in eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingehen sollte
- Klima und Mikroklima am Standort
 - Seehöhe (*): Durch die klimatisch relativ einheitliche Situation in Österreich (geringe Nord-Süd-Ausdehnung) können aus der Seehöhe ausreichend genaue Schlüsse auf das Standortklima gezogen werden (Ausnahme z.B. Nebellagen / **Tabelle 4-5**)
 - Außentemperatur und etwaige Abweichungen von durchschnittlichen Verhältnissen
 - Einstrahlungsverhältnisse und etwaige Abweichungen von durchschnittlichen Verhältnissen
 - Windverhältnisse und etwaige Abweichungen von durchschnittlichen Verhältnissen

¹⁶ Prinzipiell durch Vorhandensein wärmeabgebender Einrichtungen beheizbar, auch wenn diese (temporär) nicht tatsächlich betrieben werden.

- Baukörper
 - Baustoffe und Bauteile mit U-Werten (*) und Erhaltungszuständen: Die überschlägige Zuordnung ist auch ohne Eingriffe über typische Bauweisen zu den Zeitpunkten der Errichtung und früherer Sanierungen möglich.
 - Wärmebrücken und Undichtheiten in der Gebäudehülle
 - Fenster mit Orientierung, Verschattung und Schließverhalten
 - Speicherfähigkeit (Sommerverhalten, Überwärmung)
 - Bauschäden und sichtbare Schwachstellen
- Benutzungsdaten
 - Personenzahl und -anwesenheit (Abwärme)
 - Beleuchtung und Elektrogeräte (Stromverbrauch sowie heizungsrelevante Abwärme)
 - Mittlere Raumtemperaturen (inklusive Teilbeheizung und Abwesenheiten)
 - Lüftungsverhalten
 - Dokumentation von besonderen Umständen, die eine Abweichung von durchschnittlichen Verhältnissen bedingen bzw. nahelegen
- Heizanlage
 - Gesamtnutzungsgrad (*)
 - Nutzung von Sonnenenergie und Umweltwärme: Ausmaß und Einbindung
 - Wärmeerzeugung
 - Wärmespeicherung, -verteilung und Regelung)
 - Wärmerückgewinnung (z.B. Lüftung, Kamin)
 - Erkennbare Schwachstellen
- Warmwasser
 - Warmwasserbedarf
 - Gesamtnutzungsgrad (Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung)
 - Nutzung von Sonnenenergie und Umweltwärme: Ausmaß und Einbindung
 - Wärmerückgewinnung (z.B. Speicherabwärme)
 - Erkennbare Schwachstellen
- Strombedarf und -deckung
 - Geräteausstattung
 - Nutzungsdaten
 - Eigenstromerzeugung durch Photovoltaik

(*): In einer kurzen Energieberatung (ausschließlich über die Grobanalyse) werden ausschließlich die so gekennzeichneten Abfragen eingesetzt.

2.5. Datenabgleich Energieverbrauch - Energiebedarf

Die folgende Grafik zeigt die für den Datenabgleich benötigten Informationen. Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG hilft dabei, alle diese Informationen in ausreichender Genauigkeit zu sammeln und die nötigen Rechenwerte daraus abzuleiten. Die Gebäudeerhebung sollte so auf die Sammlung jener Einflussgrößen konzentriert werden, die für die Maßnahmenplanung und –bewertung von Bedeutung sind.

Im Idealfall stimmen Verbrauchs- und Bedarfskennzahlen nach der Datenanalyse mit akzeptabler Abweichung (+/- 10 %) überein. Dann kann man direkt mit den erhobenen Informationen fortfahren. Liegt die Abweichung höher, erfolgt der Datenabgleich gemeinsam mit dem Beratungskunden bzw. der Beratungskundin in der Weise, dass die wahrscheinlichsten Fehlerquellen definiert, bewertet und in Korrekturen umgesetzt werden. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Kennzahlen übereinstimmen. Alle Korrekturen werden vermerkt.

Mögliche Fehlerquellen, welche im Gespräch identifiziert und noch einmal überprüft werden können, sind z.B.: Warmwasserbedarf oder –verteilverluste, mittlere Innentemperaturen, im Energieverbrauch vergessene Zusatzheizung. Nach erfolgtem Datenabgleich sollte auch ein über diese Methode ermittelter Heizwärmebedarf (HWB) eine ausreichend genaue Vorhersage für das Ergebnis einer Energieausweisberechnung ermöglichen.

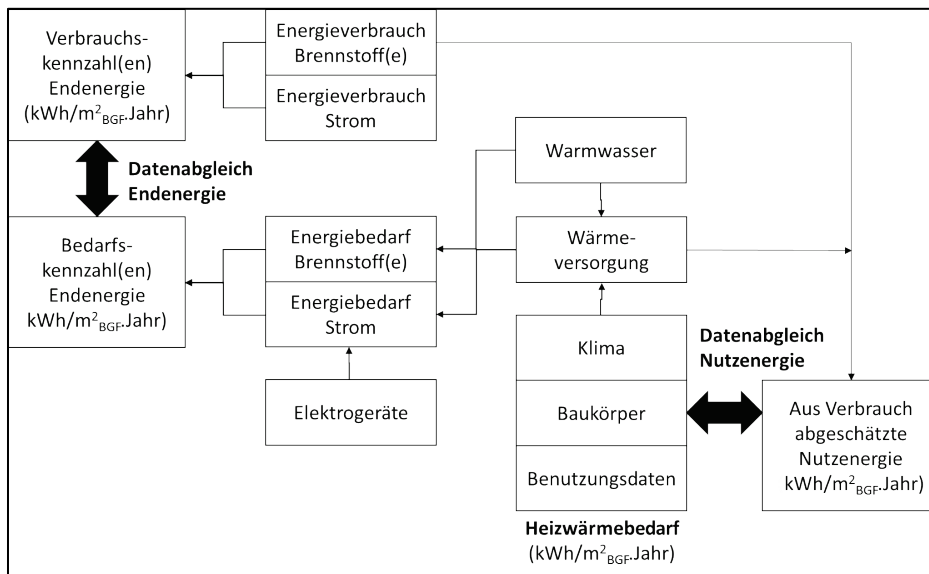


Abbildung 2-2: Datenabgleich mit Energiekennzahlen

Der Datenabgleich sollte auf jener Ebene erfolgen, die sowohl für das Verständnis von Energieberater/in und Beratungskunden/in, als auch für die Erwartung an die Beratung hilfreicher ist (z.B. Auf der Ebene Nutzenergie, wenn ein Energieausweis vorliegt). Ein weiteres Kriterium ist die Qualität der Datenlage: Bei eindeutiger Ermittlung der Energieverbräuche bietet sich der Datenabgleich Endenergie an, bei Vorhandensein eines Energieausweises der Datenabgleich Nutzenergie.

2.6. Situationsbeschreibung mit Skizzen und Fotos

Skizzen und Fotos können eine Situationsbeschreibung unterstützen, wenn einige Regeln eingehalten werden:

- Wenn Sie Baumängel erkennen oder vermuten, dann kann man diese leichter einem Dritten vermitteln, wenn man Fotos und / oder Skizzen vorlegen kann.
- Ein Foto, welches ein Bauproblem darstellt, ist alleine nicht aussagefähig, da der Gesamtzusammenhang sich nicht erschließt. Wird das Objekt gleichzeitig von weitem aufgenommen, kann man den Zusammenhang erkennen
- Besonders hilfreich ist eine Kombination von bildlichen Aufzeichnungen: z.B. Thermographieaufnahme + Foto + alte Plankopien oder Detailzeichnungen.

3. Datenabgleich Energieverbrauch – Energiebedarf

3.1. Energieverbrauchskennzahl

3.1.1. Energiebezugsgrößen

In der Energieberatung ist die Beurteilung des Einsparpotenzials einer Altbausanierung nur anhand der Beurteilung des tatsächlichen derzeitigen Energieverbrauchs (wenn das Objekt genutzt wird) möglich. Dazu wird eine geeignete Energieverbrauchskennzahl ermittelt. Diese darf nicht mit den z.B. für einen Energieausweis berechneten Energiebedarfskennzahlen verwechselt werden. In der Energieberatung wird von einer konkreten Verbrauchssituation (tatsächliche Benutzungsdaten, Heizung und mikroklimatische Gegebenheiten) ausgegangen, um wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen definieren und bewerten zu können. Im Energieausweis muss ein Gebäude möglichst unabhängig von der tatsächlichen Benutzung und von kurzfristig änderbaren Einrichtungen beurteilt werden, um den durchschnittlichen (!) Energiebedarf als eine wichtige Kenngröße in die Bewertung als Immobilie zu integrieren.

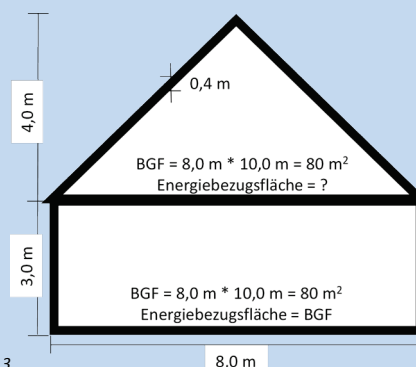
Es kommen in der Energieberatung drei Bezugsgrößen zur Anwendung.

Rauminhalt: Für den Vergleich von Luftwechsel und Lüftungsverlusten sowie bei Objekten mit von der Wohnnutzung stark abweichenden Raumhöhen; Brutto oder Netto mit jeweiligen Umrechnungsfaktoren. Im Prinzip wäre das Objektvolumen auch für die Transmissionswärmeverluste die genauere Bezugsgröße, nicht allerdings für den Heizenergiebedarf, in dem personen- und flächenbezogene Anteile auch berücksichtigt sind.

Energiebezugsfläche: Für den Vergleich des Gesamtenergiebedarfs, da sich durch ähnliche Raumhöhen und Flächenbelegungen ein Kompromiss aus den anderen Größen (Rauminhalt, Personenzahl) ergibt, sowie einiger Elemente des Stromverbrauchs (z.B. Haustechnik, Beleuchtung). Brutto oder Netto, für den beheizbaren Bereich (nicht beheizbare Gebäudeteile werden als Pufferräume berücksichtigt, nicht beheizte, aber beheizbare Räume über eine Reduktion der durchschnittlichen Raumtemperatur).

Beispiel 3-1: Ermittlung der Energiebezugsfläche

Ein Einfamilienhaus hat ein Erdgeschoß (Bruttogeschoßhöhe 3,0 m) und ein ausgebautes Dachgeschoß mit Satteldach. Die Bruttofläche eines Geschoßes beträgt 80 m^2 , Raumhöhe im Dachgeschoß beträgt am höchsten Punkt 3,6 m, der Dachaufbau hat eine Dicke von ca. 40 cm. Wie groß ist die Energiebezugsfläche?



$$\text{Bruttovolumen Obergeschoß} = 80 \cdot (3,6 + 0,4) / 2 = 160 \text{ m}^3$$

$$\text{Äquivalente Bruttogrundfläche} = 160 / 3,0 = \text{ca. } 53 \text{ m}^2$$

$$\text{Gesamte Bruttogrundfläche} = 80 + 53 = 133 \text{ m}^2$$

Personenzahl: Für den Vergleich des Warmwasserbedarfs und eines Großteils des Stromverbrauches; berücksichtigt werden ständige Benutzer des Objektes.

3.1.2. Ermittlung der Energiebezugsfläche

Für Wohngebäude wird die Bruttogrundfläche als Basis für die Ermittlung der Energiebezugsfläche, auf der die Gebäudeanalyse und Maßnahmenbewertung aufbaut, herangezogen. Um diese Rechenbasis für die Energieberatung optimal zu gestalten, sollte die folgende Vorgehensweise eingehalten werden:

- Zur Energiebezugsfläche gehören alle nur durch Beheizung oder Klimatisierung nutzbaren und entsprechend ausgerüsteten Grundflächen des Gebäudes.
- Die Ermittlung erfolgt aus den äußeren Abmessungen einschließlich angrenzender Wände und Brüstungen.
- Treppenläufe zählen als geschlossene Flächen
- Faktoren zur Berechnung der Energiebezugsgröße aus Nettoflächen (Wohnnutzflächen):
 - Einfamilienhaus und Reihenhaushaus: 1,2 bis 1,5 (Mittelwert 1,35)
 - Mehrfamilienhaus: 1,2 bis 1,3 (Mittelwert 1,25)
- Nicht eingerechnet werden Wintergärten und verglaste Veranden, Lager-, Heiz- und Maschinenräume, unbeheizte Keller- und Dachräume nur dann, wenn keine Heizflächen installiert sind. Etwaige elektrische Heizer werden dann in den Stromverbrauch eingerechnet.
- Bei nicht konstanten Geschoßhöhen wird das Bruttovolumen abgeschätzt und durch die mittlere Bruttogeschoßhöhe eines Vollgeschoßes (z.B. Erdgeschoß) dividiert.

3.1.3. Energieverbrauch und Energiekosten

Tabelle 3-1: Energieträgerrechenwerte (Frey, 1981)

Energieträger	Mengen- einheit	ρ (kg/m ³)	Heizwert H_u		Anmerkungen	
			(kWh/kg)	(kWh/ Einheit)		
Heizöl extra leicht	l	830	12,0	10,0		
Heizöl leicht	l	930	11,4	10,5		
Erdgas	m ³	0,70	13,5	9,5-10,2	H_o : 10,7 (9,5-11,0) kWh/m ³ H_u : 8,4-9,8 kWh/m ³	
Flüssiggas Propan/Butan	kg	2,02	12,8			
Steinkohle		kg	7,0 - 8,1		je nach Herkunft	
	(Eier) Brikkett	kg	8,3		je nach Herkunft	
Koks	kg	500	7,5 - 8,2		je nach Herkunft	
Braunkohle		kg	3,5 - 4,5		je nach Herkunft	
	Brikkett	kg	5,4 - 5,6		je nach Herkunft	
Brennholz	Buche	rm	495	3,9	1.930	20 % Wassergehalt
	Fichte	rm	335	4,1	1.380	20% Wassergehalt
Hackgut G30	Hartholz (Buche)	srm	295	3,6	1.065	30 % Wassergehalt
	Weichholz (Fichte)	srm	205	3,8	765	30 % Wassergehalt
Holzbriketts	kg	800	4,6		unter 10 % Wassergehalt	
Holzpellets	kg	650	4,8		unter 10 % Wassergehalt	
Rindenbriketts	kg	800	4,5		unter 10 % Wassergehalt	
Fernwärme	kWh	—	—	1,0		
Strom:	NT Speicher	kWh	—	—	1,0	
	HT Direkt	kWh	—	—	1,0	
	WP	kWh	—	—	1,0	

Für die Energieberatung reicht die Genauigkeit verfügbarer Tabellenwerte aus. Wenn Schwankungsbreiten angegeben worden sind, ist bei unbekanntem tatsächlichen Wert der Mittelwert aus der Tabelle zu übernehmen. Häufig vorkommende Spezialfälle betreffen **Erdgas** und **Biomasse** als Brennstoffe

Erdgas: Der Heizwert pro m³ ist vom Druck in der Erdgasleitung und von der Temperatur abhängig. Daher ergibt sich die hohe Bandbreite. Bei Vorliegen einer Gasrechnung muss man daher den Verbrauch in kWh für die weitere Bewertung heranziehen, bzw. den Umrechnungsfaktor der Gasrechnung verwenden.¹⁷ Allerdings ist dabei zu beachten, dass auf der Erdgasrechnung immer der Brennwert (H_o = oberer Heizwert, vollständige Kondensation der Abgase) aufscheint. Zum unteren Heizwert (H_u, ohne Kondensation der Abgase) kommt man durch Multiplikation mit 0,89. In den folgenden Rechnungen ist immer der H_u zu verwenden, die (teilweise) Kondensation wird über den Nutzungsgrad berücksichtigt.

Nur bei Biomasse (vorrangig Holz) ist der Heizwert schwer zu bestimmen und schwankt durch Holzart und Wassergehalt in einem großen Bereich (2,15 bis 5,2 kWh/kg). Erschwerend ist die Tatsache, dass Brennholz und Hackgut üblicherweise in Volumeneinheiten verkauft werden (Raummeter geschlichtet oder geschüttet). Im Zweifelsfall sollten sowohl der Wassergehalt als auch das Schüttgewicht durch Messung ermittelt werden. Tabelle 3-2 kann auch herangezogen werden, um bei bekannter Holzart den Wassergehalt und dadurch den Heizwert von z.B. Hackgut grob zu schätzen.

Beispiel 3-2: Überschlägige Ermittlung des Heizwertes von Hackgut

Von einer Lieferung Fichten-Hackgut wurden mehrere Proben zu je 10 Liter gezogen und gewogen. Der Mittelwert beträgt 2,1 kg / 10 Liter. Wie hoch sind etwa Wassergehalt und Heizwert?

$$1 \text{ srm} = 210 \text{ kg}$$

$$\text{Wassergehalt} = (210 - 380 \cdot 0,4) / 210 = 0,28 = 28 \%$$

$$\text{Holzanteil} = 0,72 \cdot 210 = 150 \text{ kg}$$

Tabelle 3-2: Holz als Energieträger (Frey, 1981)

Holzarten	Wasserfrei (0 % H ₂ O)			Getrocknet (10 % H ₂ O)			Lufttrocken (17 % H ₂ O)			Waldtrocken (30 % H ₂ O)			Erntefrisch (50 % H ₂ O)		
	kg/fm ¹⁾	kg/rm ²⁾	kg/srm ³⁾	kg/rm	kWh/rm	kWh/srm	kg/rm	kWh/rm	kWh/srm	kg/rm	kWh/rm	kWh/srm	kg/rm	kWh/rm	kWh/srm
Nadelholz	5,20 kWh/kg			4,60 kWh/kg			4,20 kWh/kg			3,45 kWh/kg			2,25 kWh/kg		
Tanne	370	259	148	288	1324	756	312	1311	749	370	1277	729	518	1166	666
Fichte	380	266	152	296	1360	777	320	1346	769	380	1311	749	532	1197	684
Kiefer	430	301	172	334	1538	879	363	1523	870	430	1484	848	602	1355	774
Lärche	450	315	180	350	1610	920	380	1594	911	450	1553	887	630	1418	810
Laubholz	5,00 kWh/kg			4,45 kWh/kg			4,05 kWh/kg			3,30 kWh/kg			2,15 kWh/kg		
Pappel	360	252	144	280	1246	712	304	1230	703	360	1188	679	504	1134	648
Weide	370	259	148	288	1281	732	312	1264	722	370	1221	698	518	1166	666
Erle	380	266	152	296	1315	752	320	1298	742	380	1254	717	532	1197	684
Ahorn	500	350	200	389	1731	989	422	1708	976	500	1650	943	700	1575	900
Ulme	530	371	212	412	1834	1048	447	1810	1034	530	1749	999	742	1670	954
Birke	530	371	212	412	1834	1048	447	1810	1034	530	1749	999	742	1670	954
Esche	550	385	220	428	1904	1088	464	1879	1073	550	1815	1037	770	1733	990
Buche	560	392	224	436	1938	1108	472	1913	1093	560	1848	1056	784	1764	1008
Eiche	570	399	228	443	1973	1127	481	1947	1113	570	1881	1075	798	1796	1026

1): fm = Festmeter

2): rm = geschlichteter Raummeter (Stückholz) = fm * 0,7

3): srm = Schüttraummeter (Hackgut, Holzabfälle) = fm * 0,4

Anmerkung: Zur Verdampfung von Wasser müssen ca. 0,7 kWh pro kg aufgewendet werden. Literaturwerte schwanken, da das Wasser im Holz vor dem Verdampfen auf 100 °C erwärmt werden muss, was nicht immer

¹⁷ Beispiel:

<http://www.wienernetze.at/eportal/ep/programView.do/pageTypeId/65646/programId/38910/channelId/-46192> (Mai 2015)

berücksichtigt wird. Exakt sind es 2.257 kJ/kg für die Verdampfung und 334 kJ/kg für die Erwärmung (im Brennraum) von ca. 20 °C auf ca. 100 °C.

Zur Umrechnung auf Schüttgut und auf abweichenden Wassergehalt können die folgenden Näherungen herangezogen werden:

Allgemein: 1 fm (Festmeter) = 1 m³ Holz ohne Luftzwischenräume

Stückholz: 1 Raummeter geschichtet (rm) = ca. 0,7 Festmeter (fm)

Hackgut: 1 Schüttraummeter (srm) = ca. 0,35 fm: Gewicht und Heizwert (srm) = Tabellenwert (rm) • 0,5

Holzabfälle: 1 srm = ca. 0,4 fm: Gewicht und Heizwert (srm) = Tabellenwert (rm) • 0,6

Beispiel 3-3: Heizwert von Holz

Aus den obigen Tabellenwerten lassen sich mit der Verdampfungsenergie von Wasser (0,7 kWh/kg Wasser) die Heizwerte absolut trockenen („atro“) Holzes ermitteln:

Hartholz (Beispiel Buche, 10 % Wassergehalt): $\text{Heizwert}_{\text{atro}} = (1938 / 436 - 0,1 \cdot 0,7) / 0,9 = \text{ca. } 4,85 \text{ kWh/kg}$

Die gleiche Rechnung ergibt für Weichholz ca. 5,1 kWh/kg (aufgrund des höheren Harzgehaltes).

Der Energieverbrauch wird für eine mittlere Heizperiode (Zeitraum vom Beginn der Heiztätigkeit im Herbst, bis zur Beendigung im darauffolgenden Frühjahr) erfasst. Je länger der betrachtete und gemittelte Zeitraum ist, desto genauer repräsentiert er das tatsächliche Klima und Nutzungsverhalten.

Um Ungenauigkeiten durch schwer zuzuordnende Lieferungen zu vermeiden, sollen Durchschnittswerte aus mehreren Heizperioden gebildet werden. Die Summe aller mittleren Energiemengen ergibt den Jahresenergieverbrauch. Sind nur die Heizkosten bekannt, so können die Mengen überschlägig rückgerechnet werden (diese Vorgangsweise sollte aber dokumentiert und kommentiert werden). Dabei ist zu beachten, dass die Energiepreise in den letzten Jahren starken Schwankungen unterworfen waren.

WICHTIG: Immer die vom Beratungskunden genannten Zahlen verwenden! Falls keine Kosten angegeben werden können (z.B. Holz aus eigener Bringung), muss trotzdem im Gespräch ein fiktiver, aber für die Maßnahmenbewertung brauchbarer, Wert angegeben werden.

Beispiel 3-4: Energiekosten

Einfamilienhaus mit Gasheizung (28.000 kWh/Jahr) und Kachelofen (ca. 3 rm Buchenholz pro Jahr). Das Gas wurde um 0,075 € pro kWh eingekauft (Brennwert!), das Buchenholz selbst aus einem angrenzenden Waldstück geholt.

$\text{Energieverbrauch} = 28.000 + 3 \cdot 1.930 = \text{ca. } 33.800 \text{ kWh/Jahr}$

Energiekosten: Für Buchenholz kann man entweder den anteiligen Aufwand für Pflege und Bringung ermitteln sowie einen angemessenen Stundensatz für die Eigenleistung festlegen (z.B. Schätzung von 40 Stunden für die Aufarbeitung von 20 rm und Bewertung der Arbeitsstunde mit € 10,-). Als Alternative kann der Marktpreis von Holz (für die Zukunft bzw. im Vergleich mit einem etwaigen Verkauf) von € 60,-/rm herangezogen werden.

$\text{Energiekosten 1} = 28.000 \cdot 0,075 + 3 / 20 \cdot 40 \cdot 10 = \text{€ } 2.160,- \text{ pro Jahr oder ca. } 0,07 \text{ €/kWh}$

$\text{Energiekosten 2} = 28.000 \cdot 0,075 + 3 \cdot 60 = \text{€ } 2.180,- \text{ pro Jahr oder ca. } 0,07 \text{ €/kWh}$

3.1.4. Kennzahlermittlung Heizung und Warmwasser und Bewertung

Die Energieverbrauchskennzahl – Heizung ist der jährliche Endenergieverbrauch in der Heizanlage, bezogen auf 1 m² beheizbare Bruttogrundfläche. Sie wird durch Division des jährlichen Energieverbrauchs durch die Bruttogrundfläche errechnet.

Die mögliche Energieeinsparung ist eine erste grobe Abschätzung aus dem Energieverbrauch und der beheizten Fläche. Sie dient als Entscheidungsgrundlage dafür, ob und in welcher Weise die Beratung fortgesetzt werden soll, bzw. was von Verbesserungen zu erwarten ist. Eine annähernd verlässliche Vorabschätzung der möglichen Einsparung ist gegeben, wenn der Energieverbrauch über mindestens drei Heizperioden ermittelt worden ist. Da zu diesem Zeitpunkt auch alle wichtigen Einflussfaktoren nicht bekannt sind, sollte die Energieverbrauchskennzahl im Zuge einer nachfolgenden Gebäudeanalyse überprüft werden.

Die Bewertung der möglichen Energieeinsparung mit Tabelle 3-3: Bewertung von Energieverbrauchskennzahlen (Frey, 1981) **Tabelle 3-3**, je nach Art der Warmwasserbereitung und Nutzungsart, ermöglicht eine erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines Maßnahmenpakets.

Wärmepumpenheizungen: Diese können mit dieser Tabelle nicht mit anderen Technologien verglichen und somit bewertet werden. Als einzige Technologie nutzt sie (1) am Aufstellort verfügbare Umgebungswärme und ist (2) in ihrer Energieeffizienz von der Qualität der Gebäudehülle (nötige Temperatur der Wärmeabgabe) abhängig. In erster Nähe können der Stromverbrauch mit dem **Faktor 3** (entspricht einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl) multipliziert und das Resultat mit der Tabelle bewertet werden.

Energiekosten: Der große Vorteil der Betrachtung des Endenergieverbrauchs ist die Möglichkeit, diesen direkt in tatsächliche Energiekosten umzurechnen. Für eine erste Abschätzung können die Energieverbrauchszahlen in Objekten mit **Brennstoffheizungen** (Holz, Kohle, Öl, Gas) mit dem mittleren Preis von **€ 0,1 für eine kWh** multipliziert und direkt in ein finanzielles Einsparpotenzial umgerechnet werden. **Elektrische Direkt- und Wärmepumpenheizungen** können in erster Näherung **€ 0,25 für eine kWh** eingesetzt werden.

Beispiel 3-5: Bewertung einer Wärmepumpenheizung

In einem Haus mit 150 m² BGF werden Raumheizung und Warmwasserbereitung mit einer Wärmepumpe mit Erdkollektor und getrennter Stromzählung betrieben. Der ausgewiesene Verbrauch beträgt 6.000 kWh/Jahr.

Die Ermittlung der Energieverbrauchskennzahl ergibt:

$$E_{\text{Heiz}} = 6000 / 150 \cdot 3 = 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$$

Die Bewertung ergibt „niedrig bis durchschnittlich“. Damit ist die Wärmepumpe nicht optimal eingesetzt.

Tabelle 3-3: Bewertung von Energieverbrauchskennzahlen (Frey, 1981)

Gebäudetyp	Ermittelte Energieverbrauchskennzahl – Heizung			Bewertung (der möglichen Energieeinsparung)
	E_{Heiz} (kWh/m ² · Jahr)			
	Warmwasserbereitung			
	mit der Heizung		getrennt von der Heizung ¹⁾ (= $E_{\text{Raumwärme}}$)	
	ganzzjährig	im Winter		
Ein- und Zweifamilienhaus	unter 80	unter 70	unter 60	sehr niedrig ²⁾
	80 - 130	70 - 120	60 - 110	niedrig
	130 - 190	120 - 175	110 - 165	durchschnittlich
	190 - 260	175 - 240	165 - 230	hoch
	über 260	über 240	über 230	sehr hoch
Mehrfamilienhaus, Heime Beherbergungsbetriebe Wohnungen	unter 75	unter 60	unter 45	sehr niedrig ²⁾
	75 - 125	60 - 110	45 - 95	niedrig
	125 - 185	110 - 165	95 - 150	durchschnittlich
	185 – 255	165 - 230	150 - 210	hoch
	über 255	über 230	über 210	sehr hoch
Verwaltung, Schulen Handel	unter 60	unter 55	unter 50	sehr niedrig ²⁾
	60 - 110	55 - 105	50 - 95	niedrig
	100 - 155	95 - 150	85 - 140	durchschnittlich
	155 - 215	150 – 205	140 - 190	hoch
	über 215	über 205	über 190	sehr hoch

¹⁾ Für getrennte Warmwasserbereitung gilt: Kennzahl – Heizung = Kennzahl – Raumwärme
²⁾ Die Differenz der tatsächlichen Energieverbrauchskennzahl zu diesem Wert gibt das Einsparpotenzial für eine umfassende Sanierung an.

Tabelle 3-4: Interpretation der Bewertung des Energieverbrauchs

Bewertung des Energieverbrauchs	Sinnhaftigkeit von Maßnahmen	Wirtschaftlichkeit	Sanierungsmotive
„sehr hoch“ und „hoch“	Umfassende Sanierung wahrscheinlich wirtschaftlich.	Beitrag der Energieeinsparung zur Investitionssumme zwischen 50 und 100 % zu erwarten.	Hauptmotivation ist der offensichtlich schlechte thermische und bauliche Zustand.
„durchschnittlich“	Einzelne Maßnahmen wahrscheinlich wirtschaftlich, zu deren Identifikation ist eine umfassende Analyse notwendig.	Beitrag der Energieeinsparung zur Investitionssumme zwischen 20 und 60 % zu erwarten.	Hauptmotivation sind die umfassende Behebung von Mängeln sowie Werterhaltung.
„niedrig“	Wenige gezielte wirtschaftliche Maßnahmen möglich, Behebung einzelner Schwachstellen.	Beitrag der Energieeinsparung zur Investitionssumme bis zu 30 % zu erwarten.	Hauptmotivation sind Ersatzinvestitionen, Behebung unangenehmer Schwachstellen und Komfortverbesserung.
„sehr niedrig“	Kaum wirtschaftliche Maßnahmen möglich.	Beitrag der Energieeinsparung zur Investitionssumme bis zu 20 % zu erwarten.	Hauptmotivation sind Ersatzinvestitionen, Bestandserhaltung und Komfortverbesserung.

Die Energieverbrauchskennzahl ermöglicht eine sehr einfache erste Abschätzung des Einsparpotenzials (Energieverbrauch und –kosten) und des mit den zu erwartenden Einsparungen finanzierbaren Anteils an den Investitionskosten für ein Maßnahmenpaket. Dazu sind die folgenden Schritte nötig:

Abschätzung eines Zielwertes der Energiekennzahl nach Sanierung: Je nach dem Umfang des geplanten Maßnahmenpaketes sind Verbesserungen um eine Bewertungskategorie oder sogar bis zu Passivhausqualität ($E_{\text{Heiz}} < 30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$) möglich.

Einsparpotenzial: Das Einsparpotenzial ergibt sich aus der Differenz der Energiekennzahlen „Ist“ und „Soll“, multipliziert mit der Energiebezugsfläche.

Formel 3-1: Jährliches Einsparpotenzial durch thermische Sanierung in kWh

$$\text{Einsparpotenzial} = (E_{\text{Heiz,Ist}} - E_{\text{Heiz,Soll}}) \cdot \text{EBF} \quad (\text{kWh/Jahr})$$

Formel 3-2: Jährliches Einsparpotenzial durch thermische Sanierung in €

$$\text{Einsparpotenzial} = (E_{\text{Heiz,Ist}} - E_{\text{Heiz,Soll}}) \cdot \text{EBF} \cdot \text{Energiepreis pro kWh} \quad (\text{€/Jahr})$$

Barwert der Energieeinsparung über die Nutzungsdauer: Das jährliche Einsparpotenzial in Euro lässt sich mit Definition von Finanzierungsbedingungen (Zinssatz eines Kredits oder einer konkurrierenden Anlage für vorhandene Barmittel, rechnerische Nutzungsdauer des Maßnahmenpakets als Vorgabe für die Laufzeit der Finanzierung) in einen Barwert (= Finanzierungsbeitrag) zum Zeitpunkt der Investition umrechnen.

Für eine erste Abschätzung wurden zum Zeitpunkt der Handbucherstellung (2015) die folgenden Rechenwerte eingesetzt und für die Energieberatung zur Vereinfachung empfohlen:

- Überschlägiger Endenergiepreis: 0,1 €/kWh
- Rechnerische Nutzungsdauer eines Maßnahmenpakets:
 - Heizung: 15 Jahre
 - Bau: 30 Jahre
 - Gesamtsanierung: 20 Jahre
- Kreditbedingungen (inklusive Gebühren): Zinssatz 4 %
- Verzinsung von Sparguthaben (inklusive Gebühren): 2 %

Formel 3-3: Barwert der jährlichen Einsparung durch thermische Sanierung in €

$$\text{Barwert des Einsparpotenzials} = \text{Einsparpotenzial} / \text{Annuitätsfaktor} \quad (\text{€})$$

Tabelle 3-5: Annuitätsfaktoren zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmenpaketen

Maßnahmenpaket	Rechnerische Nutzungsdauer (Jahre)	Annuitätsfaktoren	
		Kredit (4 %)	Sparen (2 %)
Bau	30	0,058	0,045
Heizung	15	0,090	0,078
Gesamtsanierung	25	0,064	0,051

Beispiel 3-6: Einsparpotenzial für Gesamtsanierung

Großes Einfamilienhaus mit 300 m² beheizbare BGF in Graz, derzeit von einem älteren Ehepaar bewohnt, soll saniert und für zwei Familien (Kinder) geteilt werden. Der derzeitige Ölverbrauch (die Warmwasserbereitung erfolgt ganzjährig elektrisch) beträgt 5.400 Liter pro Jahr, in den letzten Jahren waren das auch € 5.400,-.

Verbrauchsenergiekennzahl = 54.000 / 300 = ca. 180 kWh/m².Jahr

Der Heizenergieverbrauch ist als „hoch“ einzustufen. Aus der Befragung geht allerdings hervor, dass das Haus nur bei Besuchen ganz genutzt und dann voll beheizt wird. Eine tatsächliche Temperatursenkung ist nicht direkt zu quantifizieren.

Einsparpotenzial: (180 – 60) • 300 = 36.000 kWh/Jahr oder € 3.600,- pro Jahr. Eine grobe Abschätzung der Benutzungssituation lässt vermuten, dass der Energieverbrauch bei voller Bewohnung um mindestens 25 % höher liegen würde: 225 • 300 = 67.500 kWh/Jahr. Das Einsparpotenzial beträgt dann (225 – 60) • 300 = 49.500 kWh/Jahr = € 4.950,-.

Energiekennzahl-Verbrauch vor der Sanierung	Kredit, 4 %, 25 Jahre ($a = 0,064$)	Einlage, 2 %, 25 Jahre ($a = 0,051$)
180 kWh/m ² .Jahr	€ 56.250,-	€ 70.590,-
225 (+ 25 %) kWh/m ² .Jahr	€ 77.340,-	€ 97.060,-

Der Barwert der Einsparung liegt im Bereich von € 50.000,- bis € 100.000,-. Eine umfassende Sanierung kann damit kaum voll finanziert werden kann, die Energieeinsparung „übernimmt“ aber einen erheblichen Teil der Kosten, jene „Mehr“-Investitionen, die tatsächlich zur Senkung des Energiebedarfs eingesetzt werden, wahrscheinlich sogar zur Gänze.

3.1.5. Stromverbrauch

Die Analyse des Stromverbrauchs ermöglicht Aussagen über Geräte, Nutzerverhalten und Einsparmöglichkeiten. Die Zuordnung des Stromverbrauchs ist in jenen Fällen, in denen auch Heizung und / oder Warmwasserbereitung elektrisch erfolgen, meist nicht direkt aus der Stromrechnung möglich. Statistische Daten existieren allerdings, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten, nur für Elektrogeräte + Beleuchtung.

Eine weitere wichtige Charakteristik des Stromverbrauchs ist die starke Abhängigkeit von zwei Bezugsgrößen: der Anzahl der Personen im Haushalt (z.B. Kochen, Waschen) sowie der Wohnungsgröße (z.B. Hilfsenergie für die Haustechnik). Eine Reihe von Nutzungen weist eine Mischcharakteristik auf (z.B. Beleuchtung).

In ein geeignetes Formular wie z.B. **Abbildung 3-1** wird der Jahres-Stromverbrauch aus der Jahres-Stromabrechnung als Gesamtverbrauch in Kilowattstunden (kWh) eingetragen. Der Stromverbrauch der letzten 2 oder 3 Jahre kann gemittelt werden, wenn sich in diesem Zeitraum weder Personenzahl noch die verwendeten Elektrogeräte verändert haben. Die entsprechenden Schätzungen für Heizung und Warmwasser können den folgenden Abschnitten entnommen werden. Wenn es keine genaueren Informationen darüber gibt, ist eine Korrektur nicht sinnvoll, da Werte stark verfälscht sein könnten. Dann ist die Erhebung im Rahmen einer Detailanalyse durchzuführen.

Einfamilienhaus Wohnung Anzahl der Personen im Haushalt:

Jahresstromverbrauch laut letzter Abrechnung kWh/Jahr

Hochrechnung Jahresstromverbrauch aus einem bestimmten Ablesezeitraum

Abrechnungszeitraum von: _____ bis: _____ Anzahl Tage:

Stromverbrauch im Ablesezeitraum: kWh

Hochrechnung Stromverbrauch pro Jahr (365 Tage): kWh/Jahr

Warmwasserbereitung Nicht elektrisch Elektrisch (inkl. Wärmepumpe)

Stromverbrauch geschätzt Eigener Stromzähler

Stromverbrauch für Warmwasser: kWh

Heizung Nicht elektrisch Elektrisch (inkl. Wärmepumpe)

Stromverbrauch geschätzt Eigener Stromzähler

Stromverbrauch für die Heizung: kWh

Jahresstromverbrauch ohne Warmwasser und Heizung kWh/Jahr

kWh/Person.Jahr

Abbildung 3-1: Checkliste für die Erhebung des Stromverbrauchs einer Wohnung

In der folgenden Tabelle ist der durchschnittliche Stromverbrauch in österreichischen Haushalten angegeben. In den Werten sind durchschnittliche Wohnungsgrößen angenommen. Die verfügbare Wohnfläche hat sich in Österreich in den letzten 30 Jahren von ca. 30 m²/Person (1985) auf ca. 42 m²/Person (2013) um etwa 40 % erhöht. Daraus ergibt sich ein mittlerer Stromverbrauch pro m² Wohnfläche von ca. 37 kWh/Jahr.

Beispiel 3-7: Heizungsbeitrag durch Elektrogeräte in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus?

Ein Stromverbrauch von 37 kWh/m².Jahr bedeutet ca. $37 \cdot 0,5 = 18,5$ kWh/m² in der Heizperiode in einem Niedrigenergie- oder Passivhaus (sechs Monate).

Der durchschnittliche Heizungsbeitrag (abzüglich Abwasser und Verbrauch außerhalb der beheizten Zone (vergl. **Tabelle 6-2**) beträgt ca. 50 % des Verbrauchs: ca. 9 kWh/m².Jahr

Das bedeutet, dass rechnerisch ein großer Teil des Heizwärmebedarfs von den Elektrogeräten gedeckt wird. Ohne besondere Sparmaßnahmen sowie hohem Ausstattungsgrad (z.B. Büronutzung), ist ein „Nullheizenergiehaus“ technisch leicht umsetzbar.

In diesen Durchschnittswerten ist kein Stromverbrauch für die Warmwasserbereitung oder Heizung enthalten. Diese Verbrauchsdaten für Heizung und Warmwasser müssen für den Vergleich mit den österreichischen Durchschnittswerten gegebenenfalls abgezogen werden.

Tabelle 3-6: Stromverbrauch im Ein- und Zweifamilienhaus in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße¹⁸

Haushaltsgröße im Ein- und Zweifamilienhaus	Verbrauch nach Anzahl Personen im Haushalt (kWh/Jahr)				
	Sehr Niedrig	Niedrig	Durchschnittlich	Hoch	Mittelwert
1-Personenhaushalt	< 1.500	1.500 – 2.200	2.200 – 3.200	> 3.200	2.700
2-Personenhaushalt	< 2.100	2.100 – 3.000	3.000 – 3.600	> 3.600	3.200
3-Personenhaushalt	< 2.700	2.700 – 3.500	3.500 – 4.300	> 4.300	4.000
4-Personenhaushalt	< 3.000	3.000 – 4.000	4.000 – 5.000	> 5.000	4.400
5-Personenhaushalt	< 3.500	3.500 – 4.900	4.900 – 6.000	> 6.000	5.500
Pro weitere Person	< 500	500 - 900	900 -1000	> 1000	1.000

¹⁸ www.co2online.de

Tabelle 3-7: Stromverbrauch im Mehrfamilienhaus in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße (co2online, 2015)

Haushaltsgröße im Mehrfamilienhaus	Verbrauch nach Anzahl Personen im Haushalt (kWh/Jahr)				
	Sehr Niedrig	Niedrig	Durchschnittlich	Hoch	Mittelwert
1-Personenhaushalt	< 800	800 – 1.300	1.300 – 1.700	> 1.700	1.500
2-Personenhaushalt	< 1.400	1.400 – 2.000	2.000 – 2.500	> 2.500	2.200
3-Personenhaushalt	< 1.800	1.800 – 2.600	2.600 – 3.300	> 3.300	3.000
4-Personenhaushalt	< 2.000	2.000 – 3.000	3.000 – 3.800	> 3.800	3.400
5-Personenhaushalt	< 2.300	2.300 – 3.600	3.600 – 4.700	> 4.700	4.100
Pro weitere Person	< 300	300	600 - 900	> 900	700

3.2. Grobanalyse zur Ermittlung des Heizenergiebedarfs

Für eine Grobanalyse werden im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG die folgenden Vereinfachungen angeboten:

- Anlagen- und Bauteilkennwerte, die aus der Beratungspraxis abgeleitet sind und durch eine einfache Abfrage ermittelt werden können.
- Keine Ermittlung spezifischer Klima- und Benutzungsdaten.
- Einsatz einfacher Grafiken und Tabellen, aus denen Ergebnisse direkt abgelesen werden können.

Durch eine Grobanalyse erfolgt ein erster Abgleich zwischen ermitteltem Energieverbrauch und aus Gebäudedaten abgeschätztem Energiebedarf. Bei starker Abweichung sind in jedem Fall eine Detailanalyse (Verbrauch, Abmessungen, Bauteil- und Anlageninformationen) sowie ein sorgfältiger Abgleich nötig. Durch die Erhebung von Bauteil- und Heizungsinformationen ergibt sich auch ein erster Hinweis darauf, wo Schwerpunkte in einer Sanierung zu setzen sind.

Trotz Vereinfachung sollten alle in **Abbildung 2-2** aufgelisteten Einflussbereiche mit einfachen Abfragen und / oder Kennzahlen erfasst werden:

Klima: Über die Korrelation zur **abgefragten Seehöhe** (Mittelwerte für Heizgradtage, Heiztage und Globalstrahlung)

Wärmeverluste: U-Werte über **Bauteilabfrage** erfassen und über eine Bewertung der thermischen Qualität sowohl die Lüftungswärmeverluste (vorrangig Infiltration und Fugenverluste) als auch die spezifische Heizlast (Gebäudeleitwert) abschätzen. In Mehrfamilienhäusern ist in der Beurteilung des Energieverbrauchs einzelner Wohnungen deren **Lage im Gebäude** zu beachten.

Wärmegewinne: Mittelwert für solare und interne Gewinne sowie die Fremdwärmeausnutzung in einer Grafik zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs beinhaltet.

Nutzungsgrad der Wärmeversorgung: Abschätzung als Mittelwert (inklusive Wärmeverteilung und –abgabe) nach **Abfrage der Wärmeerzeugung**.

Warmwasserenergiebedarf: Abschätzung über statistische Mittelwerte aus der **Abfrage der Personenzahl** im Gebäude (in der Wohnung) sowie der **Einschätzung des Verbraucherverhaltens**.

Bedarf an elektrischer Energie: Abschätzung des Anteils ohne Warmwasserbereitung über statistische Daten aus der **Abfrage der Personenzahl** im Gebäude (in der Wohnung) sowie **der Einschätzung des Verbraucherverhaltens**.

Brennstoffverbrauch: _____ (kWh/Jahr)
Warmwasser: Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Heizperiode <input type="checkbox"/>
Stromverbrauch: _____ (kWh/Jahr)
Selbsteinschätzung Verbrauch: Niedrig <input type="checkbox"/> Mittel <input type="checkbox"/> Hoch <input type="checkbox"/>
Warmwasser: Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Sommer <input type="checkbox"/>
Selbsteinschätzung Verbrauch: Niedrig <input type="checkbox"/> Mittel <input type="checkbox"/> Hoch <input type="checkbox"/>
Thermische Solaranlage: Nein <input type="checkbox"/> Sommer <input type="checkbox"/> Ganzjährig <input type="checkbox"/>
Wärmepumpe: Warmwasser <input type="checkbox"/> Heizung <input type="checkbox"/>
Seehöhe des Standortes: _____ (m)
Lage der Wohnung im Gebäude: Geschützt <input type="checkbox"/> Durchschnittlich <input type="checkbox"/> Exponiert <input type="checkbox"/>
Personen im Haushalt: _____ (-)
Wärmeerzeuger: _____
Selbsteinschätzung relative Effizienz: Niedrig <input type="checkbox"/> Mittel <input type="checkbox"/> Hoch <input type="checkbox"/>

Abbildung 3-2: Checkliste für die Abfrage der Grunddaten für die Grobanalyse

3.2.1. Wärmeverluste

Die folgenden Tabellen ermöglichen eine erste Abschätzung der U-Werte für die wichtigsten Außenbauteile bzw. Bauteile zu nicht beheizten bzw. beheizbaren Nebenräumen.

Die Datensammlung umfasst häufig vorkommende Konstruktionen bei Altbauten und gibt thermische Werte an. Zweck dieser Daten ist die überschlägige Abschätzung der thermischen Qualität von Altbaukonstruktionen, über deren Zusammensetzung und Baustoffqualität nichts Näheres bekannt ist.

Die thermische Qualität von bestehenden Baukonstruktionen ist im Allgemeinen nicht exakt zu ermitteln, da deren Zusammensetzung, sowie Eigenschaften und Verarbeitungsweise der verwendeten Baustoffe i.A. nicht zu erfassen sind, und der Wassergehalt nur schwer zu ermitteln und sowohl räumlich und zeitlich großen Schwankungen unterworfen ist.

Um für eine Bestandsaufnahme dennoch brauchbare Werte zu bekommen, sind für die Daten durchschnittliche Annahmen zugrunde gelegt worden. Die Werte sind ausreichend genau, um Verbesserungsentscheidungen damit zu begründen.

Opake Bauteile

Tabelle 3-8: U-Werte von erdanliegenden Fußböden in Altbauten (Frey, 1981)

Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Betonfußboden, mit oder ohne Estrich	0,30	0,38	2,6		Unterbeton, Dämmlage unbekannter Art u. Dicke (Rechenwert 2 cm) Estrich	0,35	0,72	1,4
	Unterbeton Holzfußboden mit Beschüttung (Schlacke)	0,30	0,68	1,5		Unterbeton, Dämmlage 10 cm 15 cm Estrich	0,45 0,50	2,9 4,0	0,35 0,25

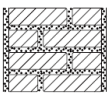
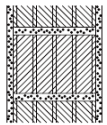
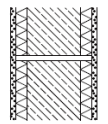
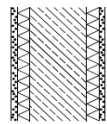
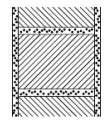
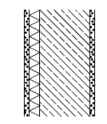
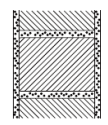
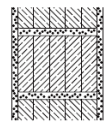
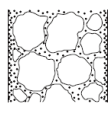
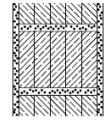
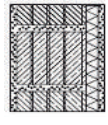
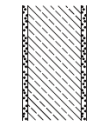
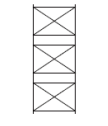
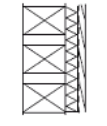
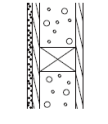
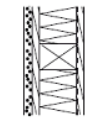
Tabelle 3-9: U-Werte von erdanliegenden Wänden in Altbauten (Frey, 1981)

Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Massivbeton oder Schwerbetonsteine, mit oder ohne Verputz	0,20 0,30	0,25 0,32	4,0 3,1		Naturstein, mit oder ohne Verputz	0,50 0,75 1,00 1,50	0,37 0,50 0,62 0,87	2,7 2,0 1,6 1,1
	Vollziegel, mit oder ohne Verputz	0,25 0,38 0,51	0,50 0,68 0,87	2,0 1,5 1,2		Leichtbetonhohlsteine Verputz Feuchtigkeitsanstrich	0,34	0,73	1,4

Tabelle 3-10: U-Werte von Decken zu nicht beheizbarem Keller in Altbauten (Frey, 1981)

Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Hohlkörper ohne Dämmung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,30 0,30	0,57 0,73	1,8 1,4		Hohlkörper mit Beschüttung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,35 0,35	0,81 0,95	1,2 1,1
	Hohlkörper mit 2 cm Dämmung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,30 0,30	1,01 1,15	1,0 0,9		Massivbeton ohne Beschüttung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,25 0,25	0,47 0,61	2,1 1,6
	Massivbeton mit Beschüttung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,30 0,30	0,63 0,81	1,6 1,2		Massivbeton mit 2 cm Dämmung, Betonestrich Holzfußboden	0,25 0,25	0,97 1,11	1,0 0,9
	Ziegelgewölbe mit Beschüttung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,3-0,5 0,3-0,5	1,05 1,20	1,0 0,9		Kappendecke auf Stahlträgern, mit Beschüttung, - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,25-0,35 0,25-0,35	0,92 1,07	1,1 0,9

Tabelle 3-11: U-Werte von Außenwänden in Altbauten (Frey, 1981)

Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Vollziegel, Verputz	0,29 0,34 0,42 0,55 0,68	0,53 0,60 0,71 0,90 1,08	1,9 1,7 1,4 1,1 0,9		Hohlziegel, Verputz	0,29 0,34 0,42 0,55	0,67 0,77 0,91 1,11	1,5 1,3 1,1 0,9
	Schalungssteine aus Holzspanbeton (z.B. Durisol) oder Leichtbeton (z.B. Leca) Betonfüllung Verputz	0,29 0,34	1,31 1,42	0,8 0,7		Mantelbeton Holzwolleplatten 2 x 3,5 cm Holzwolleplatten 2 x 5 cm Verputz	0,25 0,30	1,06 1,39	0,9 0,7
	Blähton-Hohlsteine (z.B. Leca) Verputz	0,29 0,34 0,42 ¹⁾	1,25 1,43 2,50	0,8 0,7 0,4		Ortbeton, Holzwolleplatten - 2,5 cm - 5 cm	0,30 0,33	0,62 0,87	1,6 1,2
	Gasbeton-Blockstein (z.B. Ytong) Verputz	0,26 0,32 0,39	1,03 1,23 1,47	1,0 0,8 0,7		Leichtbetonhohlsteine (z.B. Ziegelsplit, Schlacke, Hüttenbims) 1000 kg/m ³ Verputz	0,29 0,34 0,40	0,66 0,77 0,77	1,5 1,3 1,3
	Naturstein, mit oder ohne Verputz	0,50 0,75 1,00 1,50	0,42 0,54 0,67 0,92	2,4 1,8 1,5 1,1		Leichtbetonhohlsteine (z.B. Ziegelsplit, Schlacke, Hüttenbims) 1400 kg/m ³ Verputz	0,29 0,34 0,40	0,54 0,63 0,63	1,8 1,6 1,6
	Hohlblocksteine (Ziegel, Leichtbeton) Holzwolleleichtbauplatten innen Verputz	0,33 0,45	0,98 1,11	1,0 0,9		Schwerbeton mit oder ohne Verputz	0,15 0,20 0,30	0,28 0,29 0,33	3,6 3,4 3,0
	Holz-Blockwand ohne Dämmung mit oder ohne Verkleidung	0,15 0,20	1,25 1,67	0,8 0,6		Holz-Blockwand 10 cm Dämmung innen Dampfbremse mit Verkleidung	0,3	3,7	0,27
	Holz-Riegelwand Füllung unbekannt	0,15	0,83	1,2		Holz-Riegelwand 10 cm Dämmung zwischen Riegel Dampfbremse mit Verkleidung	0,15	3,7	0,27

¹⁾ Gebäude nach 1990

Tabelle 3-12: U-Werte von Decken zu nicht beheizbarem Dachraum in Altbauten (Frey, 1981)

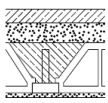
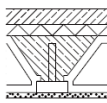
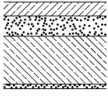
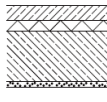
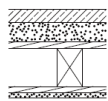
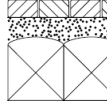
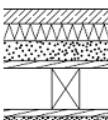
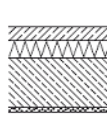
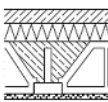
Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Hohlkörperdecke Beschüttung Betonestrich	0,35	0,72	1,4		Hohlkörperdecke Dämmlage unbekannter Art u. Dicke (Rechenwert 3 cm) Betonestrich	0,30	0,87	0,9
	Massivbeton Beschüttung Betonestrich	0,30	0,58	1,7		Massivbeton Dämmlage unbekannter Art u. Dicke (Rechenwert 3cm) Betonestrich	0,25	1,00	1,0
	Holzbalkendecke Beschüttung - Betonestrich - Hobeldielen	0,35 0,35	1,05 1,2	1,0 0,8		Doppelbaumdecke mit Beschüttung Ziegelbelag	0,35	1,95	0,5
	Holzbalkendecke Beschüttung 10 cm Dämmlage - Betonestrich - Hobeldielen	0,45 0,45	3,33 3,70	0,30 0,27		Massivbeton 10 cm Dämmlage Betonestrich	0,30	2,86	0,35
	Hohlkörperdecke 10 cm Dämmlage Betonestrich	0,35	3,33	0,3					

Tabelle 3-13: U-Werte von Wänden zu nicht beheizbarem Dachraum in Altbauten (Frey, 1981)

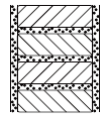
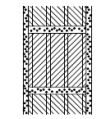
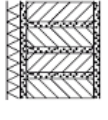
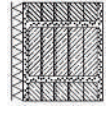
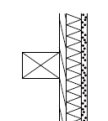
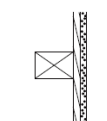
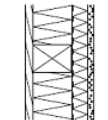
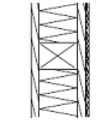
Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Vollziegel Verputz	0,15 0,29	0,43 0,60	2,3 1,7		Hohlziegel Verputz	0,18 0,28	0,58 0,78	1,7 1,3
	Vollziegel Verputz Dämmung außen mit 5 cm 10 cm	0,34 0,39	1,82 3,10	0,55 0,32		Hohlziegel Verputz Dämmung außen mit 5 cm 10 cm	0,34 0,39	2,00 3,30	0,50 0,30
	Riegelwand mit Holzschalung Holzwolleplatten: 3,5 cm 5,0 cm 7,5 cm Verputz	0,08 0,10 0,12	0,78 1,00 1,42	1,3 1,0 0,7		Riegelwand mit Holzschalung Verputz (auf Putzträger)	0,05	0,47	2,1
	Riegelwand mit Dämmung Holzwolleplatten: 3,5 cm 5,0 cm 7,5 cm Verputz	0,08 0,10 0,12	0,78 1,00 1,42	1,3 1,0 0,7		Riegelwand mit Dämmung Dämmdicke: 8 cm 12 cm Holzschalung, Dampfsperre Gipskarton	0,12 0,16	2,51 3,33	0,4 0,3

Tabelle 3-14: U-Werte von Dachschrägen in Altbauten (Frey, 1981)

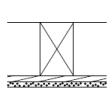
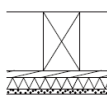
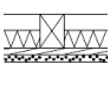
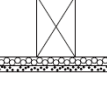
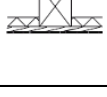
Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Holzdachstuhl Verputz	0,05	0,37	2,7		Holzdachstuhl mit Holzschalung Holzwolleplatten: 3,5 cm 5,0 cm 7,5 cm Verputz	0,08 0,10 0,12	0,72 0,87 1,10	1,4 1,2 0,9
	Holzdachstuhl Mineralwolle 4 cm zw. Sparren 10 cm 16 cm Holzwolleplatte, Verputz	0,08 0,16 0,24	1,32 2,5 3,33	0,8 0,4 0,3		Holzdachstuhl Schilfrohrmatte 3 cm Verputz	0,05	0,94	1,1
	Holzdachstuhl Mineralwolle zw. Sparren 10 cm 16 cm Holzschalung, Gipskarton	0,16 0,24	2,1 3,0	0,47 0,33					

Tabelle 3-15: U-Werte von Flachdächern und Terrassen in Altbauten (Frey, 1981)

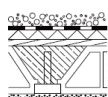
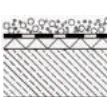
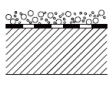
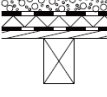

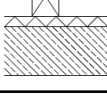


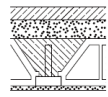
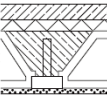



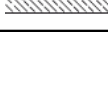
Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Hohlkörper Dämmung Rechenwert 2 cm Rechenwert 5 cm Feuchtheitsabdichtung Kies oder Gehbelag	0,40 0,40	0,95 1,35	2,3 1,7		Massivbeton Dämmung Rechenwert 2 cm Rechenwert 5 cm Feuchtheitsabdichtung Kies oder Gehbelag	0,35 0,35	0,81 1,26	1,2 0,8
	Gasbeton Feuchtheitsabdichtung Kies oder Gehbelag	0,20 0,25	0,96 1,20	1,0 0,8		Holzdachstuhl Holzschalung, Dampfsperre Dämmung Rechenwert 2 cm Rechenwert 5 cm Kies oder Gehbelag	0,10 0,15	0,85 1,30	1,2 0,8
	Holzdachstuhl, hinterlüftet Gipskartonplatte auf Lattung Dampfsperre Dämmung, Rechenwert 4 cm Dachschalung mit Abdichtung Dachdeckung	0,20 0,25	0,96 1,20	1,0 0,8		Massivbeton Dämmung, Rechenwert 4 cm Aufständerung, hinterlüftet Dachschalung mit Abdichtung Dachdeckung	0,40	1,15	0,90
	Hohlkörper, Abdichtung Dämmung XPS 5 cm 10 cm 16 cm Kies oder Gehbelag	0,45 0,50 0,55	1,82 3,33 5,0	0,55 0,3 0,2		Massivbeton, Abdichtung Dämmung XPS 5 cm 10 cm 16 cm Kies oder Gehbelag	0,40 0,45 0,50	1,78 3,2 5,0	0,56 0,31 0,2

Tabelle 3-16: U-Werte von Decken über Außenluft in Altbauten (Frey, 1981)

Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)	Skizze	Beschreibung	Gesamtdicke ca. (m)	R-Wert (m ² K/W)	U-Wert (W/m ² K)
	Hohlkörper Beschüttung - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,35 0,35	0,71 0,83	1,4 1,2		Hohlkörper Dämmung, Rechenwert 2 cm - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,30 0,30	0,99 1,13	1,0 0,9
	Massivbeton Beschüttung - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,30 0,30	0,55 0,69	1,8 1,4		Massivbeton Dämmung, Rechenwert 2 cm - mit Betonestrich - mit Holzfußboden	0,25 0,25	0,85 0,99	1,2 1,0
	Hohlkörper Dämmung 10 cm 16 cm Betonestrich oder Holzfußboden	0,40 0,45	3,0 4,3	0,33 0,23		Massivbeton Dämmung 10 cm 16 cm Betonestrich oder Holzfußboden	0,30 0,35	2,86 4,16	0,35 0,24

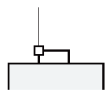
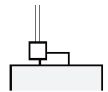
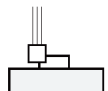
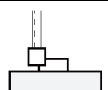
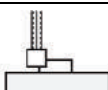
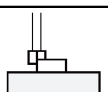
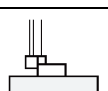
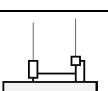
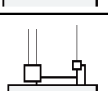
Fenster

Tabelle 3-17: U-Werte von Fenstern (Frey, 1981) gibt Rechenwerte für typische Fenster bei üblichen Größen (ca. 1 m² Architekturlichte) und Rahmenanteil. Bei Abweichenden Größen und Rahmen sind U-Werte aus Verglasung, etwaigen Luftschichten sowie Rahmen zu berechnen.

Die Werte wurden auf der Basis üblicher Materialkennwerte unter folgenden Annahmen errechnet:

- Die Werte gelten für die gesamte Fläche der Mauerlichte bei durchschnittlich 30 % Rahmen- und Stockanteil
- α_a an verglasten Flächen = 15 W/m²K
- g-Werte: In Prüfberichten ermittelt nach EN 67507, daher exakt gültig nur bei sauberen Oberflächen und senkrechtem Strahlungseinfall. Die Tabellenwerte wurden daher durch Multiplikation mit einem Faktor von 0,85 für durchschnittliche Einstrahlungsverhältnisse und Verschmutzung während der Heizperiode aus den Prüfdaten zusammengestellt (Beispiel: das Prüfstandergebnis für eine 2-IV Verglasung liegt bei ca. 0.65/0,85 = 0,75).

Tabelle 3-17: U-Werte von Fenstern (Frey, 1981)¹⁹

Schnittzeichnung	Bezeichnung	Scheibenabstand (cm)	U (W/m ² K)				
			Rahmenmaterial				
			Holz	Kunststoff		Metall	
				Mehrkammer U = 2,0 1,0 - 1,5	Einkammer U = 2,5	Gedämmt U = 3,5	Ungedämmt U = 6,0
	EINSCHIEBENFENSTER 1 Scheibe (EV)	---	4,6	---	---	---	5,9
	ISOLIERGLASFENSTER 2 Scheiben (2-IV)	0,6 1,2 1,6	2,7 2,5 2,4	2,8 2,6 2,5	3,1 2,9 2,8	3,3 3,1 3,0	4,0 3,8 3,7
	ISOLIERGLASFENSTER 3 Scheiben (3-IV)	2 x 1,2	1,9	2,0	2,1	2,4	3,1
	WÄRMESCHUTZFENSTER 2 Scheiben metallbedampft, Gasfüllung (2-IV _{IR})	0,8 1,2 1,6	1,7 1,5 1,3	1,8 1,5 1,2	---	2,0 - 2,3	---
	WÄRMESCHUTZFENSTER 3 Scheiben metallbedampft, Gasfüllung (3-IV _{IR})	2 x 1,2	0,7 - 0,9	0,6 - 1,0	---	---	---
	VERBUNDFENSTER 2 Scheiben (DV, Verbund)	2,0 - 4,0	2,3	2,5	2,6	2,9	3,7
	WÄRMESCHUTZ- VERBUNDFENSTER 3 Scheiben (EV + 2-IV, Verbund)	1,2 + 2,4	1,7	1,9	2,0	2,3	---
	KASTENFENSTER 2 Scheiben (DV, Kasten)	ca. 20	2,2	---	---	---	---
	WÄRMESCHUTZ- KASTENFENSTER 3 Scheiben (EV + 2-IV, Kasten)	1,2 + ca. 20	1,6	---	---	---	---

¹⁹ Zur Erläuterung der Ermittlung der Werte siehe 5.2

3.2.2. Spezifische Heizlast

Die geschätzten U-Werte ermöglichen die Beurteilung der thermischen Qualität der Gebäudehülle. Diese wird in weiterer Folge zur Ermittlung einer überschlägigen spezifischen Heizlast verwendet. Aus der spezifischen Heizlast kann durch Multiplikation mit der Bruttogrundfläche und der Temperaturdifferenz bei Normaußentemperatur die Gebäudeheizlast als Richtgröße für die Auslegung einer Heizanlage (Wärmeabgabe und Wärmeerzeugung) abgeschätzt werden.

Tabelle 3-18: Kategorien der thermischen Qualität der Gebäudehülle (Kuchar, 2015)

Thermische Qualität des Gebäudes	U-Wert (W/m ² .K)				Äquivalenter Luftwechsel (h ⁻¹)	Richtwert Spezifische Heizlast ¹⁾ (W/m ² _{BGF} .K)	Richtwert Heizwärmebedarf ¹⁾ (kWh/m ² _{BGF} .K)	Richtwert Kategorie Energieausweis
	Oberste Decke Dach	Außenwand	Unterste Decke Boden	Fenster	Lüftung			
Ausgezeichnet	0,10	0,10	0,15	0,80	0,10	0,4	10	A++ / A+
Sehr Gut	0,15	0,20	0,25	1,35	0,30	0,8	35	A / B
Gut	0,30	0,40	0,50	1,50	0,40	1,2	75	B / C
Durchschnittlich	0,50	0,60	0,70	2,10	0,40	1,7	120	C / D
Schlecht	1,00	1,00	1,00	2,50	0,50	2,6	200	E
Sehr Schlecht	1,50	1,40	1,40	2,90	0,60	3,5	280	F / G

¹⁾ Für 200 m² BGF und Seehöhe < 350 m

Die Tabelle gibt typische wärmetechnische Bauweisen wieder, die sich zwischen Passivhaus oder Niedrigstenergiehaus („Ausgezeichnet“), Niedrigenergiehaus („Sehr Gut“), Standard Neubau („Gut“ bis „Durchschnittlich“) und Gebäuden mit mangelhaftem Wärmeschutz („Schlecht“ oder „Sehr Schlecht“) bewegen.

Durch den „äquivalenten Luftwechsel“ werden Kombinationen aus typischen Undichtheiten, Fensterlüftung und / oder kontrollierte Be- und Entlüftung berücksichtigt. 0,10 h⁻¹ entspricht dichten Fenstern und Wärmerückgewinnung, 0,4 h⁻¹ einem durchschnittlichen Zustand, 0,6 h⁻¹ undichten Fenstern und / oder nachlässigem Lüftungsverhalten.

Anmerkung: Im tatsächlichen Betrieb ist in jedem Fall sicherzustellen, dass ein dem hygienischen Bedarf entsprechender Luftaustausch vorliegt. Werte unter 0,4 h⁻¹ dürfen daher nur durch Wärmerückgewinnung bzw. bei geringer Personenbelegung erreicht werden.

Wenn einzelne Bauteilkennwerte unterschiedlichen Kategorien entsprechen, muss in der folgenden Grafik zwischen diesen interpoliert werden. Die Umrechnung auf die Nettogrundfläche (NGF) erfolgt durch Multiplikation der Bruttogrundfläche (BGF) mit dem Faktor 0,85.

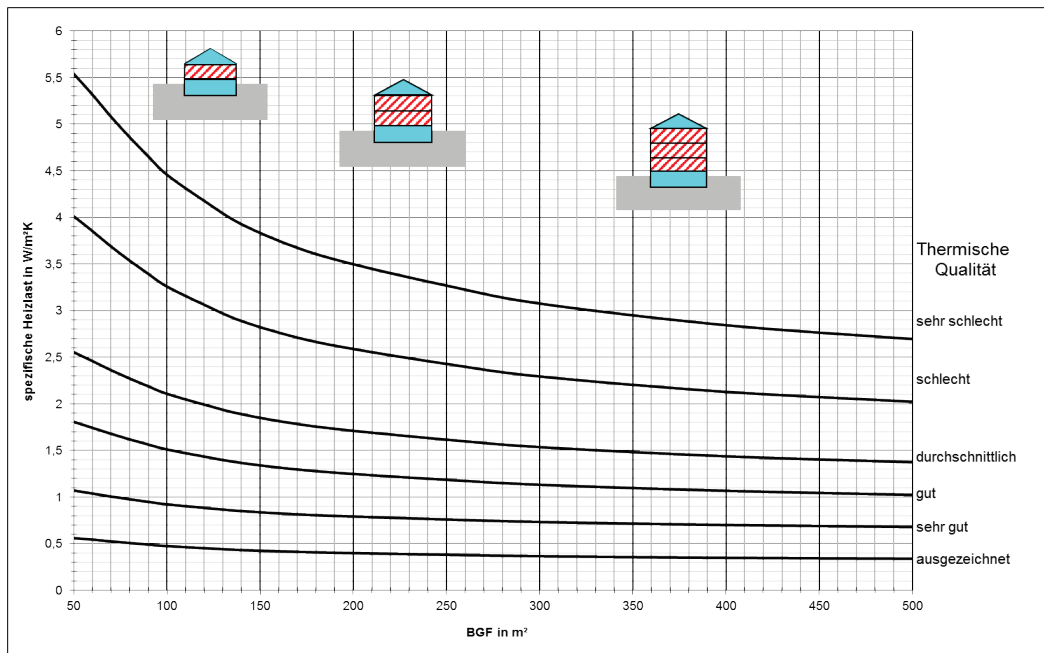


Abbildung 3-3: Überschlägige Ermittlung der spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)

Die Grafik ermöglicht eine grobe Ermittlung einer überschlägigen spezifischen Heizlast in $\text{W/m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{K}$ aufgrund der thermischen Qualität eines Gebäudes und der Bruttogeschossfläche. Sie ersetzt keine normgerechte Berechnung des Gebäudeleitwerts, ist aber genauer als übliche Schätzwerte und für die Grobanalyse des Gebäudes meist ausreichend.

Die spezifische Heizlast wurde mit folgenden Annahmen ermittelt:

- Quaderförmiges, freistehendes Gebäude.
- Nicht beheizbarer Keller, nicht beheizbarer Dachraum.
- Typische Verhältnisse für verschiedene Gebäudegrößen bezüglich Geschoßanzahl und Außenabmessungen.
- Geschoßhöhe = 3 m.
- Fensterfläche = 15 % der BGF.
- Anmerkung: Bei Abweichungen von diesen Normwerten kann man selbst überschlägig kleine Korrekturen vornehmen. Beispiel: Bei einem Fensteranteil von 20 % und darüber kann sich die spezifische Heizlast um bis zu $0,1 \text{ W/m}^2$ höher, bei einem Fensteranteil von 10 % und darunter um bis zu $0,1 \text{ W/m}^2$ niedriger sein.)

Doppelhäuser haben denselben Wert für die spezifische Heizlast (mit dem gemeinsamen Vorteil der geringeren Oberfläche), in **Reihenhäusern** haben Mittelhäuser eine um ca. 15 % niedrigere Heizlast als Randhäuser.

Beispiel 3-8: Vergleich der spezifischen Heizlast von Doppelhaus und Einzelhaus

Ein freistehendes Einfamilienhaus mit 150 m^2 BGF hat eine spezifische Heizlast von $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Wie groß wäre diese bei Errichtung als Doppelhaus?

Die Ermittlung erfolgt durch Vergleich der Werte für 150 m^2 und 300 m^2 (zwei aneinandergebaute Einheiten) in **Abbildung 3-4**:

Ein Wert von $1,2$ bei 150 m^2 entspricht ca. einem Wert von $1,0$ bei 300 m^2 . Die Heizlast würde dann im ersten Fall bei z.B. 30 K Temperaturdifferenz (Normaußentemperatur = $-10 \text{ }^\circ\text{C}$) ca. $5,4 \text{ kW}$ betragen, als Reihnhaus ca. $4,5 \text{ kW}$.

Einzelwohnungen in Mehrfamilienhäusern können, in Abhängigkeit von der Lage im Wohnungsverband, deutlich vom Gebäudemittelwert (= 100 %) abweichen. Für eine erste Abschätzung kann der Gebäudewert eines Mehrfamilienwohnhauses für Wohnungen mit zwei Außenbauteilen (z.B. Eckwohnung in einem Mittelgeschoß) herangezogen. Wohnungen mit nur einer Außenwand (z.B. Mittelwohnung in einem Mittelgeschoß) können eine ca. 30 % niedrigere Heizlast haben, mit vier Außenbauteilen (z.B. Decke oder Dach und drei Außenwände) eine um ca. 30 % höhere.

115 %	100 %	100 %	130 %
85 %	80 %	80 %	100 %
110 %	95 %	95 %	125 %

Abbildung 3-4: Spezifische Heizlast von Wohnungen in % des Gebäudewertes (Haas, 2015)

Beispiel 3-9: Abschätzung der spezifischen Heizlast einer Wohnung

Das in **Abbildung 3-4** skizzierte Mehrfamilienhaus mit 18 gleich großen Wohnungen und 1.200 m² BGF hat eine „gute“ thermische Qualität (**Tabelle 3-18**). Wie hoch ist die Heizlast in einer Mittelwohnung im 1. Stock ungefähr ($T_{NA} = -10^{\circ}\text{C}$)?

$$\text{Spezifische Heizlast des Gebäudes} = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\text{Spezifische Heizlast der Wohnung} = 1,2 \cdot 0,8 = 0,96 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\text{Heizlast des Gebäudes} = 1,2 \cdot (20 - (-10)) \cdot 1200 / 1000 = 43,2 \text{ kW}$$

$$\text{Heizlast der Wohnung} = 0,96 \cdot (20 - (-10)) \cdot 1200 / 18 = 1.120 \text{ W} = 1,92 \text{ kW}$$

3.2.3. Heizwärmebedarf

In den Heizwärmebedarf fließen ein:

- Wärmeverluste: Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, welche sich aus der spezifischen Heizlast mit den Heizgradtagen des Standorts ermitteln lassen.
- Gewinne durch Solarstrahlung sowie Abwärme von Personen und Stromverbrauchern im beheizten Bereich.

Die tatsächlichen Werte der Fremdwärmegewinne sind stark von der Länge der Heizperiode abhängig, die wieder auch von der thermischen Qualität der Gebäudehülle beeinflusst wird. Die folgende Grafik zeigt den für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs verwendeten Zusammenhang und somit die tatsächlichen Heizgradtage in Abhängigkeit der spezifischen Heizlast („x“ bedeutet eine von der thermischen Qualität abhängige Heizgrenztemperatur). Die Grafik zeigt auch den möglichen Fehler, wenn man mit einer auf 12 °C fixierten Heizgrenztemperatur (graue Linien und Legende) rechnet. Diese gilt mit ausreichender Genauigkeit nur für Objekte mit einer spezifischen Heizlast von annähernd 1 W/m².K (bzw. gute bis sehr gute thermische Qualität der Gebäudehülle).

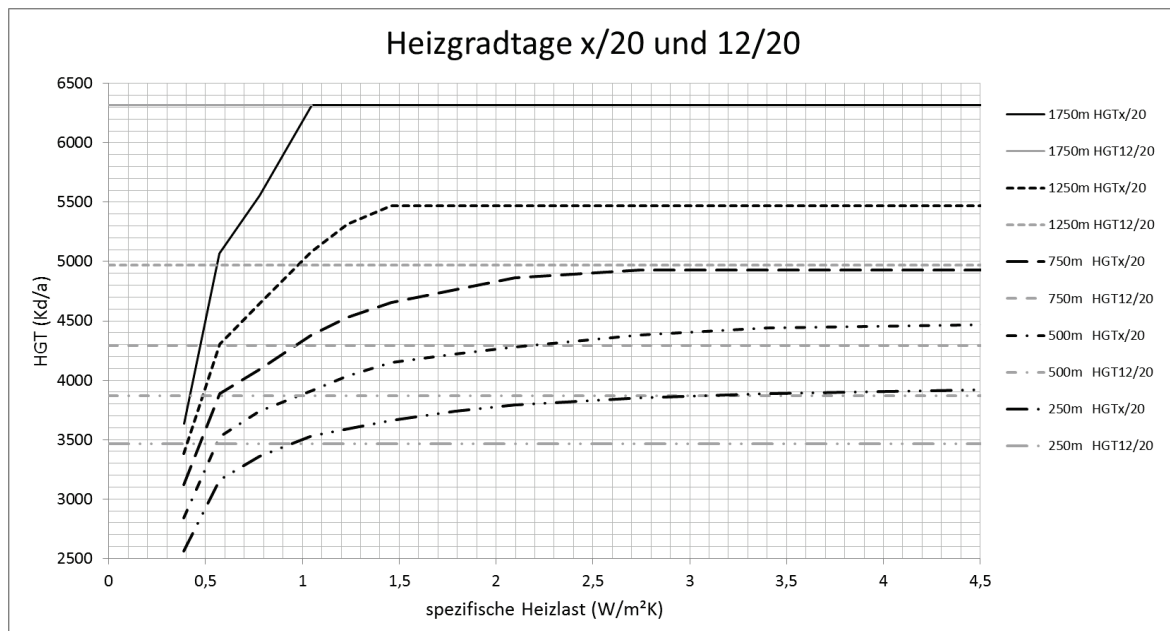


Abbildung 3-5: Tatsächliche Heizgradtage (x) in Abhängigkeit der Seehöhe und spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)

Einen ähnlichen Zusammenhang gibt es für die Heiztage („x“ bedeutet wieder eine von der thermischen Qualität abhängige Heizgrenztemperatur). Die Grafik zeigt auch den möglichen Fehler, den man macht, wenn man mit einer auf 12 °C fixierten Heizgrenztemperatur (graue Linien und Legende) rechnet.

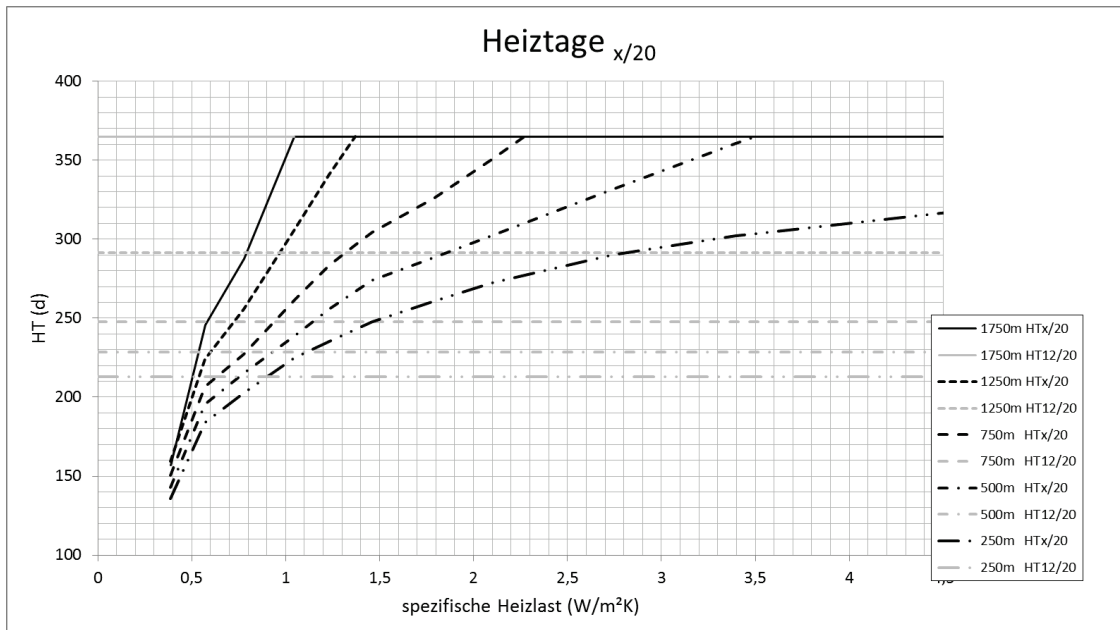


Abbildung 3-6: Tatsächliche Heiztage (x) in Abhängigkeit der spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)

Beispiel 3-10: Ermittlung der tatsächlichen Heizgradtagzahlen und Heiztagzahlen „x“

Drei Häuser am gleichen Standort (Seehöhe 500 m, HGT 20/12 = 3.800 Kd, HT 12 = 230 d) haben mit (A) 0,7 W/m²K, (B) 1,7 W/m²K und (C) 2,7 W/m²K sehr unterschiedliche thermische Qualitäten. Wie hoch sind die tatsächlichen HT x/20 und HGT x/20?

(A): HGT x/20 = ca. 3.650 Kd; HT x = ca. 210 d (Heizgrenztemperatur < 12 °C)

(B): HGT x/20 = ca. 4.200 Kd; HT x = ca. 285 d (Heizgrenztemperatur > 12 °C)

(B): HGT x/20 = ca. 4.400 Kd; HT x = ca. 330 d (Heizgrenztemperatur >> 12 °C)

Die Rechenwerte deuten an, dass die Wärmeverluste der Gebäude deutlich stärker abweichen, als eine Berechnung mit konstanter Heizgrenztemperatur ergeben würde.

Die Senkung / Erhöhung der Heizgrenztemperatur um 1 K hat denselben Effekt wie die Senkung / Erhöhung der Raumtemperatur um 1 K. Die Länge der Heizperiode wird genauso verändert wie die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Dadurch ergibt sich eine Änderung des HWB, die, je nach thermischer Qualität des Gebäudes (die Änderung wirkt umso stärker, je besser diese ist), der folgende Zusammenhang:

Formel 3-4: Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs von der Raumtemperatur

$\Delta HWB = 8\% \text{ bis } 10\% \text{ pro } 1 \text{ K Temperaturdifferenz}$

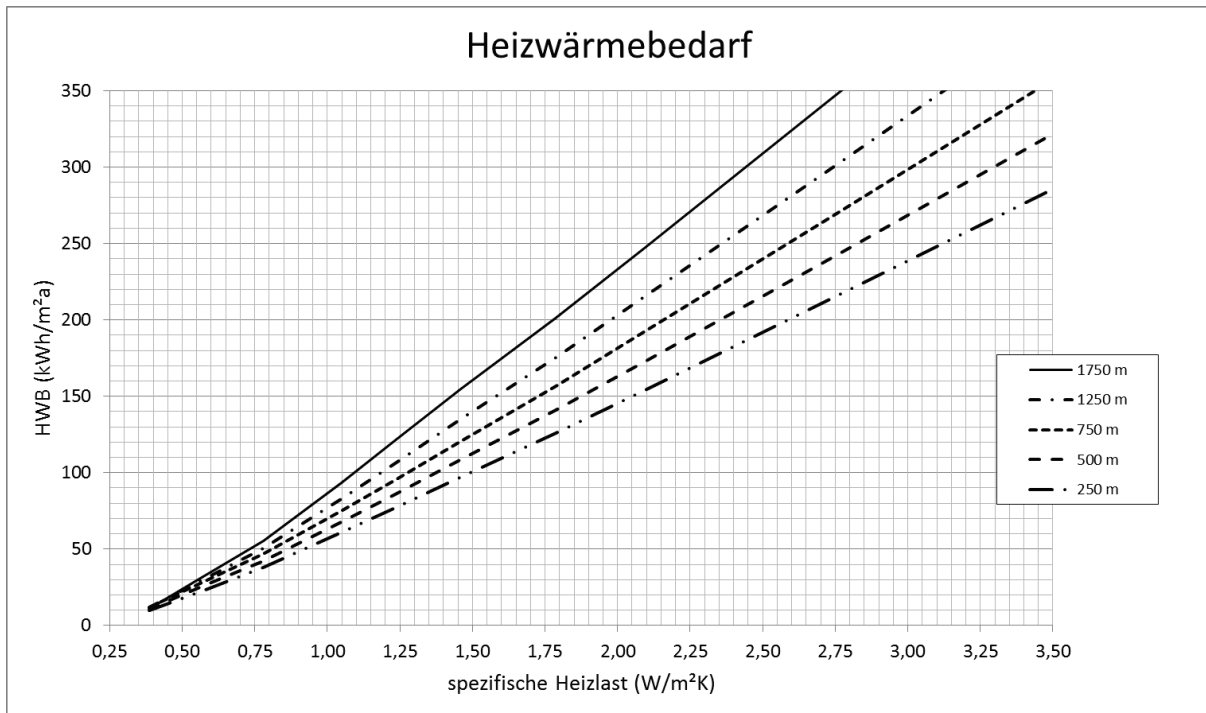


Abbildung 3-7: Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Seehöhe und spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)

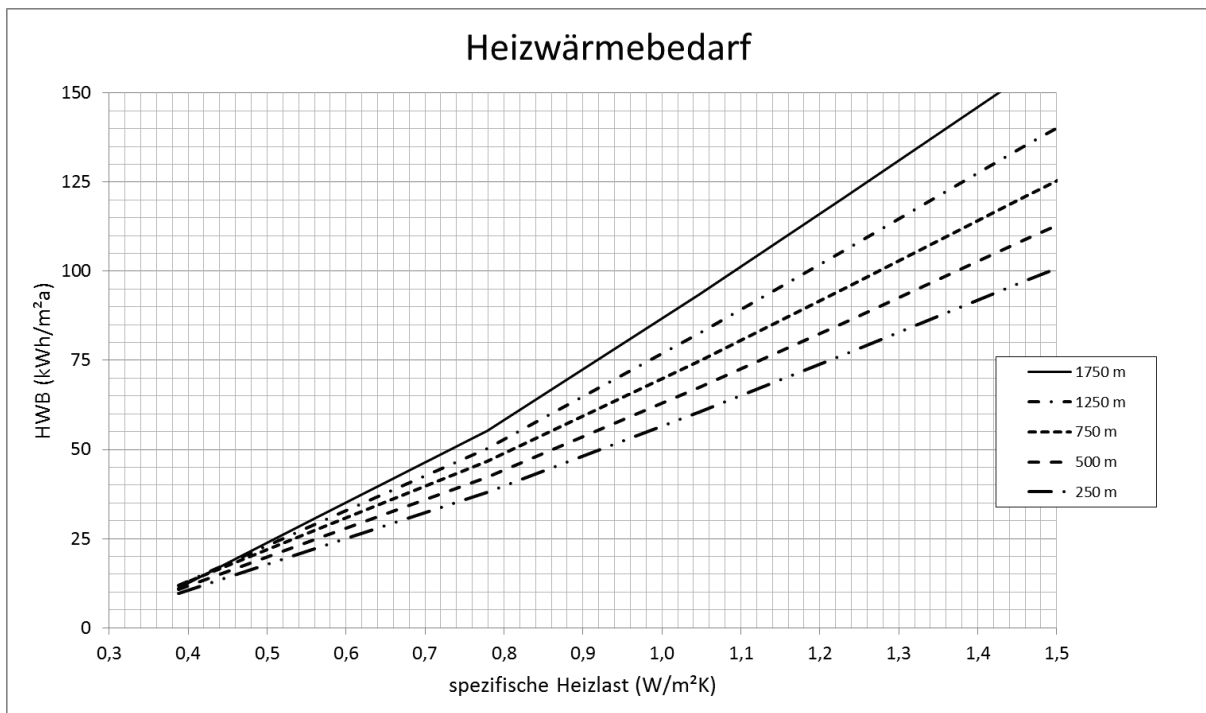


Abbildung 3-8: Heizwärmebedarf und spezifische Heizlast – Niedrigenergiehaus (Kuchar, 2015)

Beispiel 3-11: Vergleich von spezifischer Heizlast und HWB für Gebäude unterschiedlicher thermischer Qualität

Die Gebäude aus Beispiel 3-10 weisen die folgenden überschlägigen HWB auf (Abbildung 3-7):

Spezifische Heizlast		Heizwärmebedarf	
(W/m ² K)	%	(kWh/m ² Jahr)	%
0,7	100	35	100
1,7	243	130	371
2,7	386	235	671

Der Vorteil der höheren Wärmegewinne in einer um bis zu vier Monaten ausgedehnten Heizperiode fällt neben den deutlich höheren Wärmeverlusten über die gesamte Heizperiode kaum ins Gewicht. Das Verhältnis der HWB fällt noch deutlicher aus als jenes der spezifischen Heizlasten.

Der Unterschied im Heizwärmebedarf ist in diesem Fall somit: 240 kWh/m².Jahr zu ca. 50 kWh/m².Jahr

3.2.4. Jahresnutzungsgrad

Der **Jahresnutzungsgrad** ist das Verhältnis der während eines Jahres nutzbar gemachten Energiemenge (im Fall einer Heizanlage ist das die an die Räume abgegebene Wärme) zur dafür dem System zugeführten Energiemenge. Für Heizanlagen liegt er etwa zwischen 0,5 und 0,95.

Einen Sonderfall stellen Anlagen dar, mit denen kostenlos verfügbare Umweltwärme (aus Abwärme, einem Bodenspeicher, Grundwasser oder einer Solaranlage) in das System eingebracht wird. Der gebräuchlichste Begriff ist in diesem Fall die **Jahresarbeitszahl (JAZ)** von Wärmepumpen, welche das Verhältnis der zugeführten elektrischen Energie zur abgegebenen Wärmemenge beschreibt und etwa zwischen 2,0 und 4,5 liegen kann.

Tabelle 3-19: Jahresnutzungsgrad von Wärmeerzeugungsanlagen (Frey, 1981)

Wärmeerzeuger	Neu	< 10 Jahre gut dimensioniert	> 10 Jahre überdimensioniert
Holz, Kohle, Koks	0,65	0,60	0,55
Öl, Gas, Pellets	0,80	0,75	0,70
Hackgut	0,75	0,70	0,65
Fernwärme	0,95	0,90	0,85
Stromspeicherheizung	0,90	0,85	0,80
Stromdirektheizung	0,95		
Wärmepumpe	3,20	3,00	2,80

Tabelle 3-19 gibt Richtwerte für Jahresnutzungsgrade von Raumwärmerversorgungsanlagen für die Grobanalyse eines Gebäudes an. Alter (Technologie) und Überdimensionierung (Bereitschaftsverluste) sind Beispiele für Einflussfaktoren, die den Jahresnutzungsgrad stark bestimmen, und leicht in einem Erstgespräch zu erfragen

sind. Eine genauere Ermittlung sollte durch die Aufnahme der wichtigsten Einflüsse im Rahmen einer Besichtigung des Objektes erfolgen (Detailanalyse).

Sind einzelne Informationen über die Art des Wärmeerzeugers, Wärmeabgabe (Temperaturen) und Wärmeverteilung verfügbar, können aus **Tabelle 3-20** die entsprechenden Einflüsse auf den Jahresnutzungsgrad, in **Tabelle 3-21** von Jahresarbeitszahlen bei Wärmepumpen, herausgelesen werden.

Folgende Einflussfaktoren werden dabei berücksichtigt:

- Oberflächenverluste und Verteilverluste im Unbeheizten (Die Vor- und Rücklauftemperaturen werden an die wechselnden Außentemperaturen angepasst).
- Abgasverluste bei Voll- und Teillast und Ausnutzung des Brennwertes (übliche Bedingungen).
- Regelverluste und zusätzliche Regelverluste durch Überwärme bei händischer Beschickung.
- Zusätzliche Verluste durch Überdimensionierung.
- Rechnerische Oberflächen- und Verteilverluste im Beheizten als Nutzwärme berücksichtigt.
- Auskühlverluste über den Rauchfang bei händischer Beschickung.

Folgende Einflussfaktoren werden dabei nicht berücksichtigt:

- Wärmerückgewinnung über den Rauchfang.
- Wärmerückgewinnung aus dem Heizraum, wenn dieser im Unbeheizten liegt.
- Hilfsenergie (z.B. Pumpenstrom, Steuerung Brennstoffzuführung).

Tabelle 3-20: Jahresnutzungsgrade von Kesselanlagen (Kuchar, 2015)

thermische Qualität		gut								unterdurchschnittlich							
Art der Wärmeerzeugung durch Heizkessel	VI/RI (°C)	angemessen - dimensioniert				über - dimensioniert				angemessen - dimensioniert				über - dimensioniert			
		Regelung				Regelung				Regelung				Regelung			
		automatisch		händisch		automatisch		händisch		automatisch		händisch		automatisch		händisch	
		Rohrleitungen				Rohrleitungen				Rohrleitungen				Rohrleitungen			
		ged.	unged.	ged.	unged.	ged.	unged.	ged.	unged.	ged.	unged.	ged.	unged.	ged.	unged.	ged.	unged.
Gaskessel im Unbeheizten	40/30	0,86	0,77	0,84	0,73	0,84	0,75	0,83	0,72								
	70/55	0,82	0,68	0,76	0,59	0,80	0,66	0,74	0,58	0,85	0,76	0,82	0,70	0,83	0,74	0,79	0,68
	90/70									0,84	0,73	0,78	0,64	0,81	0,70	0,75	0,62
Gaskessel Niedertemp. Modulierend im Unbeheizten	40/30	0,89	0,80	0,87	0,76	0,89	0,80	0,88	0,76								
	70/55	0,85	0,70	0,79	0,61	0,85	0,70	0,78	0,61	0,88	0,79	0,84	0,72	0,89	0,79	0,84	0,72
	90/70									0,87	0,75	0,81	0,66	0,87	0,75	0,80	0,66
Gas Brennwertkessel modulierend im Unbeheizten	40/30	0,96	0,86	0,94	0,81	0,96	0,86	0,94	0,82								
	70/55	0,89	0,73	0,79	0,62	0,89	0,73	0,79	0,62	0,92	0,82	0,85	0,73	0,93	0,83	0,85	0,73
	90/70									0,88	0,76	0,81	0,66	0,88	0,76	0,80	0,66
Gas Brennwertkessel modulierend im Beheizten	40/30	1,00		0,98		1,01		0,99									
	70/55	0,95		0,86		0,96		0,86		0,96		0,90		0,97		0,90	
	90/70									0,93		0,86		0,93		0,86	
Gastherme im Beheizten	40/30	0,92		0,91		0,92		0,91									
	70/55	0,90		0,84		0,90		0,84		0,91		0,88		0,90		0,87	
	90/70									0,91		0,85		0,89		0,84	
Gastherme modulierend im Beheizten	40/30	0,93		0,92		0,94		0,92									
	70/55	0,91		0,85		0,92		0,85		0,92		0,89		0,93		0,89	
	90/70									0,91		0,86		0,92		0,86	
Gas Brennwerttherme modulierend im Beheizten	40/30	1,00		0,98		1,01		0,99									
	70/55	0,95		0,86		0,96		0,86		0,96		0,90		0,97		0,90	
	90/70									0,93		0,86		0,93		0,86	
Ölkessel im Unbeheizten	40/30	0,84	0,75	0,83	0,72	0,79	0,71	0,78	0,68								
	70/55	0,81	0,67	0,75	0,59	0,76	0,63	0,71	0,56	0,82	0,74	0,80	0,68	0,78	0,69	0,75	0,64
	90/70									0,81	0,71	0,76	0,63	0,76	0,66	0,72	0,59
Ölkessel Niedertemp. mod. im Unbeheizten	40/30	0,89	0,79	0,87	0,76	0,89	0,79	0,87	0,76								
	70/55	0,85	0,70	0,79	0,61	0,85	0,70	0,78	0,61	0,88	0,79	0,84	0,72	0,88	0,79	0,84	0,72
	90/70									0,87	0,75	0,80	0,66	0,87	0,75	0,80	0,66
Öl/Holz komb. Ölbetrieb ohne Puffer im Unbeh.	40/30	0,93	0,83	0,91	0,79	0,93	0,83	0,91	0,79								
	70/55	0,87	0,72	0,79	0,61	0,87	0,72	0,79	0,62	0,91	0,81	0,85	0,72	0,91	0,81	0,85	0,72
	90/70									0,87	0,76	0,80	0,66	0,87	0,76	0,80	0,66
Pelletskessel ohne Puffer im Unbeheizten	40/30	0,85	0,76	0,83	0,72	0,84	0,75	0,82	0,72								
	70/55	0,81	0,67	0,75	0,58	0,80	0,66	0,74	0,58	0,84	0,75	0,80	0,69	0,83	0,74	0,79	0,68
	90/70									0,82	0,71	0,76	0,63	0,81	0,71	0,75	0,62
Pelletskessel mit Puffer im Unbeheizten	40/30	0,84	0,75			0,83	0,74										
	70/55	0,80	0,66			0,79	0,65			0,83	0,74			0,83	0,74		
	90/70									0,81	0,71			0,81	0,70		
Pelletskessel im Beheizten	40/30	0,89		0,88		0,90		0,89									
	70/55	0,88		0,82		0,88		0,82		0,89		0,86		0,88		0,86	
	90/70									0,88		0,83		0,88		0,83	
Pellets/Holz komb. m. P. Pelletsbetr. im Unbeh.	40/30	0,78	0,70			0,74	0,67										
	70/55	0,74	0,62			0,71	0,59			0,78	0,70			0,74	0,67		
	90/70									0,77	0,67			0,73	0,64		
Hackgutkessel mit Puffer im Unbeheizten	40/30	0,81	0,72			0,79	0,71										
	70/55	0,77	0,64			0,76	0,63			0,77	0,71			0,75	0,70		
	90/70									0,74	0,68			0,73	0,66		
Holz Durchbrandkessel mit Puffer im Unbeheizten	40/30	0,68	0,61			0,64	0,58										
	70/55	0,65	0,54			0,62	0,52			0,65	0,60			0,61	0,57		
	90/70									0,63	0,58			0,60	0,55		
Holz Durchbrandkessel ohne Puffer im Unbeh.	40/30			0,66	0,58			0,56	0,50								
	70/55			0,60	0,48			0,52	0,42					0,61	0,56		0,52
	90/70													0,59	0,52		0,50
Holz Untenabbrandkessel mit Puffer im Unbeh.	40/30	0,70	0,63			0,67	0,60										
	70/55	0,67	0,56			0,64	0,54			0,67	0,62			0,63	0,59		
	90/70									0,65	0,60			0,62	0,57		
Holz Untenabbrandkessel ohne Puffer im Unbeh.	40/30			0,69	0,61			0,60	0,53								
	70/55			0,63	0,50			0,55	0,45					0,64	0,58		0,56
	90/70													0,62	0,55		0,53
Öl/Holz komb. Holzbet. ohne Puffer im Unbeh.	40/30			0,69	0,61			0,60	0,53								
	70/55			0,63	0,50			0,55	0,45					0,64	0,58		0,56
	90/70													0,62	0,55		0,53
Holzvergaserkessel mit Puffer im Unbeh.	40/30	0,79	0,71			0,76	0,69										
	70/55	0,75	0,63			0,73	0,61			0,75	0,70			0,72	0,67		
	90/70									0,73	0,66			0,69	0,63		
Pellets/Holz komb. mit Puffer Holzbet. im Unbeh.	40/30	0,77	0,69			0,73	0,66										
	70/55	0,74	0,62			0,70	0,59			0,73	0,68			0,69	0,64		
	90/70									0,72	0,65			0,67	0,62		
Koksessel ohne Puffer im Unbeheizten	40/30			0,73	0,64			0,67	0,60								
	70/55			0,67	0,53			0,62	0,50					0,69	0,62		0,62
	90/70													0,66	0,58		0,59

Tabelle 3-21: Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpenheizungen (Kuchar, 2015)

thermische Qualität		gut		schlecht	
Art der Wärmepumpenheizung	VI/RI (°C)	Rohrleitungen			
		gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
Luft Wärmepumpe im Unbeheizten	35/28	2,68	2,06		
	40/30	2,44	1,81	2,56	2,16
	60/35			1,90	1,50
Luftwärmepumpe im Beheizten	35/28	2,86			
	40/30	2,63		2,66	
	60/35			2,02	
Tiefenbohrung Wärmepumpe im Unbeheizten	35/28	3,86	2,95		
	40/30	3,52	2,60	3,61	3,03
	60/35			2,70	2,12
Tiefenbohrung Wärmepumpe im Beheizten	35/28	4,12			
	40/30	3,79		3,77	
	60/35			2,87	
Erdkollektor Wärmepumpe im Unbeheizten	35/28	3,71	2,83		
	40/30	3,40	2,51	3,50	2,94
	60/35			2,66	2,08
Erdkollektor Wärmepumpe im Beheizten	35/28	3,96			
	40/30	3,66		3,65	
	60/35			2,82	
Erdkollektor Direktverdampfung im Unbeheizten	35/28	4,12	3,15		
	40/30	3,75	2,77	3,85	3,24
	60/35			2,88	2,26
Erdkollektor Direktverdampfung im Beheizten	35/28	4,39			
	40/30	4,03		4,02	
	60/35			3,05	
Grundwasser Wärmepumpe im Unbeheizten	35/28	3,96	3,03		
	40/30	3,53	2,61	3,62	3,04
	60/35			2,56	2,01
Grundwasser Wärmepumpe im Beheizten	35/28	4,22			
	40/30	3,80		3,78	
	60/35			2,72	

Anmerkung Warmwasserbereitung: Die Tabellenwerte betreffen den Heizbetrieb. Bei gleichzeitiger Warmwasserbereitung müssen immer wieder höhere Temperaturen (60/35) erreicht werden. In erster Näherung kann zur Abschätzung der JAZ in der Tabelle entsprechend interpoliert werden.

Beispiel 3-12: Abschätzung Endenergiebedarf

Großes Einfamilienhaus mit 300 m² beheizbare BGF in Graz, derzeit von einem älteren Ehepaar bewohnt, soll saniert und für zwei Familien (Kinder) geteilt werden. Der derzeitige Ölverbrauch (die Warmwasserbereitung erfolgt ganzjährig elektrisch) beträgt 5.400 Liter pro Jahr, in den letzten Jahren waren das auch € 5.400.-.

Ergebnis der Begutachtung des Gebäudes: Ziegelmauerwerk, Betondecken mit Beschüttung aus den 70er Jahren, Fenster im Jahr 2000 getauscht. Zentralheizung gut gewartet, 25 kW Nennleistung, teilweise Schwächen der Dämmung von Verteilleitungen und Armaturen

Abschätzung der U-Werte (Tabelle 3-8 bis Tabelle 3-17): 1,1 W/m².K für die Außenwand, 2,5 W/m².K für die Außenfenster, jeweils 1,4 W/m².K für die Decken zum Dachraum und zum Keller. Mit diesen Werten kann der Heizwärmebedarf abgeschätzt werden. Dazu wird folgendermaßen vorgegangen:

- Aus der Schätzung der U-Werte wird das Gebäude einer thermischen Qualität zugeordnet (Tabelle 3-18), in diesem Fall wahrscheinlich „schlecht“ (teilweise sehr schlechter Wärmeschutz der Bauteile, Fenster gut, geringer Luftwechsel).
- Mit der Bruttogeschoßfläche wird dem Gebäude eine spezifische Heizlast zugeschrieben (Tabelle 3-18: Kategorien der thermischen Qualität der Gebäudehülle (Kuchar, 2015)): ca. 2,4 W/m².K. Daraus lässt sich die Heizlast abschätzen und mit der Kesselnennleistung vergleichen: $2,4 \cdot (20 - (-12)) \cdot 300 / 1000 = 23 \text{ kW}$ (die Anlage ist somit gut dimensioniert)
- Mit der Seehöhe (entspricht überschlägig der Klimazone) wird diese in einen überschlägigen Heizwärmebedarf umgerechnet (Abbildung 3-7): ca. 180 kWh/m².Jahr
- In einem nächsten Schritt muss noch der Jahresnutzungsgrad der Heizanlage berücksichtigt werden. Ohne genaue Kenntnis der Anlagendaten kann aus Tabelle 3-19 ein durchschnittlicher Wert von ca. 75 % (0,75) abgeschätzt werden.
- Daraus ergibt sich eine Endenergiebedarfskennzahl von $180 / 0,75 = 240 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$. Diese liegt deutlich über dem erhobenen Verbrauch von 180 kWh/m².Jahr. Es ist somit ein Datenabgleich durch Veränderung der wahrscheinlich verantwortlichen Parameter im Rahmen einer Gebäudeanalyse durchzuführen.

3.2.5. Warmwasserbedarf

Der tatsächliche Warmwasserwärmebedarf kann nur mit einer Messung ermittelt werden. Sowohl das Benutzungsverhalten als auch die Verteilungsverluste lassen sich nur sehr ungenau schätzen. Für einen groben Abgleich von Energieverbrauch und –bedarf kann daher nur eine überschlägige Abschätzung erfolgen. Tabelle 3-22 fasst Nutzwärmebedarf, Verteilungsverluste und Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung für typische Altanlagen so zusammen, dass der Brennstoffbedarf für den Datenabgleich abgezogen werden kann.

Tabelle 3-22: Brennstoffverbrauch pro Person für die Warmwasserversorgung

Wärmeerzeugung zur Warmwasserbereitung		Selbsteinschätzung Verbrauch (kWh/Person.Jahr)		
		Hoch	Durchschnittlich	Niedrig
Ganzjährig mit der Heizung	Festbrennstoff händisch	2700	1800	1100
	Pellet, Heizöl, Gas	2000	1300	800
	Wärmepumpe	600	400	250
Im Winter mit der Heizung	Festbrennstoff händisch	1600	1050	650
	Pellet, Heizöl, Gas	1200	750	450

Beispiel 3-13: Warmwasser-Korrektur des Energieverbrauchs für den Datenabgleich

Variante A: 25.000 kWh/Jahr Brennstoffverbrauch für Wärme, Pelletsanlage mit Warmwasserbereitung in der Heizperiode, 4 Personen, durchschnittlicher Verbrauch.

Warmwasser-Korrektor: $25.000 - 4 \cdot 750 = 25.000 - 3.000 = 22.000$ kWh/Jahr für Raumwärme

Variante B: 10.000 kWh/Jahr Stromverbrauch für Wärme, Wärmepumpe mit ganzjähriger Warmwasserbereitung, 4 Personen, durchschnittlicher Verbrauch.

Warmwasser-Korrektor: $10.000 - 4 \cdot 400 = 25.000 - 1.600 = 8.400$ kWh/Jahr für Raumwärme

Der korrigierte Wert ist für den Datenabgleich mit dem abgeschätzten Heizwärmebedarf heranzuziehen.

3.3. Datenabgleich Energieverbrauch – Heizwärmebedarf

Der Energieverbrauch eines Hauses ist grundsätzlich ausschließlich physikalisch bedingt und lässt sich, vorausgesetzt, er wurde korrekt gemessen und dokumentiert, und es sind alle Informationen zu Klima, Gebäudehülle und Lage des Gebäudes, Heizanlage, Warmwasserversorgung, Stromverbraucher und alle Facetten des Benutzungsverhaltens bekannt, aus diesen Informationen verifizieren. Das wird in den wenigsten Fällen exakt möglich sein.

Dennoch ermöglicht der Abgleich von Energieverbrauch und Energiebedarf im Allgemeinen eine hinlänglich genaue Annäherung an die tatsächlichen energetischen Verhältnisse. Gemeinsam mit informierten Kunden und Kundinnen können die Ursachen für Unterschiede identifiziert und korrigiert werden. Erst ein so ermittelter Heizwärmebedarf bietet eine seriöse Grundlage für die Planung und energiewirtschaftliche Bewertung von Verbesserungsmaßnahmen und Maßnahmenpaketen.

Einen ersten Überblick ergibt der „Benutzungsfaktor“, der sich aus der Division des gemessenen durch den errechneten Energieverbrauch ergibt. Zeigt dieser eine Abweichung von mehr als 10 % zwischen den beiden Werten, sollte man auf die Suche nach der Ursache gehen, bevor mit der Maßnahmenplanung begonnen wird.

Formel 3-5: Benutzungsfaktor Heizung

$$\text{Benutzungsfaktor}_{\text{Heizung}} = \text{Endenergieverbrauch}_{\text{Heizung}} / \text{Endenergiebedarf}_{\text{Heizung}}$$

Beispiel 3-14: Typisches Beispiel für einen Datenabgleich

Fünfköpfige Familie, 50 Jahre altes Haus, 200 m² BGF, Heizölverbrauch: 3.500 Liter/Jahr; Warmwasser ganzjährig mit der Heizung (Kessel mit 20 kW, 20 Jahre alt), Stromverbrauch 5.500 kWh/Jahr.

HWB-Abschätzung ergibt 150 kWh/m²·Jahr (spezifische Heizlast 2,0 W/m²·K = ca. 14 kW Heizlast)

Energiebedarf aus HWB: $150 \cdot 200 / 0,7 + 5 \cdot 1.300 = 49.400$ kWh/Jahr

Energieverbrauch gemessen: $3.500 \cdot 10 = 35.000$ kWh/Jahr

Benutzungsfaktor-Heizung: $35.000 / 49.400 = 0,71$ (Energieverbrauch = 71 % des gerechneten Wertes)

Mögliche Ursachen: Teilbeheizung oder niedrigere Raumtemperaturen; ein vergessenes Zusatzheizgerät (z.B. Holzofen, Elektroheizkörper); sehr milder Winter im Erhebungszeitraum des Energieverbrauchs; nicht berücksichtigte Dämmung (z.B. Decke) oder Unterschätzung des Nutzungsgrades.

Gemeinsame Entscheidung: Der Winter war tatsächlich um 10 % milder als der Durchschnitt und ein Teil der Räume war nicht beheizt worden (Verminderung des Bedarfs um ca. 15 %). Da dieser Umstand weiterhin zu erwarten ist (Kinder ziehen aus), wird ein Energiebedarf von 42.000 kWh (mittlere Raumtemperatur von 19 °C, etwas mildere Bedingungen als in der Vergangenheit – über HGT berücksichtigt) vereinbart.

3.4. Gebäudeanalyse – vereinfachte Berechnung des Heizwärmebedarfs

In der folgenden Gebäudeanalyse werden Schritt für Schritt alle in **Kapitel 3.2** betrachteten Bereiche abgefragt und aus den Abfragen werden die für die energiewirtschaftliche Beurteilung und spätere Maßnahmenplanung nötigen Rechenwerte abgeleitet.

Die Bedeutung dieser Analyse zeigt sich an der Gegenüberstellung der Schwankungsbreite einer Auswahl dieser Rechenwerte in allen Bereichen (jeweils für eine Heizperiode):

Tabelle 3-23: Einflussgrößen und Schwankungsbreiten

Einflussgröße auf den Energieverbrauch	Schwankungsbreite
Außentemperatur (HGT 20/12):	2500 bis 5000 Kd
Mittlere Innentemperatur (inklusive Teilbeheizung und bestimmte Nutzungen):	<15 °C bis >25 °C
Einstrahlung in den Raum pro m ² Fensterfläche in der Heizperiode:	100 bis 300 kWh
Mittlerer u-Wert der Außenbauteile:	0,2 bis 2,0 W/m ² .K
Mittlerer Luftwechsel inklusive der Undichtheiten:	0,25 bis 1,0 h ⁻¹
Warmwasserenergieverbrauch pro Person (inklusive aller Verluste):	500 bis 2000 kWh/Jahr
Nutzungsgrad der Heizanlage (in Klammer Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe):	0,5 (2,0) bis 0,95 (4,5)
Stromverbrauch (Wohnnutzung) pro m ² und Jahr:	10 bis 50 kWh

In extremen Kombinationen ergibt sich dadurch für zwei Objekte, die auf den ersten Blick ähnlich sein können, ein Verhältnis von bis zu 1:10 für den Gesamtenergieverbrauch bzw. –bedarf. Entsprechend unterschiedlich würden auch Maßnahmenvorschläge und deren Wirtschaftlichkeit ausfallen.

Fehlermöglichkeiten verteilen sich über den gesamten Erhebungsprozess, sind aber besonders auffällig und groß in der Datenaufnahme. Typisch schwer zu erhebende Parameter sind z.B. Bauteilflächen, tatsächliche Dämmdicken, Luftwechselraten und Undichtheiten, Nutzungsgrade haustechnischer Anlagen, Einstrahlungsverhältnisse in das Gebäude (Beschattung, Verschmutzung, Reflexion, Glasflächen).

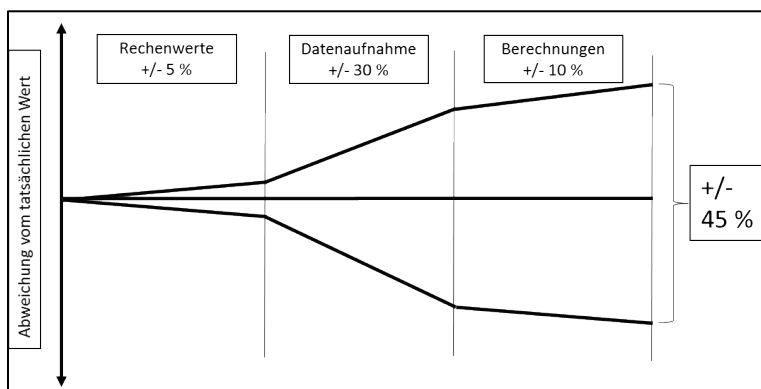


Abbildung 3-9: Fehlermöglichkeiten in der Energieberatung (Berben, 2004)

4. Klima

In der Gebäudeanalyse können die folgenden Rechenwerte überprüft und genauer ermittelt werden:

- Außentemperaturen am Standort: Abweichung durch geographische Lage, Seehöhe und Mikroklima.
- Einflüsse einer windstarken Lage: Fugenverluste, Betriebs- und Bereitschaftsverluste von Zentralheizungen und Einzelöfen. Auch der äußere Wärmeübergang ist von der Windgeschwindigkeit abhängig.
- Korrektur der Heizperiodenlänge in Abhängigkeit von Innentemperaturen, Gebäudequalität und Mikroklima.
- Besonnungsverhältnisse und Orientierung der Verglasungsflächen und ihre Einflüsse auf Fremdwärmegewinne und sommerliche Überwärmung.

4.1. Außentemperatur

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) veröffentlicht laufend aktuelle und historische Informationen zu allen auch für die Energieberatungen benötigten Mess- und Rechenwerten.²⁰ Diese Daten werden für die vier österreichischen Klimaregionen ermittelt: Nord, West, Inneralpin und Südost.

Das Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft stellt einen Klimadatenrechner²¹ zur Verfügung, in welchem die folgend erläuterten Informationen für jeden Ort in Österreich abgerufen werden können (Monatsmittelwerte der Temperatur, Heizgradtage 12/20 (in Kd), mittlere monatliche Tagessummen von Global- und Himmelstrahlung auf die Horizontalfläche).

Für genaue Informationen kann somit jederzeit auf Originaldaten zurückgegriffen werden. Im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER werden daher nur Daten so zusammengefasst und vereinfacht (z.B. Beschränkung auf Mittelwerte für verschiedene Höhenlagen, unabhängig von der geografischen Lage), dass sie für überschlägige jährliche und monatliche Abschätzungen direkt in Berechnungen eingesetzt werden.

Die Temperaturdifferenz zur Außentemperatur ist die für die Wärmeverluste von Gebäuden entscheidende physikalische Größe. Drei Temperaturwerte sind dabei von besonderer Bedeutung:

- **Innentemperatur (T_i):** Mittlere Raumtemperatur eines Gebäudes in der Heizperiode, die durch ein Heizsystem aufrechterhalten werden muss. Für Wohngebäude werden standardmäßig 20 °C angenommen. Typische andere rechnerische Innentemperaturen sind z.B. 5 °C (Garage), 15 °C (Werkstatt), 25 °C (Operationssaal, Hallenbad). Entscheidend ist die Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur. Mit dem Tagesmittelwert der Außentemperatur ergibt sich daraus die Gradtagzahl (siehe auch unten) für einen beliebigen Tag der Heizperiode. Anmerkung: Die durchschnittliche Innentemperatur in Wohnräumen ist in den letzten 30 Jahren um ca. 2 Kelvin gestiegen.
- **Normaußentemperatur (T_{ne}):** Tagesmittelwert der Außentemperatur, für den eine Unterschreitungshäufigkeit von einem Tag pro Jahr (Alternative: Zweitagesmittelwert, zehnmal in 20 Jahren) gilt. In Stadtkernen liegt der Wert durchschnittlich um 2 K höher als im freien Gelände (Abstrahlung der versiegelten Flächen und Gebäude). Die Normaußentemperatur wird zur Bemessung der Nennleistung von Heizanlagen benötigt und liegt in Österreich zwischen ca. -10 und -20 °C.
- **Heizgrenztemperatur (T_{HG}):** Außentemperatur in der Übergangszeit, unter welcher Wärmegewinne die Wärmeverluste bei 20 °C (oder einer anderen definierten) Innentemperatur nicht mehr ausgleichen können und somit geheizt werden muss. Die Heizgrenztemperatur ist stark von der Innentemperatur,

²⁰ <http://www.zamg.ac.at/histalp/>

²¹ <http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/klimadatenrechner/Seiten/default.aspx>

von der thermischen Qualität der Gebäudehülle und der solaren Orientierung des Gebäudes abhängig (siehe **Tabelle 4-10**). Sie kann sich somit im Rahmen einer thermischen Sanierung ändern und den Effekt der Energieeinsparung durch Verringerung der Dauer der Heizperiode verstärken (Anmerkung: Daher ist der Effekt einer Senkung der Innentemperatur mit 10 % Einsparung pro Kelvin auch stärker als oft angenommen). Anmerkung: Die mittlere Heizgrenztemperatur der Gebäude ist durch Neubau und Sanierungen in den letzten 30 Jahren um ca. 1-2 Kelvin gesunken.

Die wichtigsten abgeleiteten Größen für energiewirtschaftliche Berechnungen sind:

- **Heizgradtage (HGT):** Die Jahressumme der Gradtagzahlen für eine definierte Innentemperatur und Heizgrenze (für Wohngebäude üblicherweise HGT 20/12). Anmerkung: In einigen Tabellen werden Werte für definierte Heizperiodenlängen angegeben (z.B. Oktober bis April). Jährliche Werte berücksichtigen auch kältere Tage in den anderen Monaten, an denen allerdings meist nicht geheizt werden muss (Wärmespeicherung, höhere Fremdwärmegewinne). Anmerkung: Die für die Abschätzung des Energiebedarfs korrekten HGT haben sich in den letzten 30 Jahren kaum geändert (gestiegene Innentemperatur und gesunkene Heizgrenze gleichen sich im Mittel etwa aus).
- **Heiztage (HT):** Die Länge der Heizperiode (zwischen den Tagen mit Heizgrenztemperatur, üblicherweise 12 °C) in Tagen. Je nach Heizgrenztemperatur und Seehöhe liegt dieser Wert zwischen ca. 180 Tagen für ein sehr gut gedämmtes Haus in günstiger Klimalage und 365 Tagen in großen Höhen.

Zum Auffinden geeigneter Temperaturdaten können die folgenden Informationsquellen herangezogen werden:

- Werte für konkrete Ortschaften aus dem Internet oder geeigneten Tabellen.
- Mittelwerte für Orte einer bestimmten Seehöhe entweder für Österreich oder eine der Klimazonen. Mit Hilfe des Ortsnamens oder der Postleitzahl des Standortes werden Klimadaten (HGT 20/12, HT 12, T_{ne} oder mittlere Außentemperaturen für bestimmte Zeiträume) gesucht.
- Liegt der Standort mehr als 100 m höher oder tiefer als das Postamt, werden Korrekturen vorgenommen und die korrigierten Werte eingetragen:

Formel 4-1: Höhenkorrektur für Heizgradtage 20/12

$$HGT\ 20/12_{Standort} = HGT\ 20/12_{Referenzort} \pm 3\ \% \text{ pro } \pm 100\ m\ \text{Höhendifferenz}$$

Formel 4-2: Höhenkorrektur für Heiztage 12

$$HT\ 12 \pm 8\ HT \text{ pro } \pm 100\ m\ \text{Höhendifferenz.}$$

Formel 4-3: Höhenkorrektur für die Normaußentemperatur

$$\text{Normaußentemperatur } (T_{ne}): \pm 0,2\ K \text{ pro } \pm 100\ m\ \text{Höhendifferenz (Seehöhe } < 1500\ m)$$

$$\text{Normaußentemperatur } (T_{ne}): \pm 0,5\ K \text{ pro } \pm 100\ m\ \text{Höhendifferenz (Seehöhe } > 1500\ m)$$

- Besteht die berechtigte Annahme, dass die örtlichen Verhältnisse von der üblichen Beziehung „höhere Lage = strengeres Klima“ abweichen, ist auf die Korrekturen zu verzichten und der Umstand zu kommentieren. Besondere Standortverhältnisse (z.B. Südhang, Kaltluftsee) können im Abgleich als Vermutung berücksichtigt werden.
- Ist der Standort in keiner Datensammlung vertreten, so ist mit den Werten des nächsten, ähnlich gelegenen Ortes zu rechnen.

Im Allgemeinen ist es für einfache Berechnungen im Rahmen der Energieberatung ausreichend, mit einer festgesetzten Heizgrenze zu operieren, da zwei oder mehrere Varianten jeweils unter denselben Klimabedingungen verglichen werden. Der Fehler, der dadurch entsteht, dass sich die Heizgrenze durch bauliche Maßnahmen verschieben kann, ist, bis auf Sonderfälle (umfassende Sanierung mit Einsparung < 50 %), vernachlässigbar. In den meisten Fällen werden Klimadaten direkt für den Standort verfügbar sein. Für erste Abschätzungen können die folgenden Tabellen dienen. Heizgradtage, Heiztage und mittlere Temperaturen sind

speziell für Energiethemen entwickelte Kenngrößen und können überschlägig aus den jeweils zwei anderen berechnet werden. Für jeden Seehöhenbereich wurden Mittelwerte aus 10 – 15 über das Bundesgebiet verstreuten Orten gebildet.

Tabelle 4-1: Mittelwerte der monatlichen HGT 20/12 (Frey, 1981)

Seehöhe (m)	HGT 20/12 (K.d/Jahr)	Monatliche % – Anteile der HGT 20/12											
		JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
100 – 350	3425	19,5	16,5	13,5	7,0	2,5	0,5	0,0	0,0	1,5	7,5	13,5	18,0
350 – 750	3805	18,0	15,0	13,5	8,0	3,5	1,0	0,5	0,5	2,0	8,0	13,0	17,0
750 – 1250	4665	15,5	13,5	12,5	9,0	5,5	2,5	1,0	1,5	4,0	8,5	11,5	15,0
1250 – 1750	5520	14,0	12,0	12,0	9,0	7,0	4,0	2,5	3,0	4,5	8,0	11,0	13,0

Die Mittelwerte in Tabelle 4-1 sind im Zeitraum von 1961 – 1990 ermittelt worden. Eine sachlich gerechtfertigte Korrektur war für die Aktualisierung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG noch nicht möglich, da die Datenbasis fehlt. Andererseits deutet die Klimaentwicklung der letzten Jahrzehnte auf eine leichte Erwärmung hin. Die mittleren Werte für HGT 20/12 und HT 12 haben sich z.B. am Standort Retz in den langjährigen Mittelwerten wie folgt verändert:

1961-1990: 3525 HGT 20/12 und 212 HT 12

1981-2010: 3249 HGT 20/12 und 199 HT 12

Konkrete Werte sollten daher möglichst aus aktuellen Daten entnommen werden.

Für eine erste Beurteilung der erhobenen Vergleichswerte kann die Entwicklung der durchschnittlichen Heizgradtage in Österreich seit 1980 (letzter Wert: 2012) herangezogen werden (Gewichtung nach Bevölkerungsanteilen). Allerdings zeigt die Kurve auch, wie groß die jährlichen Schwankungen sind (z.B. -13 % von 2010 auf 2011) und wie wichtig im Datenabgleich die Verfügbarkeit konkreter und jährlicher Standortinformationen ist.

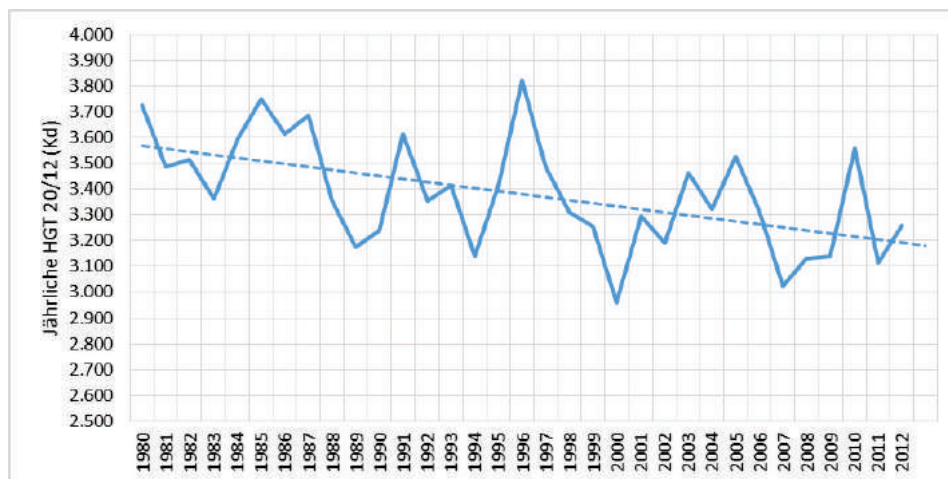


Abbildung 4-1: Entwicklung der mittleren jährlichen HGT 20/12 in Österreich

Beispiel 4-1: Rechenbeispiel HGT 20/12

Um wieviel % sind die HGT 20/12 im Schnitt der letzten Jahre pro Jahr geringer geworden?

Verringerung von ca. 3600 (1980) auf ca. 3200 (2012) = $100 \cdot (1 - 3200 / 3600) / 32 = \text{ca. } 0,35 \text{ \%/Jahr}$

Beispiel 4-2: Rechenbeispiel HGT 20/12

Wie hoch sind die HGT 20/12 für einen Standort auf 500 m während der Heizperiode Oktober – April?
Berechnung mit **Tabelle 4-1** (Abzug % HGT Mai – September) oder direkte Ablesung aus **Tabelle 4-2**.

$$3805 \cdot (100 - 3,5 - 1 - 0,5 - 0,5 - 2) / 100 = 3805 \cdot 0,925 = 3520 \text{ Kd}$$

$$3805 \cdot 92,5 / 100 = 3520 \text{ Kd}$$

Beispiel 4-3: Abschätzung des jährlichen Energieverbrauchs aus kurzfristigen Daten

Der Heizenergieverbrauch eines Hauses in St. Pölten ist für den Februar mit 2.500 kWh bekannt. Wie hoch sollte der Jahresenergieverbrauch in einer ersten Abschätzung sein?

$2.500 / 16,5 \cdot 100 = 15.150 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Abrundung für größere Wärmegewinne in der Übergangszeit ca. 15.000 kWh/Jahr) und wenn der Februar einigermaßen durchschnittliches Wetter hatte

Tabelle 4-2: Anteilige HGT 20/12 für verschiedene Heizperiodenlängen (Frey, 1981)

Seehöhe [m]	Länge der Heizperiode [d]											
	360	330	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
100 – 350	100	100	100	99,5	98,5	95,5	91	81	68	54	37,5	19,5
350 – 750	100	99,5	99	98	96	92,5	87	16,5	63,5	50	35	18
750 – 1250	100	99	98	95	91,5	85,5	79	67	56,5	44	30,5	15,5
1250 – 1750	99,5	97,5	94,5	90,5	86	79	71,5	62	51	39	27	14

Tabelle 4-3: Monatliche Mittelwerte der Außentemperatur (Frey, 1981)

Seehöhe (m)	Jahresmitteltemperatur (°C)	Wintermitteltemperatur (°C)	Monatliche Mittelwerte der Außentemperatur (°C)											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
100 – 350	9,5	4,0	-1,5	-0,5	4,5	10,0	15,0	18,0	20,0	19,0	16,0	10,0	4,0	0,0
350 – 750	8,5	2,5	-2,0	-1,0	3,0	8,5	13,0	17,0	18,5	17,5	14,0	8,5	3,0	-1,0
750 – 1250	6,0	0,5	-3,5	-2,5	0,5	5,0	10,5	13,5	15,0	14,5	12,0	6,0	2,0	-2,5
1250 – 1750	4,0	-1,0	-6,5	-6,0	-3,5	0,5	4,5	8,0	10,5	10,0	8,0	2,5	-2,0	-4,5

Die Tabelle gibt Mittelwerte der Außentemperatur in °C für das Jahr, den Winter (= Heizperiode, Oktober – April in niederen Lagen, September bis Mai auf 1500 m) und die einzelnen Monate für vier Seehöhenbereiche an. Die Daten können auch als Basis für die Berechnung der Wärmepumpen (L/W) – Arbeitszahlen und Deckungsgrade und der mittleren Kollektor – Wirkungsgrade von Sonnenkollektoren herangezogen werden.

Beispiel 4-4: Abschätzung der Heiztage und Heizgradtage für abweichende Innentemperatur

Abschätzung der HT 12 für verschiedene Standorte und Innentemperaturen (**Tabelle 4-1** und **Tabelle 4-3**)

$$350-750 \text{ m Seehöhe: } 3805 / (20-2,5) = 217 \text{ d}$$

$$1250-1750 \text{ m Seehöhe: } 5520 / (20+1) = 263 \text{ d}$$

Auf 1500 m würde das außerdem bedeuten, dass z.B. bei 23 °C Innentemperatur (Hotel) mit mindestens den folgenden HGT 23/12 gerechnet werden müsste (in diesem Fall wird die Verlängerung der Heizperiode vernachlässigt).

$$\text{HGT } 23/12 = \text{HGT } 20/12 + 3 \cdot \text{HT } 12 = 5520 + 790 = 6310 \text{ Kd}$$

4.2. Einstrahlungsverhältnisse

Besonnungsverhältnisse während der Heizperiode: Eine exakte Erfassung ist nur mit großem Aufwand möglich. Für die Bemessung der Besonnungsverhältnisse sind im Beratungsgespräch die Faktoren Zeit (Winter/Übergangsperiode/Stunden pro Tag) sowie Ausmaß von Beschattung der Fassaden zu erörtern und subjektiv abzuschätzen. Für Sonnenenergie-Anlagen (Kollektoren oder Wintergärten) ist die Besonnung genauer zu erfassen.

Tabelle 4-4: Monatliche Globalstrahlung in % der Jahressumme (Frey, 1981)

Seehöhe (m)	G (kWh/m ² Jahr)	Monatliche % – Anteile der Globalstrahlung											
		JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
100 – 350	1105	2,5	4,1	7,6	10,7	13,6	14,5	15,0	12,7	9,1	5,6	2,7	1,9
350 – 750	1115	3,1	4,7	8,2	10,7	13,0	13,9	14,3	11,9	8,8	5,8	3,2	2,4
750 – 1250	1130	3,2	4,8	8,2	10,6	12,6	13,6	14,0	12,0	8,9	6,0	3,4	2,7
1250 – 1750	1175	3,6	5,0	8,4	10,6	11,8	12,9	13,8	12,2	8,9	6,1	3,7	3,0

Die Tabelle gibt einen Mittelwert der jährlichen Globalstrahlung für vier Seehöhenbereiche sowie Mittelwerte der monatlichen Anteile in % der jährlichen Globalstrahlung an. Die Daten dienen der Ermittlung der Globalstrahlung für beliebige Zeiträume. G kann für Abschätzung ohne Kenntnis der örtlichen Globalstrahlung herangezogen werden. Besonders in hügeligen und gebirgigen Gegenden können sich durch Nebellagen abweichende Bedingungen ergeben, die nur schwer zu quantifizieren sind. **Tabelle 4-5** kann zur groben Abschätzung herangezogen werden.

Tabelle 4-5: Korrektur der Globalstrahlung für besondere Nebellagen (Gmeiner H., 1994)

Nebellage	Beschreibung	Korrektur der Globalstrahlung G (% der Tabellenwerte)
Stark	Häufig dichter Tagesnebel in der Heizperiode, auch in Zeiten hoher Sonneneinstrahlung	- 5 %
Mittel	Zeitweise auftretender Tagesnebel in Zeiten geringer Sonneneinstrahlung (z.B. am Morgen)	Keine Korrektur (Situation in der Ermittlung von G berücksichtigt)
Frei	Ständig außer- oder oberhalb der Nebelzonen	+ 5 %

Die folgenden Tabellen ermöglichen die monatliche Abschätzung der Solarstrahlung. Dadurch können Erträge von Solaranlagen und PV-Anlagen genauer ermittelt und das Verhalten von Gebäuden in besonders heißen (Überwärmung) und kalten (Diskussion Null-Heizenergiehaus) abgeschätzt werden.

Eine genauere Ermittlung für konkrete Orte ist mit dem Klimadatenrechner des Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFV) möglich.²²

²² <http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/klimadatenrechner/Seiten/zurBerechnung.aspx>

Tabelle 4-6: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen unter 350 m (ÖNORM_B8110, 2007)

Höhe	Orientierung	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
100 - 350 m	90°	S	1,33	1,17	0,94	0,70	0,57	0,50	0,51	0,63	0,83	1,09	1,33	1,54
		SW & SO	1,07	0,96	0,83	0,69	0,60	0,56	0,57	0,65	0,76	0,92	1,06	1,21
		W & O	0,66	0,63	0,63	0,60	0,58	0,57	0,58	0,59	0,61	0,64	0,64	0,66
		NW & NO	0,46	0,44	0,42	0,45	0,46	0,48	0,47	0,43	0,44	0,42	0,44	0,45
		N	0,44	0,41	0,34	0,35	0,36	0,38	0,37	0,32	0,36	0,37	0,42	0,43
	45°	S	1,46	1,36	1,23	1,05	0,96	0,90	0,91	1,02	1,14	1,33	1,47	1,62
		SW & SO	1,27	1,20	1,11	1,00	0,93	0,89	0,91	0,98	1,06	1,17	1,27	1,37
		W & O	0,91	0,89	0,89	0,88	0,86	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90
		NW & NO	0,66	0,63	0,63	0,69	0,73	0,76	0,75	0,69	0,66	0,61	0,63	0,63
		N	0,62	0,56	0,47	0,56	0,66	0,72	0,70	0,58	0,51	0,48	0,58	0,60

Tabelle 4-7: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen zwischen 350 und 750 m (ÖNORM_B8110, 2007)

Höhe	Orientierung	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
> 350 m - 750 m	90°	S	1,54	1,26	0,96	0,70	0,55	0,49	0,51	0,62	0,83	1,15	1,48	1,70
		SW & SO	1,20	1,02	0,84	0,69	0,59	0,56	0,57	0,65	0,76	0,96	1,16	1,31
		W & O	0,66	0,63	0,63	0,60	0,58	0,57	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67
		NW & NO	0,42	0,40	0,41	0,45	0,46	0,48	0,47	0,45	0,44	0,40	0,41	0,42
		N	0,39	0,36	0,33	0,35	0,36	0,38	0,37	0,33	0,36	0,34	0,39	0,40
	45°	S	1,62	1,45	1,24	1,05	0,94	0,89	0,91	1,01	1,14	1,38	1,59	1,74
		SW & SO	1,38	1,26	1,12	1,00	0,92	0,89	0,91	0,97	1,06	1,21	1,35	1,45
		W & O	0,91	0,89	0,89	0,88	0,86	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,91	0,91
		NW & NO	0,59	0,58	0,62	0,69	0,73	0,77	0,75	0,70	0,66	0,58	0,58	0,59
		N	0,54	0,48	0,44	0,56	0,67	0,72	0,70	0,59	0,51	0,44	0,52	0,55

Tabelle 4-8: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen zwischen 750 und 1250 m (ÖNORM_B8110, 2007)

Höhe	Orientierung	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
> 750 m - 1250 m	90°	S	1,88	1,42	0,98	0,70	0,52	0,48	0,50	0,61	0,82	1,25	1,73	1,97
		SW & SO	1,42	1,12	0,86	0,69	0,58	0,56	0,56	0,65	0,76	1,02	1,33	1,49
		W & O	0,68	0,65	0,64	0,61	0,59	0,58	0,58	0,61	0,63	0,65	0,68	0,69
		NW & NO	0,35	0,34	0,40	0,45	0,47	0,48	0,47	0,47	0,44	0,37	0,37	0,38
		N	0,32	0,29	0,31	0,34	0,36	0,37	0,36	0,35	0,35	0,30	0,33	0,36
	45°	S	1,90	1,59	1,27	1,06	0,92	0,89	0,91	1,00	1,14	1,47	1,79	1,95
		SW & SO	1,55	1,35	1,14	1,01	0,91	0,89	0,90	0,97	1,06	1,27	1,49	1,60
		W & O	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	0,86	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,92
		NW & NO	0,48	0,49	0,60	0,69	0,75	0,77	0,75	0,72	0,67	0,54	0,50	0,52
		N	0,41	0,35	0,41	0,56	0,69	0,73	0,70	0,62	0,51	0,37	0,42	0,47

Tabelle 4-9: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen zwischen 1250 und 1750 m (ÖNORM_B8110, 2007)

Höhe	Orientierung	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
> 1250 m bis 1750 m	90°	S	1,86	1,43	0,99	0,71	0,53	0,49	0,51	0,62	0,81	1,31	1,72	2,16
		SW & SO	1,41	1,13	0,87	0,70	0,59	0,56	0,57	0,65	0,76	1,06	1,32	1,61
		W & O	0,69	0,67	0,65	0,62	0,59	0,59	0,58	0,61	0,63	0,66	0,68	0,73
		NW & NO	0,35	0,36	0,40	0,45	0,47	0,50	0,47	0,46	0,44	0,36	0,36	0,35
		N	0,32	0,30	0,29	0,33	0,35	0,40	0,37	0,33	0,34	0,28	0,32	0,32
	45°	S	1,88	1,59	1,28	1,07	0,93	0,88	0,91	1,01	1,14	1,51	1,79	2,10
		SW & SO	1,55	1,35	1,15	1,01	0,92	0,89	0,90	0,97	1,06	1,30	1,49	1,69
		W & O	0,92	0,91	0,90	0,88	0,87	0,87	0,86	0,87	0,89	0,90	0,92	0,94
		NW & NO	0,48	0,51	0,59	0,69	0,74	0,78	0,76	0,71	0,66	0,51	0,50	0,47
		N	0,40	0,37	0,38	0,54	0,68	0,74	0,70	0,60	0,50	0,34	0,41	0,41

Beispiel 4-5: Fensterbilanz im Winter

Sie könnten zeigen, dass im Jänner auf 500 m Seehöhe z.B. die folgende Energiemenge aus der Sonne zur Verfügung steht:

Formel: Anteil Einstrahlung Monat • jährliche Globalstrahlung / 100

Horizontal: $3,1 \cdot 1115 / 100 = 34,6 \text{ kWh/m}^2$ (Tabelle 4-4)

Dachflächenfenster 45° geneigt, nach Süden orientiert:

Einstrahlung = Lagefaktor_{Jänner} • Globalstrahlung_{Jänner} = $1,46 \cdot 34,6 = 50,5 \text{ kWh/m}^2$ (Tabelle 4-7)

Dachflächenfenster 45° geneigt, nach Westen orientiert: $0,91 \cdot 34,6 = 31,5 \text{ kWh/m}^2$

10 m^2 Fensterfläche in einem nach Süden orientierten Schrägdach können somit (Wärmeschutzverglasung, keine Beschattung) etwa die folgende mittlere Wärmeleistung beitragen (über den ganzen Zeitraum gemittelt):

$Q_s = \text{Einstrahlung}_{\text{Jänner}} \cdot \text{Verglasungsanteil} \cdot \text{Gesamtenergiedurchlassgrad} \cdot 1000 / \text{Stunden pro Monat}$

$Q_s = 50,5 \cdot 10 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1000 / (24 \cdot 31) = 285 \text{ Watt}$

Der Transmissions-Wärmeverlust ist im gleichen Zeitraum:

$Q_T = U\text{-Wert} \cdot \text{Fläche} \cdot \text{mittlere Temperaturdifferenz} \cdot 1000 \text{ (W)}$

$Q_T = 1,3 \cdot 10 \cdot (20 - (-2)) \cdot 1000 = 286 \text{ Watt}$

Transmissions-Wärmeverlust und Strahlungs-Wärmegewinn halten sich annähernd die Waage.

4.3. Windverhältnisse

Windverhältnisse am Standort haben Einfluss auf drei Aspekte, die den Energiebedarf eines Hauses mitbestimmen:

- Undichtheiten in der Gebäudehülle (inklusive Fenster- und Türfugen) des beheizten Bereichs (abgeschätzt entweder über w_f -Werte in Abstimmung mit U-Werten in $\text{W/m}^2\text{K}$ oder über einen zusätzlichen Luftwechsel). Diese Verluste müssen in Heizlast und Heizwärmebedarf berücksichtigt werden (Tabelle 5-21).
- Verstärkung des Rauchfangzugs mit dem Effekt zusätzlicher Abgas- und Bereitschaftsverluste für einige Ofen- und Kesseltypen (Tabelle 8-6).
- Verringerter Wärmeübergangswiderstand aller Außenbauteile zur Außenluft (üblicherweise vernachlässigbar).

Windverhältnisse:

- **Windstark:** Gipfel- und Kammlagen; das Donautal; nördlich des Donautales über 600 m Seehöhe; Standorte in den Alpen oberhalb 500 m über dem Talgrund; subjektiv vom Beratenen als windstark erlebte Lage.
- **Windschwach:** Alle anderen Standorte.

Lage:

- **Geschützt:** Gebäude in dicht besiedelten Gebieten oder in aufgelockerter windgeschützter Verbauung (praktisch alle möglichen Standorte).
- **Frei:** Gebäude in Pass- und hohen Hanglagen, sowie an freien Ufern größerer Seen und Flüssen.

4.4. Spezielle Fragestellungen

Heizgrenztemperatur

Diese beschreibt physikalisch jene Außentemperatur, bei der sich Fremdwärmegewinne und Wärmeverluste für eine bestimmte Innentemperatur die Waage halten. Die dadurch definierte Länge der Heizperiode liegt z.B. bei niedrigen Lagen bis 350 m Seehöhe für 20°C Innentemperatur je nach Seehöhe und Gebäudebauweise zwischen sechs (Mitte Oktober bis Mitte April) und neun (Anfang Oktober bis Ende Mai) Monaten.

Tabelle 4-10: Abschätzung der Heizgrenztemperatur (Frey, 1981)

Thermische Qualität des Baukörpers	Farbe der Außenwand ¹⁾	Heizgrenztemperatur (°C)		
		Solare Orientierung		
		hoch	durchschnittlich	niedrig
gut	dunkel (a=0,6)	10	10,5	11,5
	mittel (a=0,4)	10,5	11	12
	hell (a=0,2)	10,5	11	12
durchschnittlich	dunkel	11,5	11	13
	mittel	12	12,5	13,5
	hell	12,5	13	14
schlecht	dunkel	13	13,5	14,5
	mittel	13,5	14	15
	hell	14,5	15	16

1) a = Absorptionsfaktor (schwarzer Körper = 1)

Die Berücksichtigung der Heizgrenztemperatur ermöglicht eine genauere Abschätzung des Nutzwärmebedarfes bzw. von Einsparungen durch Maßnahmen am Baukörper. In Abhängigkeit der Farbgebung der Außenwände, und unabhängig von der thermischen Qualität der Außenhülle, hört der Wärmefluss durch die Außenbauteile bei Außentemperaturen zwischen 16 °C und 19 °C auf. Auf dieser Basis lässt sich der Einfluss der Heizgrenztemperatur (T_{HG}) auf den Energiebedarf durch eine Korrektur der maßgeblichen Größen (für durchschnittliche Gebäude) grob abschätzen (Frey, 1981). Bis auf die Farbgebung sind die in den folgenden Formeln beschriebenen Verhältnisse in üblichen Rechenprogrammen (Monatsbilanzen) bereits berücksichtigt.

Formel 4-4: Heizgradtage für von 12 °C abweichende Heizgrenze

$$HGT_{20/T_{HG}} = HGT_{20/12} + 5 (T_{HG} - 12) \cdot (28 - T_{HG})$$

Formel 4-5: Heiztage für von 12 °C abweichende Heizgrenze

$$HGT_{20/T_{HG}} = HGT_{20/12} + 5 (T_{HG} - 12) \cdot (28 - T_{HG})$$

Beispiel 4-6: Einfluss der Heizgrenztemperatur auf den Energiebedarf

Passivhaussanierung eines sehr schlecht gedämmten Hauses:

Heizgrenztemperatur vor der Sanierung: 15 °C; $HGT_{20/15} = 3600 + 5 \cdot (15-12) \cdot (28-15) = 3795 \text{ Kd}$

Heizgrenztemperatur nach der Sanierung: 10,5 °C; $HGT_{20/10,5} = 3600 + 5 \cdot (10,5-12) \cdot (28-10,5) = 3470 \text{ Kd}$

Allein dadurch verringern sich die Wärmeverluste des Hauses um zusätzliche 9 %.

Die Kombination aus kleinerer / größerer Temperaturdifferenz und kürzerer / längerer Heizperiode führt auch im Fall von abweichenden Innentemperaturen dazu, dass die Einsparung / der Mehrverbrauch pro K von 20 °C abweichender Innentemperatur real zwischen 8 und 10 % der temperaturabhängigen Wärmeverluste betragen können (je nach Dämmstandard).

5. Baukörper

In der Gebäudeanalyse werden die folgenden Parameter zur Berechnung von Wärmeverlusten und Verbesserungspotenzialen genauer untersucht:

- Flächen zu unbeheizten Gebäudeteilen, Boden und Außenluft.
- U-Werte von Bauteilen.
- Temperatur- und Besonnungsverhältnisse.
- Wärmebrücken, Undichtheiten und Fugen in der Gebäudehülle.
- Speichermöglichkeit des Gebäudes (für Sommertauglichkeit und zur Abschätzung von Regelungsverlusten).
- Bauschäden (als Einschränkung der sofortigen Durchführbarkeit von Maßnahmen) und Sanierungsbedarf (zur realistischen Abschätzung der tatsächlich dem verbesserten Wärmeschutz zuzurechnenden Investition).

5.1. Transmissionsverluste opaker Bauteile

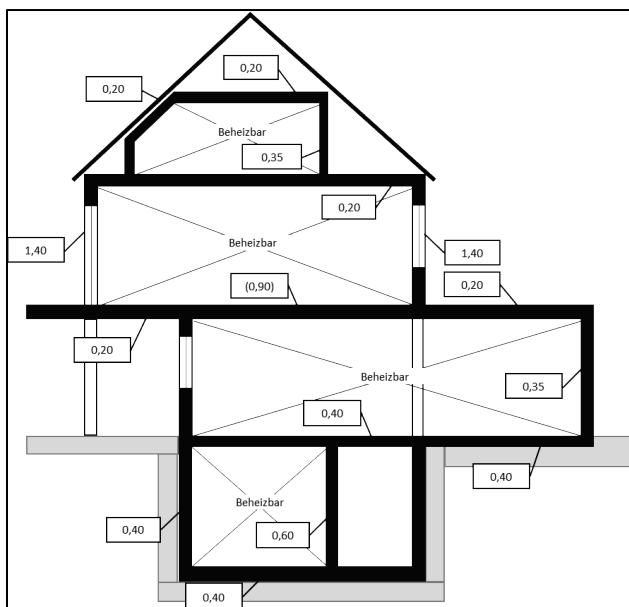


Abbildung 5-1: Ziel-U-Werte für den Mindestwärmeschutz nach Sanierung (ÖNORM_B8110, 2007)

Für von der ersten Abschätzung abweichende Aufbauten ist eine Berechnung des U-Wertes durchzuführen.

Innen	Konstruktion (Skizze)	Außen	Nr	Schichtaufbau	d [m]	λ [W / mK]	d/ λ [m ² K / W]
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
				$D = \sum d/\lambda$	[m ² .K/W]		
				$R_{Si} + R_{SE} = 1/\alpha_i + 1/\alpha_a$	[m ² .K/W]		
				$R = D + 1/\alpha_i + 1/\alpha_a$	[m ² .K/W]		
				$U = 1 / R$	[W/m ² .K]		

Abbildung 5-2: Formblatt U-Wert Ermittlung (Frey, 1981)

Konstruktions-skizze: Die einzelnen Schichten sind zu nummerieren, um eine eindeutige Zuordnung sicherzustellen.

d: Dicke der Baustoffschicht (m).

λ (Wärmeleitfähigkeit): Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, welcher Wärmestrom in einer Stunde durch 1 m² einer 1 m dicken Schicht durchgeht, wenn das Temperaturgefälle in Richtung des Stromes 1 K beträgt. (Die Wärmefähigkeit steigt im Allgemeinen mit der Feuchtigkeit des Baustoffes). Die Berechnung einer Baustoffschicht über den λ -Wert macht nur Sinn, wenn diese homogen ist (Ständerkonstruktionen sind so nicht zu berechnen).

D (Wärmedurchlasskoeffizient): Gibt den Widerstand einer Schicht der Dicke d mit der Wärmeleitfähigkeit λ an ($D = d/\lambda$). Für Luftschichten und mehrschichtige Dämmelemente ist D aus den entsprechenden Tabellen zu entnehmen.

α (Wärmeübergangskoeffizient): Der Wärmeübergangskoeffizient α gibt den Wärmestrom an, der in einer Stunde durch eine 1 m² große Trennfläche zwischen einem festen und einem gasförmigen oder flüssigen Körper fließt, wenn der Temperaturunterschied zwischen beiden Medien 1 K beträgt. Der Wärmeübergangskoeffizient wird durch die Konvektion erhöht. Es ist damit an der Gebäudeaußenseite deutlich höher (15-30 W/m².K), in Bauteilecken und hinter Verkleidungen manchmal deutlich geringer - <5-10 W/m².K (dadurch geringere Oberflächentemperaturen und Gefahr der Schimmelbildung).

1/ α (Wärmeübergangswiderstand, R_s): Gibt den Widerstand der Grenzschicht gegen den Wärmeübergang an.

- An der äußeren Bauteiloberfläche (= zur Innenluft) liegen die mittleren Wärmeübergangswiderstände bei ca. 0,07 m².K/W (windschwach, geschützt), 0,04 m².K/W (windschwach, frei), 0,03 m².K/W (windstark, frei).
- An der inneren Bauteiloberfläche liegen die mittleren Wärmeübergangswiderstände bei ca. 0,2 m².K/W (Ecken, hinter Möbeln, nach unten), 0,13 m².K/W (horizontal) und 0,1 m².K/W (aufwärts).
- Durch raue Oberflächen wird der Wärmeübergang begünstigt (Putzstruktur), an glatten Oberflächen ist er geringer (Verglasungen).

1/ α_i + 1/ α_a (Summe der Wärmeübergangswiderstände, R_{si} + R_{sa}): Wert, der zu den baustoffbezogenen Widerständen addiert wird, um den Wärmedurchlasswiderstand und in weiterer Folge den U-Wert des Bauteils zu ermitteln.

Tabelle 5-1: Rechenwerte Wärmeübergangswiderstände an Bauteilen (ÖNORM_B8110, 2007)

Wärmeübergangswiderstand (m^2K/W)			
Bezeichnung	Richtung des Wärmestroms		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
$1/\alpha_i$ (R_{si})	0,1	0,13	0,17
$1/\alpha_a$ (R_{sa})	0,04	0,04	0,04
$R_{si} + R_{sa}$ (Außenbauteil)	0,14	0,17	0,21
$R_{si} + R_{sa}$ (Innenbauteil)	0,20	0,26	0,34

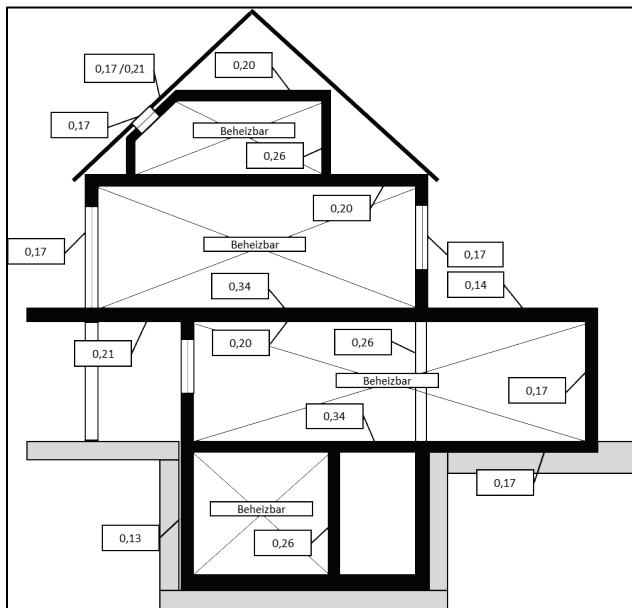


Abbildung 5-3: Rechenwerte Wärmeübergangswiderstände am Beispielhaus

R (Wärmedurchgangswiderstand): Summe der Bauteil-Wärmeübergangs- und Wärmedurchlasswiderstände.

U (Wärmedurchgangskoeffizient): Gibt den Wärmestrom (in Wh) an, der in einer Stunde (h^{-1}) durch eine Bauteilfläche von $1 m^2$ hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied der das Bauteil auf beiden Seiten umgebenden Luft $1 K$ beträgt ($U = 1/R$).

Für inhomogene Bauteile (z.B. Fenster, Dämmung zwischen Lattung) ist der U-Wert (bzw. $1/D$ für einzelne Schichten) in einer ersten Näherung für jede spezifische Kombination von Schichten zu berechnen und mit den Flächenanteilen zu gewichten. Bei deutlichem Unterschied der Wärmeleitahlen der verschiedenen Baustoffe wird der Querstrom der Wärme so groß, dass es sich um eine integrierte Wärmebrücke handelt, die instationär berechnet und berücksichtigt werden muss.

Beispiel 5-1: U-Wert eines inhomogenen Bauteils mit ähnlichen λ -Werten

10 cm MWL Dämmung ($\lambda = 0,04 \text{ W/m.K}$), Fichtenlattung ($\lambda = 0,15 \text{ W/m.K}$) mit ca. 15 % Flächenanteil.

$$1/D = 0,85 \cdot 0,04 / 0,1 + 0,15 \cdot 0,15 / 0,1 = 0,565 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$D = 1,77 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ gegenüber $2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ für eine ungestörte Dämmschicht mit Mineralwolle

$$U = 1 / (1,77 + 0,17) = 0,51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Die folgenden Tabellen fassen wichtige mittlere Kennwerte für übliche Baustoffe zusammen.

Tabelle 5-2: Baustoffkennwerte von Mauersteinen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme- kapazität c (Wh/kg K)	
MAUERSTEINE					
Vollziegel	0,6 – 0,8	1500 – 1700	10	0,26	
Hohlziegel	0,3 – 0,5	800 – 1400	7	0,26	
Porosierter Hohlziegel	0,2 – 0,25	800	5	0,26	
Hochporosierter Hohlziegel	0,11	600	8	0,26	
Klinkerziegel	1,0	1800	100	0,25	
Zwischenwandziegel	0,3	700 – 1000	5	0,26	
Blähton Hohl- und Vollsteine	Altbau	0,3	750	5 – 10	0,31
	Neubau - hohl	0,22	650	10	0,31
	Neubau - voll	0,18	800	10	0,31
Lehmziegel	Leicht	0,21	600-800	10	0,26
	Mittel	0,36	800-1200	10	0,26
	Massiv	1,00	1200-2000	10	0,26
Betonhohlsteine (Schlacke, Hüttenbims, Ziegelsplitt, Steinsplitt)	0,6	1500	10	0,31	
Schalungssteine:	Holzspanbeton	0,2	500	10	0,56
	Leichtbeton	0,3 – 0,5	700 – 1000	15	0,31
	Polystyrol – Beton	0,2	600	15	0,31
Porenbeton	< 400 kg/m ³	< 400	5	0,31	
	< 500 kg/m ³	< 500	5	0,31	
	< 600 kg/m ³	< 600	5	0,31	
	< 800 kg/m ³	< 800	5	0,31	
Kristalline Gesteine (Granit, Basalt, Marmor)	3,5	2800	100	0,26	
Sedimentgesteine (Sandstein, Muschelkalk)	1,7 – 2,3	2600	100	0,22	
Massivlehm – Formlinge	0,9 – 1,0	1700	10	0,26	

Tabelle 5-3: Baustoffkennwerte Mörtel und Beton (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung		Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme kapazität c (Wh/kg K)
MÖRTEL					
Kalk – Zementmörtel		1,0	1800	20	0,31
Gipsmörtel		0,7	1400	10	0,25
Leichtmörtel	Polystyrol/Perlite	0,2	450	5	0,26
	Leca/Perlite/Schlacke	0,4	900	5	0,26
BETON					
Kiesbeton:	Stahlbeton	2,3	2400	100	0,31
	Schütt- und Stampfbeton	1,5	2200	50	0,31
	Estrichbeton	1,4	2000	50	0,31
Ziegelsplittbeton		0,4 - 0,9	1200 – 1800	10	0,31
Hüttenbimsbeton		0,5 – 0,8	1400 – 2000	10	0,31
Leichtbeton	hoher Blähonzuschlag	0,17	< 1100	10	0,31
	geringer Blähonzuschlag	0,55	> 1100	10	0,31
Polystyrolbeton		0,2 – 0,55	600 – 1200	10	0,31

Tabelle 5-4: Baustoffkennwerte von Dämmstoffen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung		Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme kapazität c (Wh/kg K)
DÄMMSTOFFE:					
Kokosmatte		0,045	90	1	0,17
Hanffasermatte		0,04	35	1	0,44
Korkplatte		0,048	120	10	0,50
Schilfrohrplatte		0,06	70 - 200	1	0,33
Zellulosefaserflocken		0,04	55	1	0,50
Zellulosefaserplatten		0,04	50	1	0,50
Schafwolle Dämmfilz		0,04	30	1	0,50
Flachs		0,04	20	1	0,17
Strohballen und -platten		0,04 - 0,05	120	1	0,17
Mineralwolle	Dämmfilz	0,032 - 0,04	15 - 50	1	0,25
	Dämmplatte leicht	0,04	50 - 80	1	0,25
	Dämmplatte schwer	0,039	80 - 170	1	0,25
Schlackenwolle		0,06	bis ca. 200	1	0,25
Schaumglasschotter erdfeucht		0,145	300	1	0,25
Schaumglas	Leicht	0,045	120	dicht	0,25
	Schwer	0,05	160	dicht	0,31
Polystyrol – Hartschaum (EPS)	Weiß	0,04	15 – 30	30 – 70	0,35
	Grau (Graphit)	0,03	15 – 30	30 – 70	0,35
Polystyrol – extrudiert		0,035	35	150	0,35
Polyurethan (PU)		0,03	30 – 80	50 – 100	0,35
Polyethylen (PE)		0,05	30 – 50	3.000	0,35
Harnstoff – Formaldehyd (UF)		0,045	6 – 50	10	0,35
Phenol – Formaldehyd (PF)		0,045	30 – 100	50	0,35
Polyvinylchlorid (PVC)		0,045	50 – 100	200	0,35
Vakuumdämmplatte		0,010	250	dicht	n.a.

Tabelle 5-5: Baustoffkennwerte von Putzen und Tapeten (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung		Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme kapazität c (Wh/kg K)
PUTZE und TAPETEN					
Zementputz		1,40	2100	30	0,31
Kalk – Zementputz		0,90	1800	25	0,31
Kalkputz		0,80	1600	15	0,26
Gipsputz, Kalk- Gipsputz		0,70	1500	10	0,25
Gipsputz auf Rohrmatten		0,50	1000	5	0,22
Dämmputz (Perlite, Polystyrol)		0,09	250	5	0,26
		0,13	450	5	0,26
Lehmputz		0,81	1700	10	0,26
Kunststoffdünnputz		0,70	1200	150	0,31
Tapeten	Textil	0,07	300	5	0,65
	Papier	0,08	600	5	0,65
	Kunststoff auf Gewebe	0,08	350	150	0,35

Tabelle 5-6: Baustoffkennwerte von Holz und Bauplatten (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung		Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme kapazität c (Wh/kg K)
HOLZ					
Fichte, Tanne, Kiefer - längs der Faser		0,22	500	50	0,65
Fichte, Tanne, Kiefer - quer zur Faser		0,13	500	50	0,65
Eiche, Buche		0,18	750	50	0,65
BAUPLATTEN					
Asbestzementfeuerschutzplatten ¹⁾		0,21	900	50	0,24
Gipskartonplatten		0,20	900	10	0,29
Gipsbauplatten		0,4 – 0,6	1000 – 1200	10	0,22
Holzfaserplatte	weich (15 < d < 40 mm)	0,055	260	5	0,47
	weich (d > 40 mm)	0,04	160	5	0,47
	halhart	0,10	600	20	0,47
	hart	0,15	1000	30	0,47
Spanplatte		0,14	600	70	0,65
Sperrholzplatte		0,15	600	100	0,65
Lehmbauplatte		0,14	500	10	0,26
OSB (oriented structural board) Platte		0,13	600	50	0,47
Faserzementplatte	leicht	0,30	1300	50	0,30
	Schwer	0,60	1800	100	0,30
Porenverschlussplatte		0,12	500	15	0,56
Holzwolle- leichtbauplatten	Magnesit	0,14	400	5	0,50
	Zement	0,09	400	5	0,50
¹⁾ Diese Bauplatten sollten nur in jenen Fällen verwendet werden, in denen keine anderen gleichwertigen Materialien zur Verfügung stehen. Besondere Vorsicht ist bei Selbstbau (Bearbeitung vor Ort) geboten!					

Tabelle 5-7: Baustoffkennwerte von Deckenkonstruktionen und Schüttungen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung	Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme kapazität c (Wh/kg K)	
DECKENKONSTRUKTIONEN					
Ziegelhohlkörper mit Aufbeton	0,8	1200 - 1600	35	0,26	
Betonhohlkörper mit Aufbeton	0,8	1200 - 1600	50	0,31	
Porosierte Füllsteine ohne Aufbeton	0,7	900 - 1200	8	0,26	
Beton Hohldiele	schwer	1,3	1800	35	0,31
	leicht	1,0	1400	35	0,31
SCHÜTTUNGEN					
Erde	feucht	1,8	1700	2	0,22
	trocken	0,5	1800	---	---
Sand/Kies	lufttrocken	0,7 - 0,9	1800	1	0,25
	feucht (20 %)	1,4	1650	---	---
Schlacke (Kessel, Hochofen)	0,2 - 0,35	300 - 800	5	0,25	
Ziegelsplitt	0,45	1700	5	0,25	
Blähton	0,12	400	5	0,25	
Hüttenbims, Bimskies	0,15	700	5	0,25	
Bläherperlite	0,05	100	3	0,25	
Blähglimmer	0,07	100	3	0,25	
Korkschrott expandiert	0,04	40 - 100	3	0,50	
Sägemehl, Hobelspäne	0,10	200	1	0,65	
Expandiertes Polystyrol (EPS) Granulat	Zement, schwer	0,08	< 350	10	28,00
	Zement, leicht	0,06	< 125	10	0,28
	Bitumen	0,05	< 125	10	0,28

Tabelle 5-8: Baustoffkennwerte von Bodenbelägen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung	Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme kapazität c (Wh/kg K)
BODENBELÄGE:				
Zementestrich	1,4	2000	50	0,31
Anhydrid-Estrich	1,1	2000	20	0,31
Gußasphalt	0,8	2200	20.000	0,28
Fliesen und keramische Belege	1,2	2000	150	0,26
Hartholzklebeparkett	0,22	850	50	0,68
Korkplatte	0,06	300	30	0,42
Schurwolle	0,07	300	1	0,50
Nadelfilz	0,08	300	10	0,45
Textil auf Schaumunterlage	0,08	800	2	0,40
Linoleum	0,15	1000	50	0,53
Korklinoleum	0,07	700	10	0,40
PVC – auf Schaumunterlage	0,06	650	10.000	0,30
PVC	0,20	1400	10.000	0,30

Tabelle 5-9: Baustoffkennwerte von Einzelbaustoffen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Dichte ρ (kg/m ³)	Diffusions- widerstands- faktor μ (-)	Spezifische Wärme- kapazität c (Wh/kg K)	
EINZELBAUSTOFFE					
Stahl	60	7800	∞	0,14	
Kupfer	380	8900	∞	0,11	
Aluminium	200	2800	∞	0,25	
Glas	0,8	2500	10.000	0,22	
Kunststoffplatten	0,2	1500	5.000	0,30	
Dachpappe	0,2	1200	2.500	0,42	
PE – Dichtungsbahnen	0,25	1100	100.000	0,22	
PP-Filz mit PE-Film	0,35	950	100.000	0,53	
Fensterfüllungen (bei 10 °C)	Luft	0,025	1,23	1	0,28
	Argon	0,017	1,70	1	0,14
	Krypton	0,009	3,56	1	0,07

Tabelle 5-10: Wärmedurchlasswiderstände von Luftschichten (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)

Luftschichtdicke (m)	Äquivalenter Wärmedurchlasswiderstand D (m ² K/W) für Luftschichtlage		
	Vertikal	Horizontal	
	Bei Wärmefluss	Bei Wärmefluss	
	horizontal	nach oben	nach unten
0,005	0,12	0,11	0,12
0,01	0,15	0,14	0,16
0,02	0,17	0,15	0,19
0,04	0,18	0,16	0,22
0,06	0,18	0,16	0,22
0,080 – 0,200	0,18	0,16	0,23
$\geq 0,200$	0,18	0,16	0,24

Beispiel 5-2: Berechnung eines Verglasungs-U-Wertes

Berechnung des U-Wertes einer 2-Scheiben Isolierverglasung (4 mm Glas, 12 mm Scheibenabstand)

$$R = 1/\alpha_i + d/\lambda_{\text{Glas}} + D_{\text{Luft}} + d/\lambda_{\text{Glas}} + 1/\alpha_e = 0,1 + 0,004/0,8 + 0,15 + 0,004/0,8 + 0,07 = 0,33 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U\text{-Verglasung} = 3,0 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Anmerkung: Der Wert kann in der Realität etwas höher liegen, da sowohl an der Innenseite, als auch im Scheibenzwischenraum bei hohen Temperaturdifferenzen zusätzliche Konvektion auftritt. Der Abstandhalter als Wärmebrücke steigert den mittleren U-Wert eines Glaselementes zusätzlich!

5.2. Transmissionswärmeverluste und Gesamtenergiedurchlass verglaster Flächen

Tabelle 5-11 gibt U- und g-Werte zur Ermittlung von Transmissionsverlusten und Strahlungsaufnahme von verglasten Flächen, die von den für **Tabelle 3-17** gültigen Voraussetzungen abweichen.

- Die **U-Werte** von Isolierglaseinheiten gelten für metallische Randverbindungen. Durch Unterbrechung dieser Wärmebrücken in neuesten Fensterentwicklungen, ist eine Senkung um maximal $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ gegenüber den Tabellenwerten möglich.
- Die **U-Werte von Sonnenschutzgläsern** variieren beliebig und können den jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Für Neubauten mit erhöhtem Wärmeschutz wird der niedrigste U-Wert eingesetzt.
- **IR-Beschichtung:** Heute übliche Edelmetallbedampfung mit sehr geringem Emissionsvermögen (z.B. Silber; $\epsilon = 0,1$).
- **Gasfüllung:** Argon als typisches Beispiel, andere Stoffe haben ähnliche Effekte (Verringerung des konvektiven Wärmeübergangs durch höheres spezifisches Gewicht und geringere Wärmeleitfähigkeit, siehe **Tabelle 5-9**). Krypton ist aus Kostengründen (Konkurrenznutzen) kaum im Einsatz.
- **g-Werte:** In Prüfberichten ermittelt nach EN 67507, daher exakt gültig nur bei sauberen Oberflächen und senkrechtem Strahlungseinfall. Die Tabellenwerte wurden daher durch Multiplikation mit einem Faktor von 0,85 für wechselnde Einstrahlung und Verschmutzung zusammengestellt.

Tabelle 5-11: U-Werte und g-Werte von Verglasungen (Frey, 1981)

k- UND g-WERTE ÜBLICHER VERGLASUNGEN							
Verglasungsart (Glasdicke 4-6 mm)	Scheiben- abstand [mm]	Unbeschichtet			Mit IR-Beschichtung ($\epsilon = 0,1$)		
		U-Werte (W/m ² K)		g	U-Werte (W/m ² K)		g
		Luft	Argon		Luft	Argon	
Einfachverglasung (EV)	---	5,8	---	0,75	---	---	---
Doppelverglasung (DV)	>30	2,7	---	0,65	---	---	---
2-Scheibenisolierverglasung (2-IV)	8	3,3	3,1	0,65	2,4	2	0,6
	12	3,1	2,9		2	1,6	
	16	3,0	2,8		1,7	1,5	
2-Scheibenisolierverglasung (2-IV) - NEU (< 10 Jahre, zwei Scheiben beschichtet)	18	---	---	---	---	1,1	0,6
3-Scheibenisolierverglasung (3-IV - eine Scheibe beschichtet)	8+8	2,4	2,1	0,6	1,9	1,6	0,5
	10+10	2,2	2,1		1,7	1,4	
	12+12	2,1	2		1,6	1,3	
3-Scheibenisolierverglasung (2-IV) - NEU (< 10 Jahre - zwei Scheiben beschichtet)	12+12	---	---	---	---	0,7	0,5
	16+16	---	---	---	---	0,6	0,5
EV + 2-IV	28+8	2,0	1,9	0,6	1,6	1,4	0,5
	24+12	1,9	1,8		1,4	1,2	
Sonnenschutzgläser (2-IV)	12	---	---	---	1,5-3,1	---	0,35

Anmerkung: Die zusätzlichen Wärmeverluste durch den Glasrandverbund sind für die jeweils üblichen Konstruktionen berücksichtigt. Die entsprechenden Werte liegen zwischen $0,09 \text{ W/m.K}$ (Aluminium), $0,06 \text{ W/m.K}$ (Edelstahl) und $0,03 \text{ W/m.K}$ (Kunststoff-Sonderkonstruktionen).

Tabelle 5-12: U-Werte üblicher Rahmenkonstruktionen (Frey, 1981)

Rahmenkonstruktion	Ausführung	U-Wert (W/m ² K)
Hochdämmende Rahmenkonstruktionen		0,9-1,0
Holz (unterer Wert für Weichholz, oberer Wert für Hartholz)	EV 30 mm	2,3-2,7
	EV 50 mm	1,8-2,3
	IV70 mm	1,6-2,0
	DV 90 mm	1,5-1,9
	DV 110 mm	1,3-1,7
	Kastenstock	0,7-1,0
Kunststoff	Einkammer	2,5
	2-3 Kammern	1,7-2,2
	4-5 Kammern	1,3-1,5
Metall	Gedämmt	2,5-4,0
	Ungedämmt	6,0

Tabelle 5-13: U-Werte und g-Werte von Sonderverglasungen (Frey, 1981)

Verglasungsart	Dicke (mm)	U-Wert (W/m ² K)	g
Sonnenschutzgläser (2-IV)	12	1,5 - 3,1	0,35
Drahtglas	10	5,6	0,6
Profilglas, zwei Schalen	50	2,8	0,65
Glasbausteine	80	3,0	0,6
Kunststoffverglasung			
PVC - Lichtsteine	40	2,9	0,65
	60	2,4	0,55
Lichtelemente aus PVC-Schalen, Plexiglas, Stegplatten, gewellte Doppelplatten, Polyesterplatten	16	3,1	0,7
	20	2,8	0,65
	40	2,6	0,6
	60	2,3	0,55
	100	2,2	0,5
Lichtkuppeln (Acrylglas)	einschalig	5	5,2
	zweischalig, klar	40	2,9
	zweischalig opal	40	2,5
Lichtelemente aus PS-Kapillarplatten	18	2,1	0,65
	30	1,5	0,6
	48	1,0	0,45

Vorrichtungen des temporären Wärmeschutzes sollten nur in Ausnahmefällen in der Berechnung des U-Wertes von Fenstern berücksichtigt werden. **Tabelle 5-14** gibt Rechenwerte in Abhängigkeit von Konstruktion und Benutzung an und kann dazu dienen, im Beratungsgespräch die Sinnhaftigkeit zu besprechen und z.B. mit einem Fenstertausch zu vergleichen.

Beispiel 5-3: U-Wert Berechnung für ein spezifisches Fenster

U-Wert eines zwei-flügeligen beschichteten Isolierglasfensters neuer Bauart (1,2 m² Architekturlichte, 16 mm, zwei Beschichtungen, Edelstahl Glasverbund) mit durchgehenden horizontalen und vertikalen Sprossen (3 cm breit und dick, ca. 2,5 m) und einem Rahmenanteil (Holz, 70 mm) von 30 %.

Verglasungsfläche = Architekturlichte – Rahmen – Sprossen = 1,2 • 0,7 – 0,03 • 2,5 = 0,765 m² = 64 %

Länge Randverbund (Felder < 20 • 50 cm) = ca. 10 m

U (Summe U-Wert • Flächenanteil + Länge Randverbund • Kennwert Seite 80) = 0,3
 • 1,5 + 0,64 • 1,1 + 0,06 • 2,5 + 10 • 0,06 = 1,9 W/m².K

Ohne Sprossen und einflügelig hätte das Fenster einen U-Wert von:

U = 0,3 • 1,5 + 0,7 • 1,1 + 0,06 • 4,6 = 1,5 W/m².K

Anmerkung: Durch die Teilung sind auch die Fugenlänge und damit der w_f-Wert höher.

Tabelle 5-14: Effektive Wärmedurchlasswiderstände von Vorrichtungen zum temporären Wärmeschutz (Frey, 1981)

Benutzungsintensivität		D _{WS,eff} (m ² K/W)					
		Jalousie		Rolladen, Klappladen		Isolierklappladen	
Wieviele Fenster	Wann	Dicht	Undicht	Dicht	Undicht	Dicht	Undicht
Alle	Immer	0,04	0,02	0,12	0,04	0,20	0,10
	50 % der Zeit	0,02	0,01	0,06	0,02	0,10	0,05
50 % der Fenster	Immer	Nicht in der Rechnung berücksichtigt					
	50 % der Zeit						
D-Werte am Prüfstand		0,05 - 0,1		0,1 - 0,4		0,3 - 0,8	

Effektive Wärmedurchlasswiderstände von Vorrichtungen zum temporären Wärmeschutz

Die Berechnungsgrundlage bilden folgende Festlegungen:

Bei undichten Anschlüssen wurde der niedrigere Wert, bei dichten der höhere eingesetzt.

Benutzung: Immer: 50 % der Heizperiode geschlossen (jede Nacht).

Manchmal: 25 % der Heizperiode geschlossen.

Bei einigen Fenstern: Bei 50 % der Fenster.

Beispiel 5-4: Dämmwirkung eines temporären Wärmeschutzes

Alte Isolierglasfenster (U = 2,8 W/m².K)

Was bringt der Einbau von Rollläden im Vergleich mit dem Tausch gegen neue Fenster (U = 1,4 W/m².K)?

U_{mit Rollläden} = 1 / (1/2,8 + 0,12) = 2,1 W/m².K

Die Einsparung beträgt etwa 50 % jener durch ein neues Fenster, die durch geringere Fugenverluste noch deutlich gesenkt werden kann (diese wirken auch untertags!).

Bei Rollladenkästen sind Maßnahmen zur Vermeidung von Wärmebrücken und Undichtheiten erforderlich.

5.3. Wärmebrücken – Berücksichtigung in Berechnung

Wärmebrücken sind Stellen und Bereiche in der Gebäudehülle, die einen gegenüber den anliegenden Bauteilen stark erhöhten Wärmedurchgang aufweisen. Dadurch verursachen sie niedrige Oberflächentemperaturen auf der Innenseite der Bauteile der Gebäudehülle und erzeugen Querströme aus anliegenden Bauteilen, welche den mittleren Wärmedurchgang in diesem Bereich steigern.

Folgen von Wärmebrücken:

- Bauschäden durch Eindringen (Dampfdiffusion) von Feuchtigkeit.
- Schimmelbefall durch Oberflächenkondensat.
- Höhere Wärmeverluste durch den Bauteil.

Im Rahmen einer Energieberatung sollten Wärmebrücken erkannt und überschlägig bewertet werden. In der Maßnahmenplanung ist darauf Wert zu legen, dass bestehende Wärmebrücken saniert werden und keine neuen Wärmebrücken entstehen. Im Sinn der Beschreibung im vorigen Absatz birgt jede Dämmmaßnahme durch den stark reduzierten Wärmefluss durch die Dämmung die Gefahr von zusätzlichen Wärmebrücken an den Bauteilübergängen, aber auch in Befestigungssystemen (z.B. Lattung, Dübel, Verschraubungen).

Typische Wärmebrücken sind (vgl. **Abbildung 5-4**: Typische Wärmebrücken in der Gebäudehülle):

1. **Sockelanschlüsse** (geringerer Wärmeschutz von Bodenplatten und Kellerwänden): Außenwandanschluss an Sockel
2. **Deckenaufleger** (Beton, Rostziegel): Außenwandanschluss an Decken und Dach
3. **Decken- und Maueranschlüsse** und Bauteilübergänge zur Außenluft: Außenwandanschlüsse an Zwischendecken
4. **Ausragende Bauteile und Balkonplatten**: Besonders Balkonplatten sind durch Dämmmaßnahmen in der Sanierung schwer zu verbessern. Hier bieten sich Entfernung und alternativer Aufbau als sichere Variante an.
5. **Innenwandanschlüsse** zu unbeheizten Gebäudeteilen
6. **Fenster und deren Einbau**:
 - 6.1. Glasrandverbund, Sprossen, unterschiedliche U-Werte der verschiedenen Komponenten
 - 6.2. Fenstersturz, Rollladenkasten
 - 6.3. Einbausituation (Laibung und seitlicher Maueranschluss, Fensterbrett)
 - 6.4. Sonderbauteile wie Dachflächenfenster, Glasbausteine, Lichtkuppeln

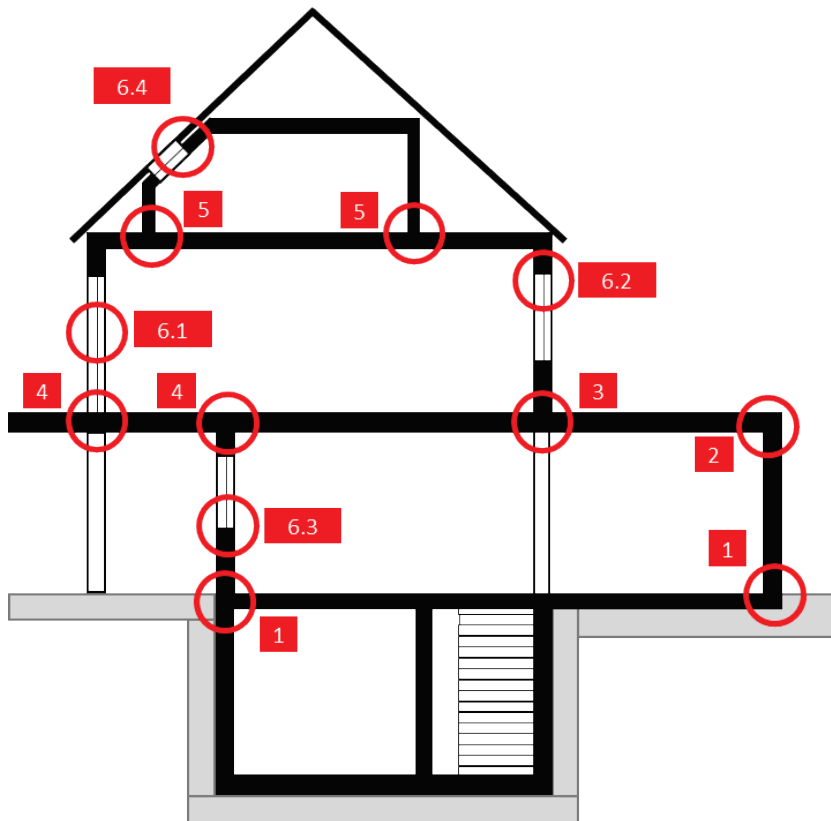


Abbildung 5-4: Typische Wärmebrücken in der Gebäudehülle

Wenn die genaue Ausbildung der Wärmebrücke nicht bekannt ist bzw. auf eine genaue Ermittlung des Korrekturkoeffizienten verzichtet wird, schlägt die ÖNORM B8110 überschlägige Rechenwerte vor, die sich im oberen Bereich des möglichen Einflusses befinden. Die Wärmebrücken mit dem stärksten Einfluss sind in

Tabelle 5-15 zusammengefasst.

Tabelle 5-15: Korrekturkoeffizienten für typische Wärmebrücken (ÖNORM_B8110, 2007)

Wichtigste Bauteilübergänge mit Wärmebrücken		Korrekturkoeffizient γ (W/m.K)
Attika, oberste Decke		0,60
Kellersockel, unterste Decke		0,30
Zwischendecke		0,50
Balkonplatte		0,70
Fenster	Sturz	0,40
	Laibung	0,30
	Brüstung	0,25
Zuschlag für Bauteilheizung		0,07

Berechnung der zusätzlichen Wärmeverluste durch Wärmebrücken:

Wärmebrücken verursachen Wärmeverluste, die mit der U-Wert Berechnung nicht berücksichtigt werden. Bei wärmebrückenfreier Konstruktion (lt. Definition Passivhaus Institut) kann der Heizwärmebedarf in Neubauten gegenüber heute noch üblichen, nicht Wärmebrücken optimierten Konstruktionen um etwa (12 kWh/m²BGF.Jahr) reduziert werden. Dies entspricht einer Verbesserung des mittleren U-Wertes der Gebäudehülle um etwa 0,09 W/(m²K)²³. (Feist, 1999)

Bauordnung: „Gebäude und Änderungen an solchen sind so zu planen und auszuführen, dass Wärmebrücken möglichst minimiert werden. Im Falle zweidimensionaler Wärmebrücken ist bei Neubau und größerer Renovierung die ÖNORM B 8110-2 einzuhalten.“ (OIB Richtlinie 6, 2015)

Wichtig für die Energieberatung: In der Beurteilung alter Gebäude im Rahmen der Energieberatung ist allerdings zu bedenken, dass alle Verluste auf die Bruttofläche der beheizbaren Gebäudeteile, also auf die Außenmaße der umhüllenden Bauteile bezogen werden. An allen Gebäudeecken (vertikal und horizontal) ergeben sich somit „negative“ Wärmebrücken (geringerer Wärmefluss durch die inneren Bauteiloberflächen im Vergleich zum Abfluss an der Außenseite). Weist das Gebäude keine offensichtlich übermäßigen Schwachstellen auf (auskragende Betonteile, problematischer Fenstereinbau), gleichen sich positive und negative Wärmebrücken rechnerisch aus und müssen in einer überschlägigen Rechnung nicht berücksichtigt werden.

Auch in Energieausweisen wird die Wärmebrückenwirkung oft nur mit einem pauschalen Zuschlag eingerechnet. Meist sind Fensteranschlüsse dabei die wesentlichste Wärmebrücke.

Das folgende Beispiel (auskragende Balkonplatte) wurde aus einem Wärmebrückenkatalog ((BFE, 2004)²⁴) übernommen und in **Tabelle 5-16** berechnet (ψ = Wärmebrückenverlustkoeffizient).

Durchbetoniert		1.1-A1	
U-Wert Wand in W/(m ² · K)	Mauerwerk		ψ-Wert in W/(m · K)
	Backstein	Stahlbeton	
0.15	0.69	0.84	
0.20	0.75	0.92	
0.25	0.78	0.97	
0.30	0.80	1.01	
0.35	0.81	1.04	
0.40	0.81	1.05	
Einschränkungen		Zuschläge	
Deckendicke	20 cm	Deckendicke 18 cm	- 0.05 W/(m · K)
Bodenheizung	keine	Deckendicke 22 cm	+ 0.05 W/(m · K)
Deckendämmeinlage	keine	Deckendicke 24 cm	+ 0.09 W/(m · K)
		Bodenheizung	+ 0.07 W/(m · K)
		Deckendämmeinlage (2 x 50 cm)	- 0.06 W/(m · K)

Abbildung 5-5: Bauteil-Detail aus einem Wärmebrückenkatalog (BFE, 2004)

Für die Berechnung und die Abschätzung des Einflusses der Wärmebrücke bieten sich drei Kennwerte an: der zusätzliche jährliche Wärmeverlust in kWh bzw. die äquivalente zusätzliche Bauteilfläche in m² (in diesem Fall die Außenwand) oder, bei Kenntnis der Gesamtfläche des Bauteils, ein U-Wert-Zuschlag in W/m².K.

²³ klimaaktiv Gebäudedeklarationsplattform (www.baubook.at)

²⁴ siehe www.bbl.admin.ch/bundespublikationen

Tabelle 5-16: Beispiel der Berechnung des zusätzlichen Wärmeverlustes einer Balkonplatte

Eingabeparameter	Werte	Hinweise
L: Länge der Balkonplatte (m)	4,0	~
A: Fläche der zugehörigen Wand (m ²)	15,0	Dieser Wert kann mit oder ohne verglaste Flächen angegeben, der Zuschlag dann aber entsprechend interpretiert werden
U-Wert der Wand (W/m ² .K)	0,40	je geringer der U-Wert, desto höher ist der Anteil der Wärmebrücke am Wärmeverlust des Bauteils
Ψ-Wert (W/m)	0,80	Aus Tabelle, Berechnung oder Wärmebrückenkatalog
Zuschlag für Bodenheizung	0,07	
U-Wert-Zuschlag für den Bauteil durch die Wärmebrücke (W/m ² .K)	0,23	$\Delta U [W/m^2K] = L [m] * \Psi [W/mK] / A [m^2]$
Wärmeverlust entspricht Wandfläche aus U-Wertberechnung	8,7	$[m^2] = L [m] * \Psi [W/mK] / U [W/m^2K]$
HGT	3.600	Heizgradtage Standort
Wärmeverlust (kWh/a)	301	$Q_{WBR} = L * \Psi * HGT / 0,024 [kWh/Jahr]$

Tabelle 5-17: Beispiel einer Wärmebrückenberechnung für ein Gebäude

Detailpunkt / Wärmebrücke	Ψ	Länge	Temperaturkorrekturfaktor	Korrekturfaktor Flächenheizung	Leitwertzuschlag
	[W/(mK)]	[m]	[-]	[-]	[W/K]
Außenwand / Bodenplatte	0,074	39,2	0,7	1	2,0
Geschossdecke	0,049	35,2	1	1	1,7
Traufe Pfettendach	-0,010	12,8	1	1	-0,1
Ortgang	0,036	13,8	1	1	0,5
Fensteranschlag	0,112	87,8	1	1	9,8
Fensterbrüstung	0,149	35,5	1	1	5,3
Fenstersturz	0,192	35,5	1	1	6,8
Außenwanddecke	-0,239	23	1	1	-5,5
Leitwertzuschlag gesamt					20,6
Fläche der wärmeabgebenden Gebäudehülle [m ²]					350
U-Wert Zuschlag ΔU_{WB} [W/m²K] = Leitwertzuschlag [W/K] / Fläche [m²]					0,06

U-Wert Zuschlag: Günstig zu bewerten ist, wenn der durch Wärmebrücken bedingte U-Wert-Zuschlag auf $\Delta U_{WB} = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ beschränkt werden kann (Mindestanforderung klimaaktiv Sanierung).

5.4. Wärmebrücken – Beurteilung der Gefahr von Feuchteschäden

Durch den stärkeren Wärmefluss und die niedrigeren Oberflächentemperaturen erzeugen Wärmebrücken eine konvektive Luftströmung an diese Stellen und Abkühlung und Kondensation der Raumluft unter bestimmten Bedingungen. Diese Umstände sind die Hauptursachen des Auftretens von Pilzbefall (Schimmelbildung), da die Zusatzbedingung vorhandener Nährstoffe in bewohnten Räumen grundsätzlich immer gegeben ist. Keimung und Wachstum von Schimmelpilzsporen können bereits auftreten, wenn die relative Feuchte in der Grenzschicht zur Bauteiloberfläche größer als 80 % ist.

Bei Standardbedingungen (Raumluftfeuchte 50%, Raumlufttemperatur 20°C, Außenlufttemperatur – 5 °C) können relative Feuchten von 80 % an der Bauteiloberfläche auftreten, wenn die minimale Oberflächentemperatur kleiner als 12,5 °C beträgt [AKKP 24]. Diese Werte erreichen nicht nur typische Wärmebrücken sondern auch ungedämmte Bauteile.

Der Nachweis kann entweder durch entsprechende Werte aus Wärmebrückenkatalogen oder detaillierte Wärmebrückenberechnungen nach ÖNORM EN ISO 10211-1 bzw. 2 erfolgen. **Tabelle 5-18** und **Tabelle 5-19** geben einen ersten Überblick über mögliche Mindesttemperaturen (bei -10 °C Außentemperatur) an typischen Problemstellen sowie Kondensationsbereiche in Abhängigkeit des U-Wertes der Außenwand.

Tabelle 5-18: Kondensationsbereiche an Außenbauteilen für verschiedene U-Werte bei $T_A = -10\text{ °C}$ (Frey, 1981)

Lufttemperatur (°C)	Taupunkttemperatur (°C) bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12	14	15,9	17,5	19	20,4	21,7	23	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15	16,6	18,1	19,5	20,8	22	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	2,8	5	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6	7,7	9,3	10,7	12	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,5	-2,6	-1	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

Grenzkurven der Oberflächenkondensation für verschiedene Bauteil-U-Werte ($W/m^2.K$)

▲ 3,0 ▲ 2,5 ▲ 2,0 ▲ 1,5 ▲ 1,0 ▲ 0,5

Beispiel 5-5: Abschätzung der Kondensationsgefahr an einem Bauteil

Die Außenwand des Gebäudes besteht aus 30 cm Vollziegel. Wie hoch ist die Kondensationsgefahr?

U-Wert (Tabelle 3-11): $1,7 W/m^2.K$

Kondensationsbedingungen (Tabelle 5-18): ca. 70 % relative Luftfeuchte bei 20 °C Innentemperatur, 65 % bei 22 °C .

Diskussion: In Küche und Bad können diese Bedingungen leicht auftreten. In Wandbereichen mit geringer Konvektion kann der innere Wärmeübergangswiderstand deutlich höher, die Oberflächentemperatur und somit auch die Grenzfeuchte dadurch niedriger sein.

Wichtig: Schimmelwachstum ist nicht an das Vorliegen von flüssigem Wasser (z.B. Tauwasser) gebunden. Es genügt bereits das Vorliegen eines ausreichenden Maßes an kapillar gebundenem Wasser. Dies kann schon der

Fall sein, wenn die relative Luftfeuchte in der Nähe einer Oberfläche über eine längere Zeit mehr als 80% beträgt (IBO, 2011). Je niedriger die Oberflächentemperatur von Bauteilen ist, desto höher ist die relative Feuchte in der Grenzschicht zum Bauteil. Aus diesem Grunde müssen Konstruktionen so ausgeführt werden, dass bei üblichen Raumlufffeuchten und -temperaturen auch im Grenzbereich zum Bauteil relative Feuchten von über 80% nicht dauerhaft auftreten.

An metallischen Fensterrahmen, Fensterscheiben und dem Glasrandverbund von Isoliergläsern können besonders niedrige Temperaturen auftreten (**Tabelle 5-19**). Diese Stellen sind somit erste Kontrollbereiche für die Raumlufffeuchte im Rahmen einer Objektbesichtigung bei Minustemperaturen im Winter. Kondensation an diesen Stellen zeigt an, wie hoch etwa die relative Luftfeuchtigkeit im Raum ist. Während an einer Isolierglasscheibe in der ungestörten Mitte Kondensation bei ca. 55 % auftreten würde, geschieht das am Randverbund schon bei ca. 40 %.

Die **Grenzfeuchtigkeit** ist jener Wert der relativen Feuchtigkeit der Raumluff, bei dessen Überschreitung Kondensatbildung an einer Oberfläche bestimmter Temperatur auftritt. Sie ist der Quotient aus dem zur Oberflächentemperatur gehörigen und dem der Raumlufftemperatur entsprechenden Sättigungsdampfdruck.

Tabelle 5-19: Oberflächentemperaturen und Grenzfeuchte an Wärmebrücken bei $T_e = -10\text{ °C}$ (Frey, 1981)

Konstruktionsdetail	Maßnahme	T_{min} (°C)	Grenzfeuchte (%)	
1. Sockelanschluß (Kellermauer = Schüttbeton)	keine mit Außendämmung (auch das Kellermauerwerk)	14	68	
		16	78	
2. Deckenaufleger, mit Rostziegel	keine oben unten mit Außendämmung	16	76	
		13	64	
		18	88	
3. Dachanschluß (Flachdach oder Steildach)	keine mit Außendämmung und Einfassung	12	60	
		16	78	
4. Balkonplatten	keine	oben	73	
		unten	56	
	mit Außendämmung und Einfassung der Platte mit Außendämmung und thermischer Entkopplung	16	78	
		17	83	
5. Wandkanten vertikal	keine mit Außendämmung	13	64	
		16	78	
6. Innenwandanschlüsse	keine mit Außendämmung	17	83	
		18	88	
7. Fenster	Fensterart	T_{min} (°C)	Grenzfeuchte (%)	
7.1 Seitlicher Maueranschluß	2IV ohne Anschlag	12	60	
	2IV mit Anschlag	12,5	62	
	Kastenstock	17	83	
7.2 Sturz, Brüstung, Rolladenkasten	2IV ohne Anschlag	10	53	
	2IV mit Anschlag	10,5	55	
	2IV gedämmt	16,5	80	
7.3 Glasanschluß	Holz Isolierglas	2IV	5,5	39
		2IV randentkoppelt	11,5	58
		2IVIR, 3IV	6,5	41
	Verbund Kastenstock	2-fach	11	56
		3-fach	11,5	58
			12,5	61
	Holz / Aluminium	2IV	4	35
		2IVIR	5	37
		3IV	6	40

Genauere Werte und Berechnungen für verschiedene Konstruktionen, Einbauvarianten sowie Veränderungen durch Verbesserungsmaßnahmen finden sich in Wärmebrückenkatalogen, die oft im Internet frei zugänglich sind oder bei Herstellern energiesparender Komponenten.²⁵

5.5. Fugenverluste der Fenster und Türen

Undichte Stellen in der Gebäudehülle führen zu Wärmeverlusten (im Sommer zu unerwünschter Erwärmung) durch direkten Stofftransport über entweichende Raumluft und nachströmende Außenluft. Die treibende Kraft ist der Druckunterschied zwischen Innen- und Außenluft, der durch Luftbewegung („Windverhältnisse“) oder/und Temperaturdifferenz hervorgerufen wird. Diese Verluste entstehen unabhängig vom Lüftungsverhalten.

Der Wärmeverlust durch Fugen an Fenstern und Türen kann in erster Näherung über einen Luftdurchlasskoeffizienten „a“ abgeschätzt werden. Dieser Näherung liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

- Zugverhältnisse: Persönliche Begutachtung und Mitteilung der Bewohner und Bewohnerinnen. Wichtig ist dabei die Unterscheidung zu Fallluft an kalten Scheiben. Die Abfrage des Zuges sollte sich auf 0 °C Außentemperatur und Windstille beziehen.
- Passung und Dichtung: Begutachtung im Rahmen der Begehung. Ein „deutlicher“ Zug tritt sicher dort auf, wo sich ein Blatt Papier ohne Widerstand durch die Fuge ziehen lässt.

Tabelle 5-20: Abschätzung der Luftdurchlässigkeit von Fugen (Frey, 1981)

Zug	Durchschnittlicher Zustand der Anschlüsse		Luftdurchlässigkeit
	Passung	Dichtung	
Nicht wahrnehmbar	Gut	Vorhanden	Sehr gering
Kaum wahrnehmbar	Gut	Keine	Gering
	Mäßig	Vorhanden	
Gering	Mäßig	Keine	Mäßig
Deutlich	Schlecht	Keine	Hoch

- Luftdurchlässigkeit:
 - „Sehr gering“: Neue und dichte Fenster.
 - „Gering“: Ältere Fenster mit Dichtung, Kastenfenster.
 - „Mäßig“: Keine Dichtung bzw. spürbarer Luftzug bei 0 °C Außentemperatur und Windstille.
 - „Hoch“: Deutlicher Zug und deutliche Schwächen der Passung. Diese Fugen müssen bereits aus Komfortgründen gedichtet werden.
- Windgeschwindigkeiten:
 - „Windschwach / Geschützt“: 2 m/s
 - „Windschwach / Frei“ und „Windstark / Geschützt“: 4 m/s
 - „Windstark / Frei“: 6 m/s
- Windstark sind Kammlagen sowie freie Lagen im Donautal und im östlichen Flachland.

²⁵ Wärmebrückenkatalog Fenstereinbau, klimaaktiv, http://www.klimaaktiv.at/tools/bauen_sanieren/waermebruecken.html

Wärmebrücken, Bundesamt für Energie BFE, 2002 www.bbl.admin.ch/bundespublikationen

Holzforschung Austria, <http://dataholz.com/>

- Schraffierte Flächen: Praktisch alle Wohnobjekte in Österreich liegen in diesen Windzonen.
- Enthalpiedifferenz der Luft: Im Winterhalbjahr beträgt diese in Österreich bei ca. 50 % relative Luftfeuchtigkeit im Wohnraum zwischen 0,40 und 0,45 Wh/m³.K.
- Die Flächenwerte entsprechen der Architekturlichte (und ermöglichen so den Einsatz als „Äquivalente U-Werte“) und einer mittleren Fugenlänge von 4 m/m². Stark geteilte Fenster können deutlich höhere, großflächige Fenster deutlich geringere w_F-Werte aufweisen.
- Die Anwendung auf andere Gebäudefugen (z.B. in ausgebauten Dachgeschoßen) kann mit den Spalten „mäßig“ und „hoch“ versucht werden.
- Da bei Normaußentemperatur nur minimal gelüftet wird, ist der w_F-Wert die genaueste Abschätzung des Anteils der Lüftung an der Heizlast.

Tabelle 5-21: Abschätzung des Wärmeverlustkoeffizienten (w_F) von Fenstern und Türen (Frey, 1981) (Kuchar, 60 Minuten Energieberatung, 2012)

Gebäudetyp	Windverhältnisse	Lage	w _F -Werte (W/m ² .K)				
			Luftdurchlässigkeit				
			Dicht	Sehr gering	Gering	Mäßig	Hoch
Freistehendes Ein- oder Zweifamilienhaus	Windschwach	Geschützt	0,2	0,4	0,7	1,4	2,8
	Windschwach	Frei	0,3	0,9	1,7	3,4	6,8
	Windstark	Geschützt					
	Windstark	Frei	0,5	1,4	2,8	5,6	11,2
Reihenhaus, Mehrfamilienhaus	Windschwach	Geschützt	0,1	0,3	0,5	1,0	2,0
	Windschwach	Frei	0,2	0,6	1,2	2,4	4,8
	Windstark	Geschützt					
	Windstark	Frei	0,3	1,0	2,0	4,0	8,0
Luftdurchlasskoeffizient (m ³ / h.m.Pa ^{2/3})		a =	0,04	0,1	0,2	0,4	0,8

Beispiel 5-6: Umrechnung des w_F-Wertes in einen mittleren Luftwechsel

Ein Einfamilienhaus (HGT 20/12 = 3500 Kd; T_{ne} = -12 °C) in windschwacher aber freier Lage, mit Fenster- und Türflächen im Ausmaß von 20 % der Wohnfläche (insgesamt 130 m²) und einer „geringen“ mittleren Luftdurchlässigkeit hat den folgenden Anteil der Fugenverluste an Heizlast und jährlichen Wärmeverlusten.

Verlustleistung bei T_{ne} = 1,7 • 26 • 32 / 1000 = 1,4 kW

Jährlicher Fugenverlust: 1,7 • 26 • 3500 • 0,024 = 3.710 kWh

Dieser Fugenverlust entspricht unter typischen Bedingungen (2,5 m Raumhöhe, 0,33 Wh/m³.K Wärmeinhalt der Luft) etwa einem mittleren Luftwechsel von:

$$n_L = 1,7 \cdot 26 / (130 \cdot 2,5 \cdot 0,33) = 0,41 \text{ h}^{-1}$$

Das bedeutet in jedem Fall, dass durch Dichtung der Fugen Energie gespart werden kann, allerdings nur in einem Ausmaß, welches in der Summe von Fugen- und Bedarfslüftung nicht zu einem Unterschreiten eines hygienisch notwendigen Luftwechsels führt (siehe Benutzungsdaten).

5.6. Verluste durch Undichtheit der opaken Gebäudehülle

Kaum beurteilbar sind Undichtheiten an anderen Bauteilen. Warme Luft aus dem Innenraum kann in der Konstruktion kondensieren und schwere Schäden verursachen. Nach Dämmmaßnahmen können sich die Verhältnisse derart ändern, dass Undichtheiten, die früher keine Feuchteprobleme bereitet haben, plötzlich relevant werden. Die Luftdichte der Gebäudehülle kann im Allgemeinen nur durch eine Luftdichtheitsmessung, gemeinsam mit den Fenster- und Türenfugen, ermittelt werden.

An den folgenden Stellen kommt es häufig zu Undichtheiten, besonders dann, wenn verschiedene Baumaterialien (z.B. Durchdringung durch Holzbalken) und Bauweisen (z.B. Leichtbau und Massivbau) aufeinandertreffen.

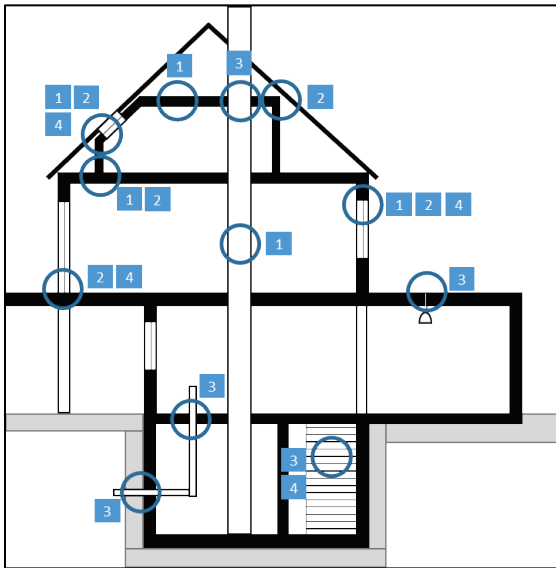


Abbildung 5-6: Übliche Stellen mit Undichtheiten in der Gebäudehülle²⁶

Die Ursachen für Undichtheiten in Gebäudehülle, auch zu unbeheizten Gebäudeteilen, sind vielfältig. Je nach der räumlichen Zuordnung können häufig folgende Schwachstellen vorgefunden werden:

- **Bauteilflächen (1)**
Verklebungen von Stößen und Überlappungen der Luftdichtheitsschichten (z.B. Folien, Plattenwerkstoffe), unverputzte Mauerwerksflächen (z.B. hinter Vorwandinstallationen, in Höhe des Fußbodenaufbaus).
- **Übergänge zwischen Bauteilen bzw. Bauteilanschlüssen (2)**
Innen-Außenwandanschlüsse bei Holzkonstruktionen, Einbindungen von Holzbalken-decken in Außenwände, Fußboden-Wandanschlüsse, Anbindungen von Dampfbremsen (hier zugleich Luftdichtheitsschicht) an Massivbauteile und Holzkonstruktionen, Anschlüsse von Fenster, Fensterbänken, Rollladenkästen und Türen.
- **Durchdringungen (3)**
sanitäre Rohrleitungen, Kamine, Elektroleitungen, Steckdosen, Schalter, Einbauleuchten, Sparren bei Sichtdachstühlen, Installationsschächte.
- **Funktionsfugen (4)**
Schließfugen/Beschläge an Fenstern und Türen, Dachbodentreppe.

Wie hoch sind die Lüftungswärmeverluste durch Undichtheiten?

Die Ermittlung der Infiltrationsluftwechselrate n_x gemäß ÖNORM B 8110-6 beinhaltet alle Verlustquellen in der Gebäudehülle und kann wie folgt aus den Messwerten bei 50 Pa Differenzdruck abgeleitet werden (gilt genau für windschwache, geschützte Lagen):

Für n_{50} -Werte $\geq 1,5 \text{ h}^{-1}$ gilt: $n_x = 0,11 \cdot n_{50} \text{ in } \text{h}^{-1}$

Für n_{50} -Werte $\geq 0,6$ und $\leq 1,5$ gilt: $n_x = 0,07 \cdot n_{50} \text{ in } \text{h}^{-1}$

²⁶ Quelle: <http://www.luftdicht.info/>

Für n_{50} -Werte $< 0,6 \text{ h}^{-1}$ gilt: $n_x = 0,04 \text{ h}^{-1}$

Beispiel 5-7: Abschätzung des Infiltrationsluftwechsels

Bei einer Messung wurde der n_{50} mit $1,8 \text{ h}^{-1}$ ermittelt.

$$n_x = 0,11 \cdot 1,8 = 0,2 \text{ h}^{-1}$$

Für ein Gebäude mit 300 m^3 Nettovolumen (120 m^2 WNF), mittlere Außenlufttemperatur in der Heizperiode 2°C , 250 Heizztage, beträgt dieser Energieverlust:

$$300 \text{ m}^3 \cdot 0,2 \text{ h}^{-1} \cdot (250 \text{ d} \cdot 24 \text{ h/d}) \cdot 0,34 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot 18 \text{ K} / 1000 = 2.200 \text{ kWh/Jahr}$$

Bei luftdichter Ausführung ($n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$) wäre der Wärmeverlust:

$$300 \text{ m}^3 \cdot 0,024 \text{ h}^{-1} \cdot (250 \text{ d} \cdot 24 \text{ h/d}) \cdot 0,34 \text{ Wh/m}^3\text{K} \cdot 18 \text{ K} / 1000 = 265 \text{ kWh/Jahr}$$

Der zusätzliche Heizwärmebedarf beträgt ca. $(2.200 - 265) / 120 = \text{ca. } 16 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$ (und liegt damit im Bereich des Heizwärmebedarfs eines Passivhauses).

Bei in schlecht gedichteten Leichtbauten (Typisch: Fertigteile- und Selbstbauhäuser zwischen 1980 und 1990) sind Werte von $n_{50} > 3,0 \text{ h}^{-1}$ durchaus üblich. Der zusätzliche HWB liegt dann bei fast $30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$!

Wichtig für die Energieberatung: Viele Menschen verwechseln „luftdicht“ mit „dampfdicht“ und damit mit fehlender Feuchteregulation und ungesundem Innenraumklima. Ein Gebäude kann sehr luftdicht ausgeführt sein, aber dennoch nur einen geringen Widerstand bei der Dampfdiffusion aufweisen. Luftdichtheit ist ein Qualitätsmerkmal für hochwertige und energieeffiziente Gebäude und sollte auch bei Sanierung bestmöglich sichergestellt werden.

5.7. Gebäudeleitwert- bzw. Heizlastberechnung

Die Abschätzung der spezifischen Heizlast (**Seite 53**) erfolgt unter Annahme einer Reihe von Vereinfachungen: typische Gebäudegeometrie, mittlere Fensterflächen und –orientierung, keine besonderen Abweichungen von üblichen Gebäudeformen und Raumanordnungen. Für die Beurteilung der Dimensionierung der Heizanlage ist das in den allermeisten Fällen ausreichend.

Für die genaue Ermittlung des Heizwärmebedarfs ersetzt der Gebäudeleitwert (Transmissions- + Lüftungsleitwert) die spezifische Heizlast. Er beschreibt den Quotienten aus Wärmestrom und Temperaturdifferenz (Wärmestrom pro K) zwischen dem Inneren der Gebäudehülle und außen, und somit auch den Leistungsbedarf in W/K, der zum Ausgleich der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste nötig ist. Der Leitwert gibt genaue Auskunft über die thermische Qualität eines Gebäudes.

Formel 5-1: Spezifische Heizlast und Gebäudeleitwert

$$\text{Stündlicher Wärmeverlust pro K} = \text{Gebäudeleitwert} = L_T + L_V = L_e + L_u + L_g + L_\psi + L_V$$

L_T : Transmissionsleitwert (W/K)

L_e : Thermischer Leitwert zu Außenluft (W/K)

L_u : Thermischer Leitwert zu unbeheizten Räumen (W/K)

L_g : Thermischer Leitwert zu Erdboden (W/K)

L_{ψ} : Leitwertzuschlag für (zweidimensionale) Wärmebrücken (W/K)²⁷

L_v : Lüftungsleitwert (W/K)

Zur Ermittlung der Leitwerte zu unbeheizten Räumen und zum Boden werden Korrekturfaktoren eingesetzt, durch welche die Abweichungen der durchschnittlichen Temperaturen an der Außenseite dieser Bauteile im Vergleich zur Außentemperatur berücksichtigt werden. Da diese Temperaturen meist nicht tatsächlich im Verhältnis zur Außentemperatur schwanken, sind diese Faktoren als grobe Näherung zu begreifen. Es wird davon ausgegangen, dass diese „Pufferräume“ (als solcher kann auch der Boden gelten), indirekt auch von der Außentemperatur abhängen und somit eine proportionale Abkühlung hin zur Normaußentemperatur erfolgt.

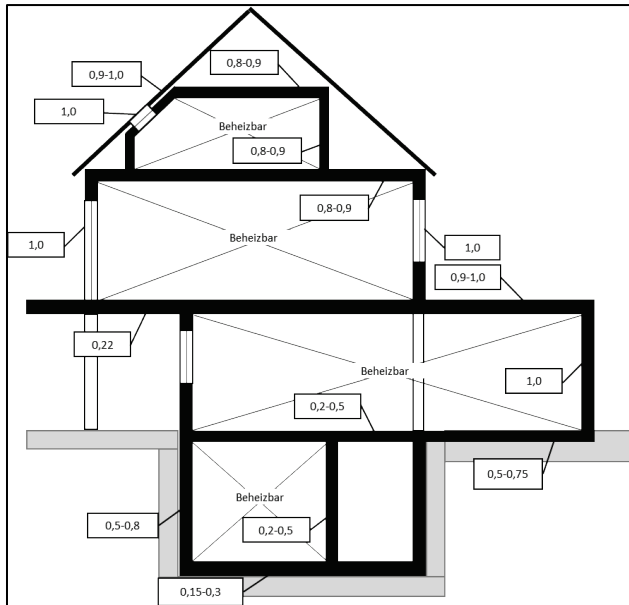


Abbildung 5-7: Temperaturkorrekturen für die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle (ÖNORM_B8110, 2007)

Tabelle 5-22 berücksichtigt einige Umstände, die zu abweichenden Temperaturdifferenzen führen, wie z.B. Wärmeeinträge durch eine Heizanlage (ein Heizraum hat meistens mindestens Raumtemperatur), durch Sonneneinstrahlung im Wintergarten oder auch aus dem beheizten Bereich im Fall sehr hoher U-Werte der trennenden Bauteile. Genauere Berechnungen sind dann möglich, wenn die Temperaturen in den entsprechenden Räumen bekannt sind.

Formel 5-2: Ermittlung des Temperaturkorrekturfaktors bei bekannter Pufferraumtemperatur

$$\text{Korrekturfaktor } (f) = \frac{20 - T_{\text{Puffer}}}{20 - T_e}$$

T_e = Außentemperatur zum Messzeitpunkt (°C)

T_{Puffer} = Pufferraumtemperatur bei T_e (°C)

²⁷ Der Zuschlag für dreidimensionale Wärmebrücken wird im Wärmebrückenzuschlag berücksichtigt

Beispiel 5-8: Ermittlung des Korrekturfaktors für einen Pufferraum

Für ein noch nicht genutztes aber gut gegen Außenluft dichtes und gedämmtes Dachgeschoß soll der Korrekturfaktor für die Wärmeverluste durch die Decke ermittelt werden. Bei -5°C Außentemperatur werden $+5^{\circ}\text{C}$ gemessen.

$$f = (20 - 5) / (20 - (-5)) = 15 / 25 = 0,6$$

Diskussion: Dieser Wert liegt unter dem für Dachräume vorgeschlagenen Wert (0,8), aber so hoch, dass die Decke als Außenbauteil der beheizten Räume berücksichtigt werden muss. Mit dieser Abschätzung kann z.B. eine Abweichung im Datenabgleich zwischen Verbrauch und Bedarf ausgeglichen werden.

Tabelle 5-22: Korrekturfaktoren für Temperaturdifferenzen zu unbeheizten Gebäudeteilen (Frey, 1981)

Bauteil	f (Korrekturfaktor)			
	k _m -Wert des Bauteiles (W/m ² K)			
	Unter 0,6	0,6 bis 1,3	1,4 bis 2,0	über 2,0
Alle Bauteile zur Außenluft	1,0			
Fußboden zum Erdbreich > 1,5 m unter Erdboden	0,30	0,20	0,15 ¹⁾	0,10
0,5 ÷ 1,5 m unter Erdboden	0,50	0,35	0,25	0,30
0,5 unter bis 0,5 m über Erdboden	0,75	0,45	0,35	0,30
> 0,5 m über Erdboden	0,90	0,60	0,45	0,40
Wände zum Erdbreich Höhe über 1,5 m	0,70	0,55	0,50 ¹⁾	0,40
Höhe 0,5 ÷ 1,5 m	0,80	0,65	0,60	0,50
Wand zu unbeheiztem Wintergarten mit: Einfachverglasung (U > 3 W/m ² K)	0,90	0,80 ¹⁾	0,70	0,60
Isolierverglasung (U = ca. 2,5 W/m ² K)	0,80	0,70 ¹⁾	0,60	0,50
Wärmeschutzverglasung (U < 1,6 W/m ² K)	0,70	0,60 ¹⁾	0,50	0,40
Bauteile zum nichtbeheizbaren Dachraum oder vorgebautem Stiegenhaus	0,90	0,80 ¹⁾	0,70	0,60
Bauteile zu nicht beheizbarem Keller	0,30	0,25	0,20	0,15
Wärmeerzeuger mit hoher Abstrahlung				
Wärmeerzeuger mit geringer Abstrahlung oder keine Zentralheizung	0,50 ¹⁾	0,45	0,40	0,35
Bauteile zu nicht beheizten Nebenräumen und eingebauten Stiegenhäusern	0,30			
Bauteile zu fremdbeheizten Nebenräumen	0,15			
Bauteile zu Tiefgarage: geschlossen	0,80			
offen	0,90			
Bauteile zu großen außenliegenden Pufferräumen	0,70			
Decke zu hinterlüftetem Flachdach	0,90			
Bauteile zum Heizraum	Kein Wärmeverlust			

¹⁾ Werte laut ÖNORM B8110

5.8. Baukörper - Wärmegewinne

5.8.1. Wärmegewinne über verglaste Flächen

Tabelle 5-23: Korrekturfaktor zur Ermittlung der Globalstrahlung für verschiedene Heizperiodenlängen (Frey, 1981)

Seehöhe (m)	Länge der Heizperiode (d)										
	330 1.8.–30.6.	300 15.8.–15.6.	270 1.9.–31.5.	240 15.9.–15.5.	210 1.10.–30.4.	180 5.10.–15.4.	150 1.11.–31.5.	120 5.11.–15.3.	90 1.12.–28.2.	60 15.12.–15.2.	30 1.1.–31.1.
100 – 350	0,85	0,71	0,58	0,45	0,35	0,26	0,19	0,13	0,09	0,06	0,03
350 – 750	0,86	0,72	0,6	0,48	0,38	0,29	0,21	0,15	0,10	0,06	0,03
750 – 1250	0,86	0,73	0,61	0,49	0,39	0,30	0,22	0,16	0,11	0,07	0,03
1250 – 1750	0,86	0,73	0,61	0,50	0,40	0,31	0,24	0,18	0,12	0,08	0,04

Tabelle 5-23 gibt Umrechnungsfaktoren für verschiedene Heizperiodenlängen und Seehöhen zur Ermittlung der Globalstrahlung-Heizperiode aus der Globalstrahlung-Jahr an. Die Tabelle dient der Ermittlung der Fremdwärmegewinne. Die monatlichen Anteile der Globalstrahlung wurden durch Durchschnittsbildung von jeweils 10 Orten der jeweiligen Seehöhe ermittelt.

Tabelle 5-24 und **Tabelle 5-25** geben R-Werte (Multiplikatoren / Lagefaktoren) zur Umrechnung der Globalstrahlung auf die jeweilige Orientierung und Neigung verglaster Flächen für verschiedene Längen von Heizperioden an. Sie können somit direkt mit der jeweiligen Globalstrahlung auf horizontale Flächen multipliziert werden.

Neigung: Der Bezeichnung „Senkrecht“ wurden die R-Werte von genau senkrechten Flächen zugeordnet (90°), der Bezeichnung „Geneigt“ die Werte für eine Neigung von 40°, da sich die meisten Dachneigungen zwischen 30° und 50° bewegen. Für die Bezeichnung „Flach“ gilt R = 1,0 für alle Orientierungen.

Die monatlichen R-Werte für alle angeführten Orientierungen und Neigungen wurden den auch für den Energieausweis gültigen Regelwerken (ÖNORM_B8110, 2007) entnommen. Den dort unterschiedenen Seehöhen von 200, 500, 1000 und 1500 m wurden die Bereiche 100 – 350 m, 350 – 750 m, 750 – 1250 m und 1250 – 1750 m zugeordnet.

Tabelle 5-24: Mittlere Lagefaktoren für verschiedene Heizperiodenlängen für senkrechte Flächen (Frey, 1981)

Heizperiodenlänge (HT 12) (d)	Orientierung	R (Lagefaktor) für senkrechte Flächen			
		Seehöhe			
		100–350 m	350–750 m	750–1.250 m	1.250–1.750 m
180	Süd	1,03	1,11	1,18	1,25
	Südwest / Südost	0,88	0,93	0,97	1,02
	Ost / West	0,60	0,62	0,64	0,65
	Nordwest / Nordost	0,44	0,41	0,39	0,36
	Nord	0,41	0,39	0,37	0,34
210	Süd	0,97	1,04	1,10	1,16
	Südwest / Südost	0,84	0,88	0,92	0,97
	Ost / West	0,59	0,61	0,62	0,63
	Nordwest / Nordost	0,44	0,41	0,38	0,36
	Nord	0,40	0,39	0,36	0,33
240	Süd	0,92	0,97	1,02	1,06
	Südwest / Südost	0,81	0,84	0,87	0,90
	Ost / West	0,59	0,60	0,61	0,62
	Nordwest / Nordost	0,43	0,42	0,40	0,38
	Nord	0,40	0,38	0,36	0,33
270	Süd	0,88	0,91	0,94	0,97
	Südwest / Südost	0,78	0,80	0,82	0,84
	Ost / West	0,59	0,60	0,61	0,62
	Nordwest / Nordost	0,43	0,42	0,41	0,40
	Nord	0,39	0,37	0,35	0,33
300	Süd	0,84	0,86	0,88	0,90
	Südwest / Südost	0,75	0,77	0,78	0,80
	Ost / West	0,58	0,59	0,60	0,61
	Nordwest / Nordost	0,43	0,42	0,41	0,41
	Nord	0,38	0,37	0,35	0,34

Tabelle 5-25: Mittlere Lagefaktoren für verschiedene Heizperiodenlängen für geneigte Flächen (Frey, 1981)

Heizperiodenlänge (HT 12) (d)	Orientierung	R (Lagefaktor) für geneigte Flächen (45 °)			
		Seehöhe			
		100–350 m	350–750 m	750–1.250 m	1.250–1.750 m
180	Süd	1,26	1,31	1,37	1,42
	Südwest / Südost	1,13	1,16	1,21	1,25
	Ost / West	0,89	0,90	0,91	0,92
	Nordwest / Nordost	0,66	0,64	0,61	0,58
	Nord	0,59	0,56	0,50	0,46
210	Süd	1,23	1,27	1,32	1,37
	Südwest / Südost	1,11	1,13	1,18	1,21
	Ost / West	0,89	0,90	0,91	0,92
	Nordwest / Nordost	0,68	0,66	0,63	0,60
	Nord	0,60	0,57	0,51	0,47
240	Süd	1,19	1,23	1,27	1,32
	Südwest / Südost	1,08	1,10	1,15	1,17
	Ost / West	0,89	0,90	0,90	0,90
	Nordwest / Nordost	0,69	0,67	0,65	0,61
	Nord	0,61	0,57	0,52	0,47
270	Süd	1,16	1,19	1,23	1,28
	Südwest / Südost	1,06	1,08	1,12	1,13
	Ost / West	0,89	0,89	0,90	0,91
	Nordwest / Nordost	0,70	0,68	0,66	0,63
	Nord	0,62	0,58	0,53	0,48
300	Süd	1,13	1,16	1,19	1,24
	Südwest / Südost	1,04	1,06	1,09	1,10
	Ost / West	0,80	0,88	0,89	0,90
	Nordwest / Nordost	0,71	0,69	0,67	0,65
	Nord	0,62	0,58	0,54	0,50

Beispiel 5-9: Fenstervergleich über die Einstrahlung

Vergleich der Einstrahlung während der Heizperiode auf ein nach Westen orientiertes Dachflächenfenster mit einem nach Westen orientierten senkrechten Fenster in einem Niedrigenergiehaus (jährliche Globalstrahlung = 1100 kWh/m^2) in Wien.

Geschätzte Länge der Heizperiode: 180 Tage

Senkrechtes Fenster: $1100 \cdot 0,6 \cdot 0,26 = 172 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Dachflächenfenster: $1100 \cdot 0,89 \cdot 0,26 = 255 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Dachflächenfenster: $1100 \cdot 0,89 \cdot 0,26 = 255 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Abminderungsfaktoren zur Ermittlung der solaren Gewinne berücksichtigen den Glasanteil der besonnten Fläche, die Verschattung, Reflexion und Verschmutzung sowie den Ausnutzungsgrad der Fremdwärme.

Glasanteil: Architekturlichte abzüglich der Flächen für Rahmen und Fenstersprossen. Wenn keine genaue Berechnung erfolgt, ist als Mittelwert 70 % (Faktor 0,7) anzunehmen. In allen anderen Fällen (z.B. große Fixverglasungen, sehr kleinteilige Fenster mit Sprossen) sind genauere Werte zu ermitteln. Die Schwankungsbreite liegt zwischen 0,4 und 0,9.

Verschattung: Entweder durch Objekte, welche zwischen verglaster Fläche und Sonne stehen (Bäume, Gebäude, Gebirge) oder Mauervorsprünge und Balkone. Im Rahmen der Gebäudeanalyse reicht es, den Anteil der Verschattung als Mittelwert für die Heizperiode grob zu schätzen. Genauere Erhebungen müssen mindestens monatlich erfolgen.

- Beschattungsfaktor (H): Multiplikator für die Globalstrahlung zur Berücksichtigung der Besonnungsverhältnisse für die Orientierungen Ost, Südost, Süd, Südwest und West (direkte Sonneneinstrahlung) (Frey, 1981)
 - Voll besont: $H = 1,0$
 - Teilweise beschattet: $H = 0,85$
 - Stark beschattet: $H = 0,75$
 - Für die Orientierungen Nordwest, Nord und Nordost ist $H = 1$ (keine direkte Sonneneinstrahlung).

Reflexion und Verschmutzung: Diese Effekte werden in einer ersten Näherung nicht berücksichtigt, da sie nur sehr schwer zu quantifizieren sind.

Ausnutzungsgrad und Regelungsverluste: Diese werden gemeinsam mit den anderen Fremdwärmegewinnen behandelt. Das Ausmaß ist abhängig von der Gebäudemasse, der Regelbarkeit der Heizanlage und dem Verhältnis von Gewinnen zu Verlusten.

Beispiel 5-10: Wärmebilanz für Fenster verschiedener Orientierung

Für die oben beschriebenen Fenster sind die tatsächlichen Einstrahlungswerte in den Raum bei teilweiser Beschattung des senkrechten Fensters:

Senkrechttes Fenster: $172 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 102 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Dachflächenfenster: $255 \cdot 0,7 = 179 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Zum Vergleich: Ein dichtes Fenster mit 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung (u -Wert $1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) hätte in dieser Heizperiode die folgenden Transmissionswärme- und Fugenverluste, die von den Gewinnen im Dachflächenfenster gemeinsam gedeckt werden können (Anmerkung: Die erhöhte Abstrahlung zum Nachthimmel fällt bei IR-Beschichtung kaum ins Gewicht):

$Q_T = 1,4 \cdot 3500 \cdot 0,91 \cdot 0,024 = 107 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

$Q_F = 0,4 \cdot 3500 \cdot 0,91 \cdot 0,024 = 31 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Anmerkung: Die Fugenverluste werden erst dann relevant, wenn sie in Summe über dem hygienisch nötigen Luftwechsel liegen oder wenn eine kontrollierte Be- und Entlüftung eingebaut wird.

5.8.2. Verringerung der Wärmeverluste durch die Außenwand durch solare Gewinne

Immer wieder wird die Erwärmung der Außenwand durch auftreffende Sonnenenergie als Argument gegen die Außendämmung eingebracht. **Tabelle 5-26** und **Tabelle 5-27** ermöglichen eine genauere Abschätzung dieses tatsächlich auftretenden Effektes und dessen sachliche Einordnung in eine Energiebedarfsrechnung.

Tabelle 5-26: Einfluss der Wandfarbe opaker Bauteile auf die Transmissionsverluste (Frey, 1981)

ÜBER EINE HEIZPERIODE VON DER AUSSENWAND ABSORBIERTE WÄRMEMENGE IN % DER TRANSMISSIONSVERLUSTE			
Orientierung	Wandfarbe		
	hell	mittel	dunkel
Süd	6	15	25
Ost/West	4	10	17
Nord	2	6	10
Gebäudemittel	4	10	17

Tabelle 5-27: Einfluss der Besonnung auf die Transmissionsverluste (Frey, 1981)

KORREKTURFAKTOR FÜR DIE JÄHRLICHEN WÄRMEVERLUSTE DURCH TRANSMISSION (GESAMTGEBÄUDE)			
Farbe der Außenwände	Mittlere Besonnungsverhältnisse		
	voll besonnt	teilweise beschattet	stark beschattet
hell	0,98	0,98	0,99
mittel	0,96	0,97	0,97
dunkel	0,94	0,95	0,96

Die Tabellen geben über eine Heizperiode die mittlere Reduktion der Transmissionsverluste der nichttransparenten Außenwände, die sich durch Berücksichtigung des Einflusses der Sonnenstrahlung ergibt, in % bzw. als Korrekturfaktor an.

Wichtig: Diese einfache Abschätzung kann nur zeigen, dass es (A) einen solaren Effekt gibt, dass dieser aber (B) im Vergleich zur Wirkung von Dämmmaßnahmen vernachlässigbar ist und keinesfalls als Argument gegen eine Außendämmung vorgebracht werden kann. Eine genaue Berechnung ist nur mit dynamischer Simulation möglich, da es sich um instationäre bauphysikalische Prozesse handelt. Ebenso ist es kaum möglich, Einflüsse der Bauteilmasse und der Lage einzelner Dämmschichten zu berücksichtigen.

5.8.3. Transparente Wärmedämmung

Eine besondere Bedeutung würden diese Effekte erst durch den Einsatz transparenter Wärmedämmung bekommen. Dann tritt an die Stelle des äußeren Wärmeübergangswiderstandes der Widerstand des Dämmmaterials und die eingestrahlte Sonnenenergie kann fast vollständig nach innen abgegeben werden und macht eine Südwand zur Heizfläche.

Verfügbare Komplettsysteme haben g-Werte zwischen 0,4 und 0,6 (vergleichbar einer 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung) und Wärmedurchlasswiderstände von ca. $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ bei 10 cm Dicke ($\lambda = 0,1 \text{ W/mK}$). Die Gesamtwirkung im Vergleich zu einer herkömmlichen Dämmung ist daher nur als Gesamtsystem abschätzbar.

Die transparente Wärmedämmung hat sich allerdings aus mehreren am Markt nicht durchgesetzt:

- Hohe Materialkosten für den Dämmstoff.
- Aufwändige Konstruktion (Transparenter Wetterschutz, Luftspalt, dunkle Wandfarbe).
- Beschattung für den Sommerbetrieb (konstruktiv oder durch Bepflanzung). Durch Zirkulation über den Luftspalt kann die Wandoberfläche im Sommer gekühlt werden.
- Ästhetisch nicht an jedem Gebäude umsetzbar.
- Verfügbarkeit deutlich billigerer und ebenso effizienter hochdämmender Verbundkonstruktionen (20 cm opake Dämmung wirken ebenso effektiv und in jeder Orientierung gleich wie 10 cm transparente Dämmung).
- Eine Kombination mit innen unverstellter Oberfläche und Baustoffen mit hohen λ -Werten ist für die Wirksamkeit nötig.

6. Benutzungseinflüsse auf den Heizwärmebedarf

6.1. Personenanwesenheit

Personen, die sich während der Heizperiode in den beheizten Gebäudeteilen aufhalten, geben die gesamte Abwärme an die Räume ab. Diese Energie wird über den Stoffwechsel (Energiequelle = Nährwert der konsumierten Lebensmittel) erzeugt und muss nicht vom Heizsystem bereitgestellt werden.

Die Summe der Heizungsbeiträge aller im Mittel anwesenden Personen ergibt den „Wärmegewinn“ durch Personenabwärme im Heizwärmebedarf eines Gebäudes.

Tabelle 6-1: Spezifischer Heizungsbeitrag aus Personenabwärme (Frey, 1981)

Nutzungsart	Anwesenheit (h/Person · Tag)	Spez. Heizungsbeitrag (kWh/Person · Tag)	
		Leichte Aktivität	Mittlere Aktivität
Wohnung	12	0,9	1,0
	15	1,2	1,4
	18	1,5	1,8
	21	1,8	2,2
Büro, Schule	6	0,6	0,8
	9	0,9	1,2

Beispiel 6-1: Abschätzung des Heizungsbeitrags durch Personenabwärme

Berechnung für eine typische fünfköpfige Familie (Mutter zu Hause – mittlere Aktivität, Kinder in der Schule – leichte Aktivität):

Personenabwärme Familie = Personenabwärme (Mutter + 2 • Kind + Vater) =

$$2,2 + 2 \cdot 1,5 + 1,2 + 0,9 = 6,9 \text{ kWh/d}$$

6.2. Elektrogeräte

Ein Großteil des Energieverbrauchs von Haushaltsgeräten und der Beleuchtung in den beheizten Gebäudeteilen trägt während der Heizperiode als Abwärme zur Beheizung bei und muss nicht vom Heizsystem bereitgestellt werden. Dieser Heizungsbeitrag kann somit als „Wärmegewinn“ in die Ermittlung des Heizwärmebedarfs eingehen.

Für eine erste Abschätzung des Heizungsbeitrags durch die Abwärme von Elektro- und Gasgeräten kann **Tabelle 6-2** herangezogen werden. Die Abschätzung ist nicht ausreichend für die tatsächliche Erhebung des Strombedarfs.

Tabelle 6-2: Spezifischer Heizungsbeitrag durch Haushaltsgeräte (Frey, 1981)

Elektrogerät	Verbrauch (kWh/Tag)	Spez. Heizungsbeitrag	
		(%)	(kWh/Tag)
Kühlschrank	1,0	100	1,0
Gefriertruhe, -schrank *)	1,3	100	1,3
Kühl-Gefrier-Kombination *)	1,7	100	1,7
Kochen	ohne Dunstabzug	1,4	70
	mit Dunstabzug	1,4	40
Geschirrspüler	1,6	25	0,4
Waschmaschine *)	1,0	10	0,1
Wäschetrockner *)	1,0	10	0,1
Kleinspeicher (Durchlauferhitzer)	1,0	40	0,4
Fernsehen	0,5	100	0,5
Stereoanlage	0,1	100	0,1
Heizstrahler, -Lüfter	1,0	100	1,0
Sockelwert:	Beleuchtung	1,7	100
	Sonst. Geräte	0,7	100

*) Heizungsbeitrag nur zu berücksichtigen, wenn im Wohnbereich aufgestellt

Tabelle 6-2 gibt Richtwerte für Stromverbrauch und für die Raumwärmeversorgung nutzbaren Heizungsbeitrag von älteren Elektrogeräten an (für Neugeräte siehe **Tabellen 10.1-6**). Der Heizungsbeitrag dient der Ermittlung der Fremdwärmegewinne. Beleuchtung und sonstige Geräte sind als Sockelbetrag immer zu berücksichtigen. Bei abweichenden Personenzahlen wird die ermittelte Summe um $\pm 15\%$ pro Person korrigiert. In Mehrfamilienhäusern muss dabei die durchschnittliche Personenzahl pro Wohnung herangezogen werden.

Beispiel 6-2: Abschätzung des Heizungsbeitrags durch Haushaltsgeräte

Voll ausgestatteter Haushalt mit drei Kindern

$$\text{Geräteabwärme} = 1,0 + 1,3 + 1,0 + 0,4 + 0,1 + 0,1 + 0,6 + 2,4 = 6,9 \cdot 1,3 = 9 \text{ kWh/d}$$

Gemeinsam mit der Personenabwärme (insgesamt ca. 15,9 kWh/d) entspricht das etwa dem Defaultwert aus einem typischen Energieausweis ($3,75 \text{ W/m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 140 / 0,85 \text{ m}^2 \text{ BGF} = 15,8 \text{ kWh/d}$)

6.3. Raumtemperaturen

Tabelle 6-3 gibt Temperaturkorrekturfaktoren in Abhängigkeit des Heizverhaltens an, die der Abschätzung der tatsächlichen Wärmeverluste des Gebäudes durch Transmission und Lüftung dienen. Durch Multiplikation aller zutreffenden Faktoren erhält man einen Gesamtkorrekturfaktor für den Gebäudewärmeverlust. Dieser Korrekturfaktor ist eines der wesentlichen Mittel, um eine Abweichung zwischen Energieverbrauch und berechnetem Energiebedarf zu erklären und für weitere Berechnungen zu berücksichtigen.

Beispiel 6-3: Abschätzung der mittleren Raumtemperatur bei bestimmtem Benutzungsverhalten

Mittlere gemessene Temperatur 22°C , zwei Wochen Urlaub im Winter mit starker Absenkung, ein Raum nicht beheizt. Wie hoch ist dann etwa die mittlere Innentemperatur in der Heizperiode?

$$F_T = 1,16 \cdot 0,95 \cdot 0,92 = 1,01 \text{ (das entspricht fast genau einer mittleren Innentemperatur von } 20^\circ\text{C über die gesamte Heizperiode.)}$$

Tabelle 6-3: Temperaturkorrekturfaktoren für den Energiebedarf (Frey, 1981)

f ₁ (Raumtemperatur)									
T _R	16	17	18	19	20	21	22	23	24
f ₁	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24	1,32
f ₂ (Heizungsunterbrechung)									
	Wochen	0	1	2	3	4	5	6	
	f ₂	1,0	0,975	0,95	0,925	0,90	0,875	0,85	
f ₃ (Nachtabsenkung)									
		Bauweise	Massiv	Gemischt	Leicht				
		f ₃	0,98	0,96	0,93				
f ₄ (Teilbeheizung)									
		Raumzahl	0	1	2	3			
		f ₄	1,00	0,92	0,85	0,80			

Temperaturkorrekturfaktor (f₁-f₄): Korrekturfaktor für die Wärmeverluste zur Berücksichtigung von Umständen, die eine Abweichung der mittleren Raumtemperatur von 20 °C bedingen.

Formel 6-1: Ermittlung des Temperaturkorrekturfaktors aus Benutzungsdaten

$$F_T = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

6.4. Lüftung

Durch Bedarfslüftung wird, zusätzlich zum temperaturabhängigen Verlust durch Fugen und Undichtheiten, ein über eine Luftwechselrate darstellbarer Wärmeverlust erzeugt. Bei durchschnittlichem Fensteranteil kann Dieser zwischen kaum über 0 (geschlossene und dichte Fenster) bis zu 50 h⁻¹ (bewusste Querlüftung in Räumen mit großem Fensteranteil) schwanken.

Tabelle 6-4: Luftwechsel bei unterschiedlichen Fensterstellungen

Fensterstellung	Luftwechsel (h ⁻¹)
Fenster u, Türen zu	0 - 0,5
Fenster zu, Rollläden zu	0,3 - 1,5
Fenster gekippt, kein Rollläden	0,8 - 4,0
Fenster halb offen	5 - 10
Fenster ganz offen	9 - 15
Maximale Querlüftung	> 30

Beispiel 6-4: Wärmeabfuhr durch Querlüftung in einer Sommernacht

Bei einer Außentemperatur von 15 °C soll ein auf 30 °C erwärmtes massives Haus (140 m² NGF, 400 m³ NRI) auf 20 °C gekühlt werden. Wie kann man die Wirkung abschätzen?

Dieses Haus hat ca. 1.000 m² innere Oberflächen (Decken, Böden und Wände) und kann bei 30 °C in 2 cm der Bauteile (mittleres Gewicht 1.000 kg/m³ und mittlerer spezifischer Wärmekapazität von 0,3 Wh/kg.K etwa die folgende Wärmemenge speichern (Vernachlässigung der Raumluft):

$$\text{Gespeicherte Energie} = 1.000 \cdot 0,02 \cdot 1.000 \cdot 0,3 \cdot (30 - 20) / 1000 = 60 \text{ kWh}$$

$$\text{Kühlwirkung zu Beginn der Kühlung} = 400 \cdot 0,33 \cdot (30 - 15) \cdot 30 / 1000 = 60 \text{ kWh/h} = 60 \text{ kW}$$

Diese Kühlleistung sinkt mit sinkender Raumtemperatur auf einen Endwert ($\Delta T = 5 \text{ K}$) von ca. 20 kW ab. Die Kühldauer beträgt somit ca. 2 Stunden (im Idealfall gegen Ende der Nacht am frühen Morgen).

Tabelle 6-5: Mittlerer Luftwechsel in der Heizperiode durch verschiedene Lüftungsarten (Frey, 1981)

Lüftungsart		Stündlicher Luftwechsel (n _l)		
		Häufigkeit pro Tag		
		1 mal	3 mal	6 mal
Querlüftung für einige Minuten		0,1	0,25	0,5
Einzelraumlüftung	durch kurzes Öffnen	0,03	0,1	0,2
	durch längeres Kippen	0,05	0,15	0,3
Schlafen	bei gekipptem Fenster	0,1		
	bei geöffnetem Fenster	0,2		
Mechanische Entlüftung		0,2		
Einzelraumheizung mit Fanganschluß (bei Gerätstillstand)	Feste Brennstoffe	0,03		
	Heizöl	0,05		
	Gas	0,15		

Die Tabelle gibt Richtwerte für den mittleren stündlichen Luftvolumens in Wohngebäuden an, bezogen auf den gesamten beheizten Bereich, der durch bestimmtes Benutzerverhalten und/oder technische Einrichtungen bedingt ist.

Stündlicher Luftwechsel (n_l): Anteil des Gebäude-Luftstromes, der im Mittel über eine Heizperiode stündlich durch einströmende Außenluft ersetzt wird.

- Der stündliche Luftwechsel durch Bedarfslüftung ergibt sich durch Addition aller Teilwerte.
- Als mechanische Entlüftung werden nur Anlagen berücksichtigt, die ständig in Betrieb sind. Abluftanlagen in innenliegenden Naßräumen und Küchen mit zeitgemäßer Regelung bleiben unberücksichtigt.
- Zeiten: „Kurzes Öffnen“, „Einige Minuten“: Maximal 10 min; „Längeres Kippen“: Etwa 30 min
- Der Beitrag von Einzelöfen zum Luftwechsel beschreibt nur das Entweichen von Raumluft über den Kamin bei Feuerungsstillstand. Der „Luftverbrauch“ im Betrieb wird über die Abgasverluste berücksichtigt. Der Tabellenwert gilt genau dann, wenn die ganze Wohnung mit der entsprechenden Ofenart beheizt wird.

Abbildung 6-1 zeigt, dass der Gesamtluftwechsel über die Heizperiode durch die Bedarfslüftung konstant gehalten wird, in der Übergangszeit stark ansteigt und bei Normaußentemperatur gleich der Infiltrationsrate ist (keine Bedarfslüftung). Die Werte können für überschlägige für monatliche Darstellungen herangezogen werden.

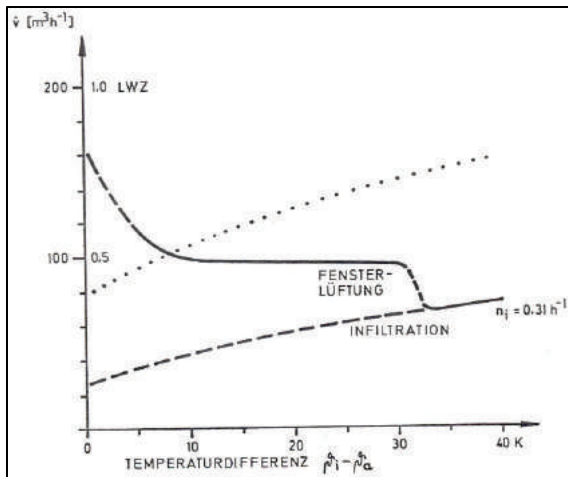


Abbildung 6-1: Lüftungsverhalten in Abhängigkeit der Außentemperatur (Panzhauser, 1985)

Beispiel 6-5: Umrechnung von Luftwechsel in Lüftungs-Heizlast

Ein gesamter Luftwechsel bei Heizlastbedingungen von ca. $0,3 \text{ h}^{-1}$ bei einer mittleren Raumhöhe von $2,5 \text{ m}$ entspricht einer spezifischen Heizlast von

$$P_{\text{spez}} = 0,3 \text{ h}^{-1} \cdot 0,33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 0,85 = \text{ca. } 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ BGF.K}$$

Beispiel 6-6: Abfuhr von Wärmelasten durch Nachtlüftung

Der Luftwechsel über einen Erdkollektor zur Nachtkühlung bei 30°C Innentemperatur und 15°C Nachttemperatur beträgt max. $0,8$; welche Leistung kann in einem Haus mit 140 m^2 abgeführt werden?

$$P_{\text{Kühlung}} = 0,8 \text{ h}^{-1} \cdot 0,33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 140 \text{ m}^2 \cdot 15 \text{ K} = 1.400 \text{ Watt oder ca. } 14 \text{ kWh pro Nacht.}$$

6.5. Kontrollierte Be- und Entlüftung

Eine Sonderstellung in der Abschätzung und Bewertung des Energiebedarfs eines Gebäudes nehmen Einrichtungen zur kontrollierten Be- und Entlüftung ein. Sie haben zum Ziel, den hygienisch nötigen Luftwechsel (Summenkurve in **Abbildung 6-1**) gezielt und mit der Möglichkeit der Wärmerückgewinnung zu sichern. In der Betrachtung handelt es sich somit um eine Schnittstelle zwischen Baukörper (Infiltration), Haustechnik (Lüftungsgerät, Verteilleitungen) und Benutzungsverhalten (eingestellter Luftwechsel).

Die kontrollierte Be- und Entlüftung ersetzt die Bedarfslüftung durch Öffnen der Fenster und ermöglicht den Einbau von Fensterdichtungen bzw. dichten Fenstern ohne die Luftfeuchtigkeit und damit die Wasserdampfkondensation und damit die Schimmelgefahr zu steigern.

Ein mittlerer Luftwechsel von $0,4 \text{ h}^{-1}$ führt ab einer Temperaturdifferenz von ca. 30 K (-6 bis -10°C Außentemperatur) zu erhöhten Wärmeverlusten gegenüber der Fensterlüftung wenn keine Wärmerückgewinnung integriert ist. Bei Außentemperaturen über 10°C kann die mechanische Lüftung entweder abgeschaltet oder durch Fensterlüftung ergänzt werden.

Tabelle 6-6: Wirkungsgrad von Luft / Luft Wärmetauschern der kontrollierten Be- und Entlüftung

Luft / Luft Wärmetauscher	Stand der Technik	Mittlerer Wirkungsgrad (%)
Kreuzstrom	Durchschnitt	50
	Bestwerte	60
Gegenstrom	Durchschnitt	70
	Bestwerte	80

Die Energieeinsparung durch eine kontrollierte Be- und Entlüftung errechnet sich aus den Lüftungswärmeverlusten direkt über den mittleren Wirkungsgrad („Rückwärmezahl“) der Wärmerückgewinnung.

Wichtig: Undichtheiten in der Gebäudehülle und Fugen an Fenstern und Türen führen weiterhin zum vollen ihnen zugeordneten Lüftungswärmeverlust durch Infiltration. Vor der Errichtung einer Lüftungsanlage muss daher unbedingt die Luftdichtheit des versorgten Gebäudes bzw. der Wohnung auf ein Maximum erhöht werden.

Beispiel 6-7: Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft

Durch Fenstertausch wurde der Luftwechsel Infiltration von $0,5 \text{ h}^{-1}$ auf $0,1 \text{ h}^{-1}$ gesenkt und für die Bedarfslüftung ($0,4 \text{ h}^{-1}$) eine Lüftungsanlage mit Gegenstrom-Wärmetauscher eingebaut. Es ergibt sich die folgende Energieeinsparung (3.500 HGT, 350 m^3 Luftvolumen). Rechenwert für die Spezifische Wärme der Luft = $0,33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$ (keine Rückgewinnung von latenter Wärme eingerechnet). Wie hoch ist die Einsparung an Energie im Bestfall?

$$\Delta Q_L = 0,4 * 0,8 * 0,33 * 350 * 3.500 * 0,024 = 3.105 \text{ kWh/Jahr}$$

Diskussion: Bei einem Energiepreis von $0,1 \text{ €/kWh}$ und günstigsten Finanzierungsbedingungen (0 % Zinsen) kann die Anlage in 20 Jahren ca. $\text{€ } 6.200,-$ einsparen und damit ca. 60 % zu den Anlagenkosten beitragen.

6.6. Feuchteabfuhr und Feuchtebilanz

6.6.1. Feuchteabfuhr durch die Lüftung

Ein wesentlicher Zweck der Lüftung ist die Abfuhr des durch die Bewohner und Bewohnerinnen selbst bzw. durch deren Aktivitäten bedingten Wasserdampfes in der Raumluft. Die Abschätzung der Feuchtebilanz kann den Bewohnern die Sinnhaftigkeit von Maßnahmen näherbringen und helfen, die Ursachen von Feuchteschäden zu klären.

Die wichtigen Rechengrößen für die Beurteilung der Raumluft sind in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zusammengefasst bzw. ablesbar:

- **Wasserdampfkonzentration gesättigter Luft ($C_D, \text{g/m}^3$):** Maximale Aufnahmekapazität von trockener Luft für Wasser, entspricht einer relativen Luftfeuchte von 100 %. Dieser Wert steigt mit der Temperatur.
- **Relative Luftfeuchte (rF, %):** Verhältnis der tatsächlich in der Luft enthaltenen Menge an dampfförmigem Wasser zum Wert gesättigter Luft (z.B. $8,65 \text{ g/m}^3$ für 20 °C und 50 % rF).

Für die Abfuhr von Wasser aus Wohnräumen durch die Lüftung gilt der folgende Zusammenhang:

Formel 6-2: Wasserdampfabfuhr durch Außenluft

$$\text{Wassermenge} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \text{Luftmenge} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot \left(C_{D,i} - C_{D,a} \cdot \frac{T_e}{T_i} \right)$$

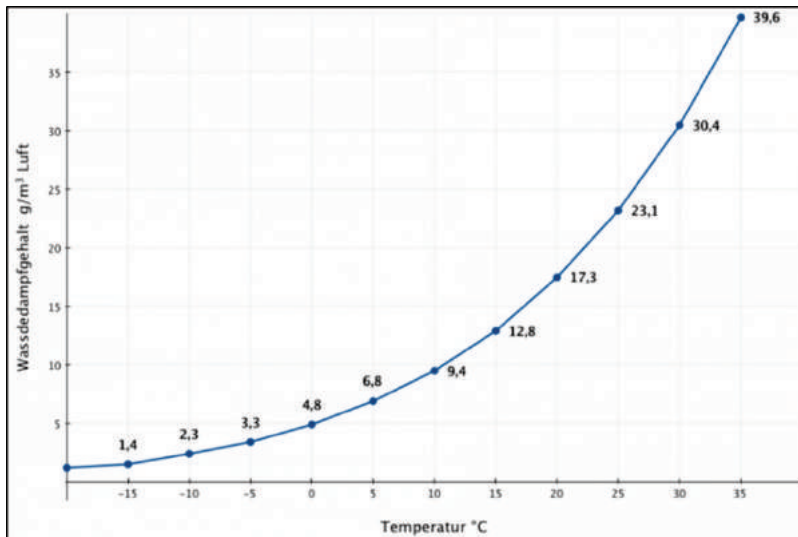


Abbildung 6-2: Wassergehalt gesättigter Luft

Beispiel 6-8: Wärmebedarf für Feuchteabfuhr über Bedarfslüftung

Luftwechsel $0,1 \text{ h}^{-1}$, Raumluftvolumen 400 m^3 (ca. 140 m^2 Wohnfläche). Luftaustausch: $40 \text{ m}^3/\text{h}$

Annahme für Luftwerte:

Innenluft: $rF = 50 \%$, $T_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ (295 K), $C_{D,i} = 19,4 \cdot 0,5 = 9,7 \text{ g/m}^3$

Außenluft: $rF = 90 \%$, $T_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ (273 K), $C_{D,a} = 4,8 \cdot 0,9 = 4,3 \text{ g/m}^3$

Abgeführte Wassermenge = $40 \cdot (9,7 - 4,3 \cdot 273 / 295) = \text{ca. } 230 \text{ g/h}$

Der gesamte Wärmeverlust ist somit (Verdampfungswärme = $625 \text{ Wh/kg H}_2\text{O}$, spezifische Wärme trockener Luft = $0,33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$):

$Q_L = 40 \cdot 0,33 \cdot 22 + 0,230 \cdot 625 = 434 \text{ W}$ (entspricht rückgerechnet mit dem Luftvolumen und der Temperaturdifferenz einem spezifischen Wärmeinhalt der ausgetauschten Luft von ca. $0,5 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$). Dieser Wärmeverlust muss durch zusätzlichen Energieeinsatz (u.a. Raumlüftung, Anteil an der Warmwasserbereitung) aufgebracht werden.

Anmerkung: Wenn Raumlüftung in einer Lüftungsanlage befeuchtet werden soll, muss der zusätzliche Energieaufwand berücksichtigt werden. Aus Beispiel 6-8: Wärmebedarf für Feuchteabfuhr über Bedarfslüftung

würde sich, wenn diese Verhältnisse z.B. über drei Wintermonate aufrechterhalten werden, ein zusätzlicher Energiebedarf von ca. 320 kWh ergeben ($0,17 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$ Mehraufwand für die Befeuchtung).

6.6.2. Feuchteabfuhr durch Dampfdiffusion

Neben Bedarfslüftung und Fugen nehmen Baustoffe Wasser auf und führen dieses dampfförmig entlang des Temperaturgradienten an die Außenluft. Dieser Feuchtetransport ist abhängig von der Wasserdampfdurchlässigkeit des Bauteils und vom Vorhandensein von Kondensationsebenen im Bauteil, welche einen Weitertransport verhindern.

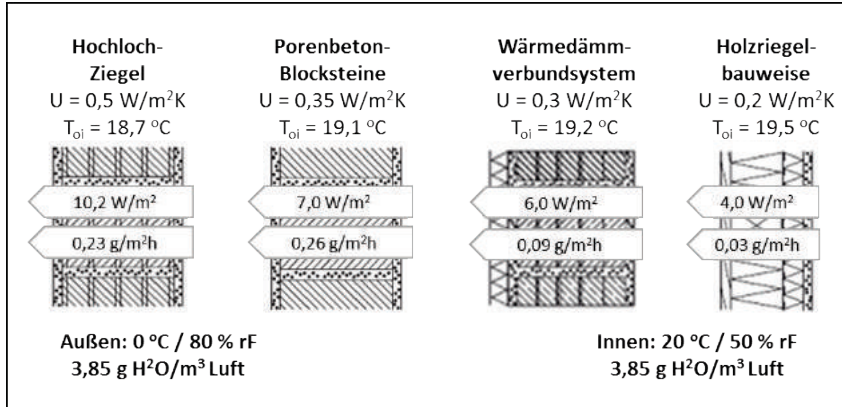


Abbildung 6-3: Feuchteabfuhr durch Dampfdiffusion

Beispiel 6-9: Feuchteabfuhr durch Dampfdiffusion

Außenwand Ziegel, 60 m² Wandfläche (abzüglich Verglasungen!):

Feuchteabfuhr: $60 \text{ m}^2 \cdot 0,23 \cdot 24 = 330 \text{ g/d}$

Die Sorption an der Oberfläche wurde nicht in Rechnung gestellt, da dies Ausgleichsvorgänge sind, die vor allem wirksam sind um Feuchtigkeitsspitzen zu puffern.

Dieses Beispiel zeigt, dass die Wasserdampfdiffusion durch Bauteile gegenüber der Bedarfslüftung einen deutlich geringeren Einfluss auf den Feuchtehaushalt von Wohnräumen hat.

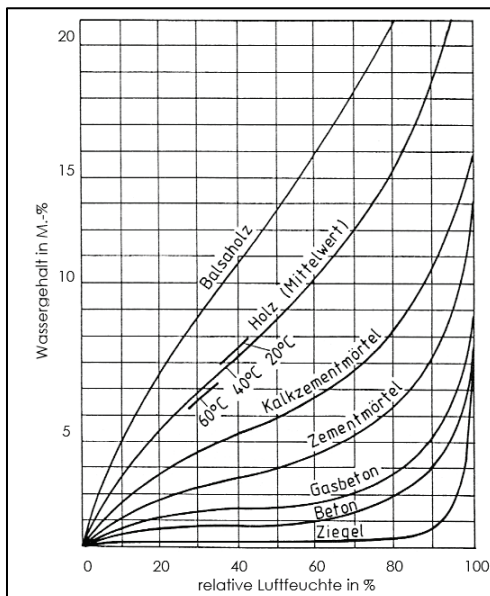


Abbildung 6-4: Gleichgewichts-Wassergehalt von Baustoffen

Beispiel 6-10: Energiebedarf für Bauteiltrocknung im Passivhaus

Austrocknung Passivhaus im Herbst bei 50 % rel. Luftfeuchte und 2 cm (5 cm bei Holz) aktive Eindringtiefe.

Annahme: 140 m² Betondecke, 140 m² Holzfußboden, 200 m² Kalkzementmörtel, 100 m² sonstige Holzflächen. Im Winter erfolgt die Lüftung mit trockener Luft.

Beton: $140 \cdot 0,02 \cdot 2400 \cdot 0,009 = 60 \text{ kg Wasser}$

Putz: $200 \cdot 1800 \cdot 0,02 \cdot 0,045 = 325 \text{ kg Wasser}$

Holz: $240 \cdot 500 \cdot 0,05 \cdot 0,08 = 480 \text{ kg Wasser}$

Summe: 765 kg Wasser = $765 \cdot 0,7 = \text{ca. } 500 \text{ kWh Energiebedarf}$

Oder vereinfacht: 10-50 g/kg Austrocknung bei Änderung der Bedingungen von 25 °C/70 % auf 20 °C/40 % = $(17000 \cdot 10 + 6000 \cdot 50 + 7000 \cdot 30) = 600 \text{ kg Wasser}$ (ca. 380 kWh Energiebedarf).

Für die Beheizung bedeutet das bei einer Austrocknung während der Monate Oktober und November einen mittleren Leistungsbedarf von ca. 2 W/m² oder ca. 40 % der mittleren Heizlast (mittlere Außentemperatur ca. 7 °C).

Beispiel 6-11: Feuchtebilanz einer Wohnung

Feuchtebilanz für einen Wintertag in einer 80 m² Wohnung mit zwei Bewohnern:

Einträge durch	Bezugsgröße im Beispiel	Mittelwerte Wasserdampfproduktion	Wasserdampf Haushalt (g/d)
Menschen	2 Bewohner, 50 % Anwesenheit	ca. 50 g/h.Person	1200
Haustiere	zwei Katzen (ebenfalls 50 % Anwesenheit)	Katze 10 g/h,	240
		Hund, mittelgroß, 30 g/h	
Kochen	eine Stunde pro Tag	600 - 1500 g/h	1000
Bad	ca. 20 min Duschen pro Tag	Duschen ca. 2600 g/h, Vollbad ca. 700 g/h; davon 75 % über Bad-Abluft	220
Zimmerpflanzen	zwei Zimmerbäume	Gummibaum 10 - 20 g/Stunde	700
Trocknende Wäsche geschleudert	zwei Tage pro Woche (100 g/h)	50 - 200 g/Stunde	4800
Summe Einträge			8160
Abfuhr durch	Bezugsgröße im Beispiel	Mittelwerte Wasserdampf-abfuhr	Wasserdampf Haushalt (g/d)
Lüften	200 m ³ Raumvolumen 0,1 h ⁻¹ (dichte Fenster)	Infiltrationsluftwechsel und Fensterlüftung: $(n_{L,i} + n_{L,e}) \cdot \text{Raumvolumen}$	9600
	0,3 h ⁻¹ (Fensterlüftung, auch für Trocknung)	bei 20 / 0 °C und 50 / 90 % rel LF: 5 g/m ³	
Diffusion	60 m ² Außenwand	Außenwandfläche * Diffusionswert (Ziegel: 0,23 g/m ² .h)	330
Sorption	Innenwände, Möbel, Textilien	Im Gleichgewicht kaum Aufnahme möglich	-
Summe Abfuhr			9930
Feuchtebilanz			-1770

Im Mittel kann die Feuchtigkeit abgeführt werden. Da die Wäschetrocknung den größten Anteil an der Produktion hat, kann Stoßlüftung gut eingesetzt werden.

Der Infiltrationsluftwechsel von 0,1 h⁻¹ entspricht einem durchschnittlichen Bestandsgebäude mit dichten Fenstern in der Heizsaison.

7. Berechnung des Heizwärmebedarfs

Mit den Informationen aus Abfragen und Erhebungen zu Klima, Bauteilen und Benutzungsverhalten kann der tatsächliche Heizwärmebedarf des Gebäudes oder Wohnung ermittelt werden. Er unterscheidet sich von dem für den Energieausweis berechneten Wert vor allem durch die Berücksichtigung des tatsächlichen Benutzungsverhaltens der Bewohner und Bewohnerinnen sowie etwaiger mikroklimatischer Gegebenheiten. Die Ergebnisse lassen sich somit direkt (1) zum Datenabgleich mit dem erhobenen Energieverbrauch und damit zur Überprüfung der Plausibilität der Analyse, sowie (2) für energiewirtschaftliche Berechnungen der vorgeschlagenen Maßnahmen einsetzen.

Die Algorithmen zur Berechnung des Heizwärmebedarfes entsprechen im Wesentlichen denen der gültigen Normen (ÖNORM_B8110, 2007), sind aber in einigen Punkten so vereinfacht, dass eine schnelle Berechnung möglich ist. Diese Vereinfachungen sind aus dem ursprünglichen HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER (Frey, 1981) bzw. der Anleitung zur Energiebilanzierung im Energiesparhaus Vorarlberg (Gmeiner H., 1994) übernommen. Für die Ausstellung eines Energieausweises sind die Ergebnisse damit allerdings nicht geeignet.

Als wichtigste Vereinfachung wird in der Energieberatung mit Jahreswerten des Energiebedarfs gerechnet, da diese für die Empfehlung und Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen ausreichend genau sind und sich direkt in Jahreskosten und in weiterer Folge einen Barwert der Einsparung umrechnen lassen, der den Investitionskosten gegenübergestellt werden kann.

In den folgenden Abschnitten werden die für das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG bewusst vereinfachten Formeln für die Ermittlung der Wärmeverluste, der Wärmegewinne sowie des Ausnutzungsgrades der Wärmegewinne zusammengefasst und kurz erläutert. Gemeinsam ermöglichen sie eine einfache Abschätzung des Heizwärmebedarfs und damit einen Ausblick auf das Ergebnis einer genauen Ermittlung aller für einen Energieausweis benötigten Werte.

7.1. Transmissionswärmeverlust

Formel 7-1: Wärmeverlust durch Transmission (Q_T)

$$Q_T = L_T \cdot HGT \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Jahr)}$$

L_T : Transmissions-Leitwert der Bauteile zu Außenluft, Pufferräumen und Boden (W/K)

HGT : Jährliche Heizgradtage inklusive aller Korrekturen für den Standort des Gebäudes

$24/1000 = 0,024$: Umrechnung der Einheiten (24 Stunden pro Tag / 1000 Wh pro kWh)

7.2. Lüftungswärmeverlust

Formel 7-2: Wärmeverlust durch Fugen (Q_{L1}):

$$Q_{L1} = L_{V,Inf} \cdot HGT \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Jahr)} \quad \text{oder} \quad Q_{L1} = n_x \cdot 0,41 \cdot V_L \cdot HGT \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Jahr)}$$

$L_{V,Inf} = n_x \cdot 0,41 \cdot V_L$: Lüftungs-Leitwert durch Infiltration durch Fugen von Fenstern, Türen und Undichtheiten der Gebäudehülle (W/K)

Formel 7-3: Wärmeverlust durch Bedarfslüftung (Q_{L2}):

$$Q_{L2} = n_L \cdot 0,41 \cdot V_L \cdot HGT \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Jahr)} \quad \text{oder} \quad Q_{L2} = n_L \cdot 0,01 \cdot V_L \cdot HGT \text{ (kWh/Jahr)}$$

n_L : Mittlerer Luftwechsel aus der Bedarfslüftung über die Heizperiode (h^{-1})

V_L : Lüftungsvolumen (Netto-Volumen der beheizbaren Gebäudeteile); Umrechnung aus dem Bruttovolumen überschlägig durch Multiplikation mit 0,75

0,41 (Wh/m³.K): Spezifische Wärmekapazität trockener Raumluft bei ca. 20 °C zuzüglich der über die Heizung generierten latenten Wärme durch Wasserdampf (mittlere Differenz der Enthalpien zwischen Raumluft und Außenluft über die Heizperiode).

0,01: Multiplikation von 0,41 und 0,024 zu einem Multiplikator

Anmerkung: In der ÖNORM B8110 wird der Wert für trockene Luft eingesetzt (0,034 Wh/m³.K). Dieser Wert berücksichtigt nicht, dass ein Teil des Wassergehalts der Luft durch Verdunstung im Wohnraum über Wärmeeintrag durch die Heizung erfolgt (z.B. Bauteilaustrocknung, Transpiration von Zimmerpflanzen, trocknende Handtücher), oder durch einen Teil der Geräteabwärme (z.B. Kochen). Wasserdampf aus Baden und Duschen wird nicht berücksichtigt.

Formel 7-4: Hygienischer Lüftungsbedarf (Q_{L3}):

$$Q_{L3} = n_p \cdot 20 \cdot 0,41 \cdot HGT \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Jahr)} \quad \text{oder} \quad Q_{L3} = n_p \cdot 0,2 \cdot HGT \text{ (kWh/Jahr)}$$

n_p: Anzahl der Personen im Haushalt

20 m³/h: hygienischer Lüftungsbedarf bei durchschnittlicher Anwesenheit von 18 h (= 30 • 2/3)

0,2: Multiplikation von 20, 0,41 und 0,024 zu einem Multiplikator

Wärmeverluste durch Lüftung (Q_L): Die tatsächlichen Wärmeverluste durch Lüftung setzen sich zusammen aus den Verlusten durch die Fugen von Fenstern und Türen durch Gebäudeundichtheiten (**Fugenverluste**), und durch geöffnete Fenster, Türen und Luftschächte (**Bedarfslüftung**). Der dadurch bedingte Luftaustausch soll den **hygienischen Bedarf** nicht unterschreiten. Die Berechnung der Wärmeverluste durch Lüftung (QL) erfolgt je nach Art des Objektes unterschiedlich:

Formel 7-5: Wärmeverlust durch Lüftung im Bestand (aus der Erhebung)

$$Q_L = Q_{L1} + Q_{L2} \text{ (kWh/Jahr)}$$

Formel 7-6: Wärmeverlust durch Lüftung im Bestand (gemäß ÖNORM)

$$Q_{L3} = 0,4 \cdot V_V \cdot 0,34 \cdot HGT \cdot \frac{24}{1000} \text{ (kWh/Jahr)}$$

Anmerkung: Die zur Berechnung des Heizwärmebedarfs üblicherweise eingesetzte Luftwechselrate von 0,4 h⁻¹ entspricht im Mittel den durch Addition ermittelten Wärmeverlusten durch Lüftung und setzt sich etwa zur Hälfte aus Bedarfslüftung und aus Fugenverlusten zusammen.

Formel 7-7: Wärmeverlust durch Lüftung nach Verbesserung

$$Q_L = Q_{L1} + Q_{L2} \text{ (kWh/Jahr)} \quad \text{oder} \quad Q_L = Q_{L3} \text{ (kWh/Jahr)}$$

Es wird der größere der beiden Werte gewählt, da eine Verbesserung, außer im Fall einer kontrollierten Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung, nur bis zum hygienischen Lüftungsbedarf Einsparungen bringen kann.

Beispiel 7-1: Energieeinsparung durch Fugendichtung

Grunddaten: 350 m³ Nettovolumen, 3.600 Kd, 5 Personen

Aus der Erhebung haben sich die folgenden Werte ergeben (spürbar undichte Fensterfugen):

$w_f = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ für 25 m² Fensterflächen; Bedarfslüftung: 0,15 h⁻¹

$Q_{L1} = 0,7 \cdot 25 \cdot 3.600 \cdot 0,024 = 3.670 \text{ kWh/Jahr}$

$Q_{L2} = 0,15 \cdot 350 \cdot 0,41 \cdot 3.600 \cdot 0,024 = 1.860 \text{ kWh/Jahr}$

$Q_L = 3.670 + 1.860 = 5.530 \text{ kWh/Jahr}$

Hygienischer Bedarf als Mindestwert nach Sanierung (n_L von 0,4 h⁻¹ oder 20 m³/Person.h):

$Q_{L3} = 0,4 \cdot 350 \cdot 0,41 \cdot 3.600 \cdot 0,024 = 4.960 \text{ kWh/Jahr}$ oder $Q_{L3} = 5 \cdot 20 \cdot 0,41 \cdot 3.600 \cdot 0,024 = 3.540 \text{ kWh/Jahr}$

Je nach Zielwert liegt die maximale Einsparung somit zwischen 570 kWh/Jahr (ca. 10 %) und 1.990 kWh/Jahr (ca. 35 %)

7.3. Gesamtwärmeverlust

Formel 7-8: Gesamtwärmeverlust des Gebäudes

$$Q_V = (Q_T + Q_L) \cdot f_T \text{ (kWh/Jahr)}$$

f_T (Temperaturkorrekturfaktor): Der in der Norm errechnete Wert für den Gesamtwärmeverlust setzt Standard-Nutzungsbedingungen voraus (Temperaturkorrekturfaktor = 1,0): Tag und Nacht Vollbeheizung über die Heizperiode, einheitliche Innentemperatur von 20°C. Diese Situation tritt nur in Ausnahmefällen auf. Über den Temperaturkorrekturfaktor (**Tabelle 6-3**) lassen sich die konkreten Bedingungen im Bestand ebenso berücksichtigen, wie etwaige Veränderungen nach Verbesserungen.

Anmerkung: Die mittlere Raumtemperatur von Wohnungen in der Heizperiode ist in den vergangenen 30 Jahren um mehr als 2 K gestiegen und liegt zurzeit bei über 22°C. Das bedeutet einen im Mittel um fast 20 % höheren Wärmebedarf (ohne Berücksichtigung des ebenfalls gestiegenen Flächenbedarfs pro Person). Berücksichtigt man die durch besseren Wärmeschutz gesunkene Heizgrenztemperatur (**Tabelle 4-10**), so kann man in erster Näherung weiterhin mit den Tabellenwerten der Heizgradtage rechnen (höhere Innentemperatur und niedrigere Heizgrenztemperatur gleichen sich aus).

Einfluss von Sanierungsmaßnahmen auf die Raumtemperatur: Nach Durchführung aller Verbesserungen kann sich der Temperaturkorrekturfaktor ändern ($f_1: \pm 0,08$ pro 1 K Temperaturänderung gegenüber Bestand, **Tabelle 6-3**). Dieser Umstand kann in der Abschätzung von Einsparungen berücksichtigt werden. Diese Veränderungen können sowohl eine höhere Durchschnittstemperatur bedingen (z.B. Übergang von einer Teilbeheizung zur Vollbeheizung) als auch eine Senkung (z.B. durch höhere Oberflächentemperaturen nach Dämmung). Eine Senkung der Komforttemperatur durch den Einsatz von Strahlungsheizungen (z.B. Elektrodirektheizungen) ist nur dadurch möglich, dass warme Zonen und Zeiträume geschaffen und bewusst genutzt werden. Es handelt sich somit um die gezielte Umsetzung einer Teilbeheizung bzw. Heizungsunterbrechung (mit entsprechendem Komfortverlust).

7.4. Sonneneinstrahlung

Die Sonneneinstrahlung ist die durch die verglasten Flächen während einer Heizperiode in das Gebäude eingestrahelte Energiemenge in kWh. Sie ist abhängig von einer Reihe von Faktoren, die im Rahmen einer Energieberatung nur überschlägig berücksichtigt werden können. Es werden nur jene Einflüsse erhoben, die

entweder einen wesentlichen quantitativen Anteil haben, oder welche sich durch Maßnahmen am Gebäude oder im Benutzungsverhalten ändern und beeinflussen lassen.

Die Sonneneinstrahlung (Q_S) ergibt sich aus dem Strahlungsangebot (Lage des Gebäudes, Dauer der Heizperiode) und Informationen zu den verglasten Flächen (Konstruktion, Fläche, Orientierung). Zur Vereinfachung werden im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG dafür zwei Rechengrößen ermittelt und multipliziert.

Formel 7-9: Sonneneinstrahlung in das Gebäude in der Heizperiode

$$Q_S = G_{HT} \cdot A_S \text{ (kWh/Jahr)}$$

G_{HT} : Globalstrahlung auf die horizontale Fläche (kWh/m².Jahr). Dieser Wert wird für verschiedene Heizperiodenlängen (je nach Heizgrenztemperatur) aus **Tabelle 5-23** übernommen.

A_S : Äquivalente Strahlungsfläche (m²). In dieser Rechengröße sind alle die Strahlung beeinflussenden Faktoren für das Gebäude zusammengefasst. Die äquivalente Strahlungsfläche wird für alle Fenster ermittelt und addiert.

Formel 7-10: Ermittlung der äquivalenten Strahlungsfläche

$$A_S = \text{Fensterfläche} \cdot \text{Glasanteil} \cdot \text{Beschattungsfaktor} \cdot \text{Lagefaktor} \cdot g \text{ (m}^2\text{)}$$

Fensterfläche: Architekturlichte

Rechenwerte: Aus **Kapitel 5.2**

Der äquivalente Strahlungsfaktor gibt jene unbeschattete horizontale Fläche an, die in der betrachteten Zeit die gleiche Energiemenge als Einstrahlung erhalten würde. Je größer das Verhältnis dieser Fläche zur Bruttogrundfläche ist, desto stärker „solar orientiert“ ist das Haus

Die Bewertung der solaren Orientierung eines Hauses kann durch Division der äquivalenten Strahlungsfläche durch die Bruttogrundfläche erfolgen.

Sehr hoch:	$A_S / BGF > 0,07$
Überdurchschnittlich:	$0,07 > A_S / BGF > 0,05$
Durchschnittlich:	$0,05 > A_S / BGF > 0,03$
Niedrig:	$0,03 > A_S / BGF$

Beispiel 7-2: Ermittlung und Bewertung der Sonneneinstrahlung

Ein Haus mit 150 m^2 BGF hat eine Heizperiode von 210 Tagen und liegt auf ca. 200 m Seehöhe (HGT ca. 3400 Kd). Die Fenster in den senkrechten Wänden (Wärmeschutzverglasung, typische Größe) sind während der Heizperiode leicht beschattet, in der Dachfläche voll besonnt.

Globalstrahlung in der Heizperiode (Tabelle 4-4, Tabelle 5-23): $G_{HT} = 1105 \cdot 0,35 = 390 \text{ kWh/m}^2$

Äquivalente Strahlungsfläche:

Orientierung	Neigung	Fläche (m ²)	Glasanteil	Lagefaktor (R)	Beschattungsfaktor (H)	Gesamtenergiedurchlassgrad (g)	Äquivalente Strahlungsfläche A _s (m ²)	U-Werte (W/m ² ·K)	Q _{T,F} (kWh/Jahr)	w _F -Werte (W/m ² ·K)	Q _{L,F} (kWh/Jahr)
Süd	Senkrecht	10	0,7	0,97	0,85	0,6	3,5	1,3	1061	0,4	326
	Geneigt	3	0,7	1,23	1,00	0,6	1,5	1,3	318	0,7	171
Ost/West	Senkrecht	6	0,7	0,59	0,85	0,6	1,3	1,3	636	0,4	196
	Geneigt										
Nord	Senkrecht	4	0,7	0,4	1,00	0,6	0,7	1,3	424	0,4	131
	Geneigt										
Horizontal											
Summen Gesamtgebäude		23					7,0		2440		824

$$Q_s = 390 \cdot 7 = 2.730 \text{ kWh/Jahr}$$

Bewertung der solaren Orientierung: $7/150 = 0,046 = \text{„durchschnittlich“}$

Die Sonnenenergiegewinne können insgesamt etwa die Transmissionsverluste der Fenster über die Heizperiode ausgleichen, nicht die Fugenverluste, wenn sie den Fenstern angerechnet werden.

7.5. Personen- und Geräteabwärme

Personen- und Geräteabwärme (Q_p und Q_G) werden aus Tabellenwerten für die spezifische (tägliche) Abwärme ermittelt (Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2) und für die Heizperiode zusammengefasst.

Formel 7-11: Ermittlung der Personenabwärme

$$Q_p = q_p \cdot HT \text{ (kWh/Jahr)}$$

Formel 7-12: Ermittlung der Geräteabwärme

$$Q_G = q_G \cdot HT \text{ (kWh/Jahr)}$$

Anmerkung zur Geräteabwärme: Neben den Elektro- und Gasgeräten kann das auch ein Gasherd oder der im beheizten Gebäudeteil verlegte Teil einer zentralen Warmwasserverteilung sein. Dieser Anteil muss aus den Verteilverlusten abgeschätzt werden (Tabelle 9-4).

7.6. Fremdwärmeausnutzung und Fremdwärmegewinne

Die tatsächlich nutzbaren Wärmegewinne aus Sonneneinstrahlung und Abwärme sind immer niedriger als das Angebot. Der Grund dafür ist, dass es, vor allem in der Übergangszeit, zu Überwärmung durch gleichzeitiges, oft plötzliches Auftreten der Fremdwärme und geringen Wärmebedarf kommt. Ein typisches Beispiel dafür sind Sonneneinstrahlung und Abwärme durch Kochen zur Mittagszeit.

Dieser Umstand wird durch den Fremdwärmeausnutzungsgrad (η_G) überschlägig als Mittelwert über die Heizperiode berücksichtigt. η_G ist umso niedriger, je höher das Verhältnis von Fremdwärme zu Wärmeverlusten (Fremdwärmeanteil f_F) ist. Durch hohe interne Speichermassen und gute Regelbarkeit der Wärmeerzeugung

und Wärmeabgabe kann die Fremdwärmeausnutzung gesteigert werden. Diese Verhältnisse werden durch den Fremdwärmeverlustfaktor (f_V) berücksichtigt.

Tabelle 7-1: Fremdwärmeverlustfaktor f_V zur Ermittlung der Fremdwärmegewinne (Frey, 1981)

Bauweise	Reaktion der Heizung auf Fremdwärme		
	Schnell	Mittel	Langsam
Massiv	0,15	0,2	0,3
Gemischt	0,2	0,3	0,5
Leicht	0,3	0,4	0,7

Formel 7-13: Ermittlung des Fremdwärmeanteils

$$f_F = (Q_S + Q_P + Q_G) / Q_V$$

Formel 7-14: Ermittlung des Fremdwärmeausnutzungsgrades

$$\eta_G = 1 - f_F \cdot f_V$$

Formel 7-15: Ermittlung des Fremdwärmegewinns

$$Q_G = \eta_G \cdot (Q_S + Q_P + Q_G) \text{ (kWh/Jahr)}$$

7.7. Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf ergibt sich durch die Subtraktion des Wärmegewinns vom Gesamtwärmeverlust.

Formel 7-16: Ermittlung des Heizwärmebedarfs

$$Q_H = Q_V - Q_G \text{ (kWh/Jahr)}$$

Beispiel 7-3: Berechnung der Fremdwärmegewinne und des Heizwärmebedarfs

Für ein leicht gebautes Fertighaus mit moderner Gasheizung wird der Heizwärmebedarf abgeschätzt. Die Gebäudeanalyse hat die folgenden Werte ergeben:

Gesamtwärmeverluste: $Q_V = 25.000 \text{ kWh/Jahr}$

Sonneneinstrahlung: $Q_S = 2.700 \text{ kWh/Jahr}$

Personen- und Geräteabwärme: $Q_P + Q_G = 6.300 \text{ kWh/Jahr}$

Fremdwärmeanteil: $f_F = (2.700 + 6.300) / 25.000 = 0,36$

Fremdwärmeverlustfaktor: $f_V = 0,3$

Fremdwärmeausnutzungsgrad: $\eta_G = 1 - 0,3 \cdot 0,36 = 0,89$

Fremdwärmegewinns: $Q_G = 0,89 \cdot 9.000 = 8.010 \text{ kWh/Jahr}$

Heizwärmebedarf: $Q_H = 25.000 - 8.010 = \text{ca. } 17.000 \text{ kWh/Jahr}$

8. Heizung

8.1. Abschätzung des Nutzungsgrades einer Heizanlage

Eine Analyse der Raumwärmeversorgung kann grundsätzlich nur durch eine Besichtigung der Anlage gemeinsam mit dem Betreiber durchgeführt werden. Auch alle über die Beantwortung der Abfragen hinausgehenden Beobachtungen und Angaben sind zu dokumentieren, da sie für die Interpretation der ersten Ergebnisse und für die Planung gezielter Maßnahmen von Bedeutung sind.

Die üblichen mathematischen Formeln zur Berechnung von Wärmeerzeugungswirkungs- und nutzungsgraden haben zwei wesentliche Nachteile: Genau gelten sie nur für automatische Öl- und Gasfeuerungen ohne Teillastbetrieb und sie arbeiten mit Durchschnittswerten für die Bereitschaftsverluste und bieten daher nur beschränkte Möglichkeiten, eine konkrete Anlage zu beurteilen und die Verluste bestimmten Ursachen zuzuordnen.

Für die Energieberatung, durch die Maßnahmen an einer konkreten Anlage oder deren Austausch vorgeschlagen werden sollen, sind sie unbrauchbar. Eine Beurteilung allein aufgrund von Brennstoff, Dimensionierung und Anlagenalter ist unseriös.

Es wurde daher aus allgemein anerkannten Zusammenhängen ein Modell entwickelt, das eine getrennte Berücksichtigung der wesentlichen Verlustquellen (bei Interesse auch der Wärmerückgewinnung im Rauchfang) ermöglicht. Die Einordnung der Festbrennstoffkessel erfolgte durch Angleichung der Rechenwerte für die spezifischen Verlustgrößen an praktische Erfahrungen, Prüfergebnisse und theoretische Überlegungen.

Die Berechnung des Jahresnutzungsgrades in der Energieberatung dient vor allem der Abschätzung von Veränderungen an demselben durch Maßnahmen an Baukörper und/oder Raumwärmeversorgung. Es wurde daher eine Vorgangsweise gewählt, die einerseits die wesentlichen Einflüsse möglichst getrennt erfasst und andererseits auch für Festbrennstoff-Anlagen anwendbar ist. Um dennoch eine gute Handhabbarkeit zu ermöglichen, mussten die komplexen Zusammenhänge dementsprechend vereinfacht dargestellt werden.

Der Jahresnutzungsgrad der Heizanlage setzt sich aus dem Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung und dem Nutzungsgrad der Wärmeverteilung zusammen. In einer ersten Abschätzung sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** typische Werte kombiniert und für mehrere Dimensionierungsvarianten (angemessen bis stark überdimensioniert) berechnet.

Der Wärmeerzeugungsnutzungsgrad ist das Verhältnis der vom Wärmeerzeuger zur Deckung des Nutzwärmebedarfes jährlich abzugebenden Wärmemenge zum Energiebedarf. Der Wärmeerzeugungsnutzungsgrad wird durch die Addition aller Verluste des Heizkessels über die Heizperiode ermittelt.

Formel 8-1: Wärmeerzeugungsnutzungsgrad

$$\text{Wärmeerzeugungsnutzungsgrad} = 1 - (\text{Abgasverluste} + \text{Auskühlverluste} + \text{Regelungsverluste}) / 100$$

Der Wärmeverteilungsnutzungsgrad ist das Verhältnis der an die beheizbaren Gebäudeteile abgegebenen zur vom Wärmeerzeuger abgegebenen jährlichen Wärmemenge.

Formel 8-2: Wärmeverteilungsnutzungsgrad

$$\text{Wärmeverteilungsnutzungsgrad} = 1 - (\text{Wärmeverteilungsverluste} + \text{Nutzwärmebedarf}) / \text{Nutzwärmebedarf}$$

Formel 8-3: Jahresnutzungsgrad der Wärmeversorgung

$$\text{Jahresnutzungsgrad} = \text{Wärmeerzeugungsnutzungsgrad} \cdot \text{Wärmeverteilungsnutzungsgrad}$$

Während Abgasverluste nur in der Betriebszeit des Wärmeerzeugers anfallen, müssen Auskühl- und Regelungsverluste über die gesamte Heizperiode berücksichtigt und daher in der Rechnung mit dem Verhältnis von üblicher Betriebszeit bei angemessener Dimensionierung (ca. 1.700 h für reinen Heizbetrieb) und Heizperiodenlänge (bei sieben Monaten ca. 5.100 h) multipliziert werden. Die Überdimensionierung wird zusätzlich als Faktor (doppelte Leistung = ca. halbe Betriebszeit) eingerechnet. Dies erfolgt über die drei Rechengrößen „**Spezifischer Bereitschaftsverlust**“ (Abstrahlung bzw. Verlust über den Rauchfang in Relation zur Anlagenleistung in Abhängigkeit der Technologie und Umgebungsbedingungen sowie Regelungsverluste) und „**Betriebszeitfaktor**“ sowie „**Dimensionierungsfaktor**“.

Die folgenden Rechenwerte können im Rahmen einer Besichtigung erhoben und für die Abschätzung der Verlustgrößen herangezogen werden:

Spezifischer Bereitschaftsverlust (q_B): Fiktiver Rechenwert zur Berücksichtigung aller Verluste, die von der Dimensionierung des Wärmeerzeugers abhängen und durch unterschiedliche Lastzustände während einer Heizperiode auftreten (Abstrahlung, innere Auskühlung, erhöhte Abgasverluste durch höheren Luftüberschuss und/oder unvollständige Verbrennung, Überwärmung durch mangelnde Regelbarkeit der Anlage). Entspricht nicht dem von einigen Kesselherstellern angegebenen Wert laut VDI 3815. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass der Bereitschaftsverlust über die Heizperiode konstant auftritt. Das ist vor allem dann richtig, wenn die Stillstandszeiten relativ kurz sind (keine oder mäßige Überdimensionierung). Für Festbrennstoffkessel wurden tatsächliche Praxismessungen so ausgewertet, dass äquivalente spezifische Bereitschaftsverluste für den Einsatz in der Formel errechnet wurden.

Betriebszeitfaktor (f_B): Überschlägiger Wert für das Verhältnis von Volllaststunden zu Bereitschaftsstunden (Länge der Heizperiode) bei exakter Dimensionierung. Stellt ein Maß für die Dimensionierung der Anlage dar (gilt nicht für Wärmepumpen). Bei Einzelofen ist zu beachten, dass in der Praxis oft deutlich höhere Überdimensionierungen auftreten. Für die Abschätzung in der Energieberatung wird als Basiswert eine Heizperiode mit 5100 Stunden (ca. sieben Monate) angenommen. Somit ergibt sich mit ca. 1700 Volllaststunden der Wert für „Angemessen“ (Dimensionierung auf Heizlast) mit $f_B = 0,3$ (Bedeutung: der Heizkessel ist während 1/3 der Heizperiode in Betrieb, bezogen auf die Betriebszeit müssen Bereitschaftsverluste mit dem Faktor „3,33“ multipliziert werden. In bivalenten Systemen (z.B. mit Wärmepumpe, selten mit Einzelofen) kann der Betriebszeitfaktor entsprechend korrigiert werden (**Tabelle 8-8** oder **Tabelle 8-9**).

Dimensionierungsfaktor (f_{Dim}): Verhältnis der (Kessel)Nennleistung zur maximal benötigten Heizleistung (Heizlast) bzw. der Betriebszeit bei angemessener Dimensionierung (Annahme = 1700 Stunden) zur tatsächlichen Betriebszeit) und somit auch ein Maß für die Vollbenutzungsstunden (Betriebszeit bei angenommener Volllast) der Anlage (siehe Betriebszeitfaktor). Wenn man die Dauer der Heizperiode durch (f_{Dim} / f_B) dividiert, erhält man überschlägig die Betriebsstunden (bzw. kann man aus den Betriebsstunden auf die anderen Größen schließen).

Formel 8-4: Abschätzung des Jahresnutzungsgrades der Raumwärmeversorgung aus typischen Verlustgrößen (Frey, 1981)

$$\eta_{RW} = 1 - \frac{\text{Abgasverlust (\%)}}{100} - \frac{f_{Dim}}{\text{Betriebszeitfaktor}} \cdot \frac{\Sigma \text{Spezifische Verlustgrößen (\%)}}{100} \cdot 0,97$$

Für die Ermittlung der Tabellenwerte wurde der Wärmeverteilungsnutzungsgrad mit 97 % angenommen.

Tabelle 8-1: Übliche Rechenwerte zur Ermittlung der Jahresnutzungsgrade der Wärmeerzeugung (Frey, 1981)

Wärmeerzeuger	Brennstoff	Wärmeerzeugungsverluste [%]				Spez. Regelungsverlust	η_{RW} für grobe Abschätzung ($f_{Dim} = 1,0$)	η_{RW} für grobe Abschätzung ($f_{Dim} = 1,5$)	η_{RW} für grobe Abschätzung ($f_{Dim} = 2,0$)
		Mittlerer Abgasverlust	Spez. Auskühlverlust						
			über die Oberfläche	über den Rauchfang					
Durchbrandkessel	Holz	30	1,8	0,2	1,5	0,57	0,51	0,45	
	Braunkohle	25	1,8	0,2	1,5	0,61	0,56	0,50	
	Koks, Steinkohle	20	1,8	0,2	1,0	0,68	0,63	0,58	
Untenabbrandkessel mit Naturzug	Holz	25	1,8	0,2	1,0	0,63	0,58	0,53	
	Kohle	20	1,8	0,2	1,0	0,68	0,63	0,58	
Untenabbrandkessel mit Gebläse	Holz	20	1,8	0,1	0,5	0,70	0,66	0,62	
	Kohle	15	1,8	0,1	0,5	0,75	0,71	0,67	
Retortenfeuerung	Hackgut	15	2,8	0,1	~	0,73	0,68	0,64	
	Pellets	10	1,1	~	~	0,84	0,82	0,80	
Vorofenfeuerung	Hackgut	15	2,8	0,1	~	0,73	0,68	0,64	
Umstellbrandkessel	Heizöl EL	15	2,8	~	~	0,73	0,69	0,64	
	Holz	25	2,8	0,2	1,0	0,60	0,53	0,47	
Öl Spezialkessel atm	Heizöl EL	20	0,8	~	~	0,75	0,74	0,72	
Gas Spezialkessel atm	Gas	10	0,8	~	~	0,85	0,83	0,82	
Gas Heiztherme	Gas	10	~	~	1,0	0,84	0,82	0,81	
Öl-Gas Gebläsekessel HT	Heizöl EL / Gas	10	0,8	~	~	0,85	0,83	0,82	
Öl-Gas Gebläsekessel NT	Heizöl EL / Gas	10	0,6	~	~	0,85	0,84	0,83	
Brennwertkessel ¹⁾	Öl / Gas	5	0,6	~	~	0,90	0,89	0,88	
Elektro-Zentralspeicher	Strom	~	2,0	~	~	0,91	0,87	0,84	
Elektro-Durchflußkessel	Strom	~	0,5	~	~	0,95	0,95	0,94	
Fernwärmeumformer	Heißwasser	~	0,5	~	~	0,95	0,95	0,94	
Wärmepumpe	Strom	Jahresarbeitszahl berechnen							

¹⁾ Abgasverlust bezogen auf H_u in Abhängigkeit von Vorlauf und Rücklaufemperatur: 0 bis 5 %

Bilden zwei Anlagen gemeinsam die Grundheizung (bivalente Raumwärmeversorgung), so sind Werte für die beiden Anlagen abzuschätzen und über ihre Anteile an der Raumwärmeversorgung zu mitteln.

Beispiel 8-1: Heizlastabschätzung aus Kesselleistung und Betriebsstunden

Ein Ölkessel mit 25 kW Nennleistung, der nur für die Heizung eingesetzt wird, weist pro Jahr laut Zähler 1100 Betriebsstunden auf. Wie hoch ist nach erster Abschätzung die Heizlast des Gebäudes?

$$f_{Dim} = P_N / P_{tot} = 1700 / 1100 = 1,55$$

$$P_{tot} = 25 / 1,55 = ca. 16 \text{ kW}$$

8.2. Abgasverluste

Wenn auch der Energieberater oder die Energieberaterin in der Regel keine Messungen durchführt, ist eine Kenntnis der folgenden Zusammenhänge als Hintergrund für Beratungen erforderlich. Abgasmessungen werden vom Rauchfangkehrer (Rauchfangkehrerin) oder Installateur (Installateurin) durchgeführt. Die österreichischen Bundesländer publizieren Listen der Fachleute, die zur periodischen Überprüfung von

Feuerstätten für befugt sind.²⁸ Es macht in jedem Fall Sinn, diesen Vorgang in einen Vorortbesuch im Rahmen einer Energieberatung zu integrieren.

Abgasverluste = Summe der Verluste durch **fühlbare Wärme** (Wärmeinhalt der Abgase unter Prüfbedingungen am Kesselausgang in % des Energieverbrauchs) und durch **Unverbranntes** (Heizwert der unter Prüfbedingungen nicht verbrannten Brennstoffanteile in % des Energieverbrauchs. In erster Näherung wird nur der Verlust durch CO berücksichtigt).

Die Zwecke der Abgasmessung sind:

- Feststellung der Betriebssicherheit (z.B. Emissionen, Kondensation, Minimalanforderungen an den Wirkungsgrad).
- Bereitstellung des Rechenwertes für den feuerungstechnischen Wirkungsgrad bzw. die Abgasverluste, vorrangig durch fühlbare Wärme (Umrechnung aus den Messungen von Temperaturdifferenz und CO₂) und Unverbranntes (Umrechnung aus dem Messwert der CO-Konzentration).

Eine Abgasmessung allein kann keine Aussage zur Effizienz der Anlage (Jahresnutzungsgrad) treffen.

Alle Messungen sollten nur bei typischen Anlagenbedingungen (z.B. geschlossener Heizraumbür) und Vorlaufbedingungen vorgenommen werden. Bei Öl- und Gaskesseln wird das Ergebnis einer Einzelmessung als typisch für die mittleren Betriebsbedingungen während der gesamten Heizperiode angenommen. Bei Festbrennstoffkesseln ist es erforderlich, eine Reihe von Messungen über eine Verbrennungsphase durchzuführen.

Grundsätzlich kann eine Abgasmessung auch bei Einzelöfen durchgeführt werden. Die Verbrennungsbedingungen sind jedoch dermaßen schwankend, dass auch eine Reihe von Messungen keine ausreichend genauen Schlüsse auf eine gesamte Heizperiode zulässt.

8.2.1. Kenn- und Rechenwerte zur Ermittlung der Abgasverluste

Abgasverluste entstehen durch den Wärmeinhalt des Abgases bei vollständiger Verbrennung und den Heizwert unverbrannter Bestandteile des Brennstoffs im Abgas (vor allem CO / Kohlenmonoxid: Heizwert = 3,5 kWh/kg). Letztere entstehen in alten, schlecht angepassten und geregelten Anlagen sowie unter ungünstigen (z.B. zu starker Rauchfangzug) und stark wechselnden (z.B. Anfahren und Abstellen) Verbrennungsbedingungen sowie bei Verwendung feuchter und in der Form wenig geeigneter Festbrennstoffe. Verluste durch Unverbranntes (= „Rauch“) können im Einzelfall über 5 % zum Abgasverlust beitragen.

Die Verlustgrößen können aus den Messwerten (Temperaturen und CO₂-Konzentration) über Algorithmen abgeschätzt werden, welche die wichtigsten Einflussgrößen (chemische Zusammensetzung, Luftbedarf pro kg/Brennstoff, Förderdruck im Kamin) in Kenngrößen zusammenfassen: σ (Siegertfaktor) und f_{CO} (Emissionsfaktor für Kohlenmonoxid).

²⁸ Beispiel NÖ: http://www.noel.gv.at/bilder/d84/Alph-Liste_2014-12-30_.xlsx

Tabelle 8-2: Beiwerte zur Berechnung der Abgasverluste (Frey, 1981)

Brennstoff	σ (Siegertfaktor)	f_{CO}
Holz	0,80	75
Braunkohle	0,90	70
Braunkohle Briketts	0,75	62
Steinkohle	0,67	60
Koks	0,75	67
Heizöl	0,69	50
Erdgas	0,45	36
Flüssiggas	0,50	41

0,80 als σ für Holz wurde rechnerisch für einen Luftüberschuss von 2 ermittelt und gilt genau für ca. 30 % Feuchtigkeit. Der Wert schwankt von 0,75 für getrocknetes Holz (ca. 15 % Feuchtigkeit) bis 0,85 für waldfrisches Holz (ca. 50 % Feuchtigkeit). Die anderen Werte gelten für übliche Luftüberschüsse (je nach Brennstoff zwischen 1,2 und 2).

Formel 8-5: Überschlägige Berechnung nach Siegert (Frey, 1981)

$$\text{Verluste durch fühlbare Wärme} = \sigma \cdot \frac{T_A - T_L}{(CO_2 + CO)}$$

$T_A - T_L$: Differenz zwischen Abgastemperatur und Heizraumtemperatur

Formel 8-6: Abgasverluste durch Unverbranntes (CO) (Frey, 1981)

$$Q_{CO} = f_{CO} \cdot CO / (CO_2 + CO) [\%]$$

Rußzahl: Relative Bestimmung des Anteiles von Ruß (unverbrannter fester oder flüssiger Brennstoff) im Abgas nach Bacharach (Rußzahl von 0 – 9; sichtbare Rauchgrenze bei einer Rußzahl von ca. 5). Aus der Rußzahl kann man zumindest qualitativ auf weitere Verluste durch Unverbranntes schließen.

Beispiel 8-2: Ermittlung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades

Ölheizung, 20 °C im Heizraum, 150 °C Abgastemperatur, 15 % CO₂, 0,5 % CO

Verluste durch fühlbare Wärme = 0,69 • 130 / 15,5 = 5,8 % (Anmerkung: runden auf 6 %)

Verluste durch CO = 50 • 0,5 / 15,5 = 1,6 % (Anmerkung: Werte in Festbrennstoffheizungen können bis zu 10-fach höher ausfallen und sollten in der Berechnung berücksichtigt werden.)

Gesamtverluste: 5,8 + 1,6 = 7,4 %

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad dieses Kessels beträgt somit ca. 92,6 %.

8.2.2. Einflüsse der Zugstärke des Rauchfangs auf den Abgasverlust

Nicht immer ist es möglich, den typischen Betriebszustand einer Anlage im Rahmen der Abgasmessung zu erfassen (z.B. Windverhältnisse). Es ist somit sinnvoll, sich einen Eindruck vom Zusammenspiel von Kessel und Rauchfang zu verschaffen.

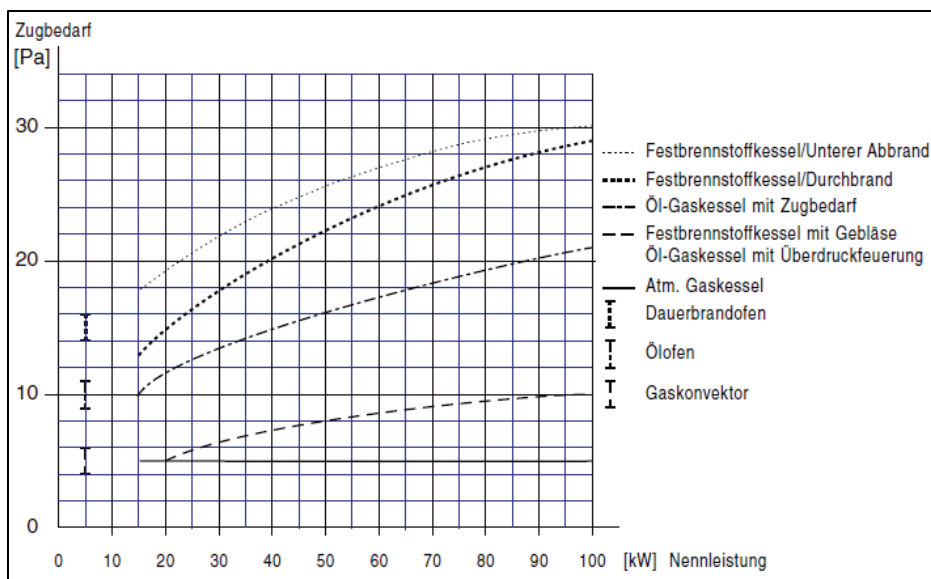


Abbildung 8-1: Zugbedarf von Wärmeerzeugern (Frey, 1981)

Wenn Zugbedarf und Zugstärke stark abweichen und keine Zugregelung installiert ist, können zusätzliche Verluste auftreten. Diese werden zum Abgasverlust addiert, wenn der Umstand nicht bereits in der Abgasmessung berücksichtigt ist.

Tabelle 8-3: Zusätzliche Abgasverluste durch zu hohen Rauchfangzug (Frey, 1981)

Kesselart	Abgasverluste von Heizkesseln durch hohen Rauchfangzug % des Energieverbrauchs		
	Verhältnis Zugstärke zu Zugbedarf		
	< 1,5	1,5 – 2,5	> 2,5
Festbrennstoffkessel, atm Ölkessel	0	5	10
Öl-Gaskessel mit Zugbedarf, atm. Gaskessel	0	2	4
Öl-Gaskessel ohne Zugbedarf	0	0	0

Tabelle 8-3 gibt Richtwerte jenes Anteiles der Abgasverluste in % des Energieverbrauches an, die durch hohen Rauchfangzug bedingt sind. Im Falle einer Abgasmessung sind diese Verlustwerte bereits im errechneten Abgasverlust enthalten. Da für Festbrennstoffkessel und atmosphärische Ölkessel keine Literaturwerte vorliegen, wurden Erfahrungen mit Einzelöfen auf Zentralheizungen extrapoliert.

Diese Anteile lassen sich durch Maßnahmen zur Zugverminderung reduzieren, die Tabellenwerte stellen die maximalen Einsparungsmöglichkeiten dar.

Beispiel 8-3: Bewertung des Einflusses von Zugbedarf und Zugstärke

Festbrennstoffkessel, 25 kW, gemessene Zugstärke 25 Pa

Zugbedarf laut Grafik = ca. 20 Pa; Zugstärke / Zugbedarf < 1,5, daher weder zusätzliche Verluste noch ein nennenswertes Einsparpotenzial durch entsprechende Maßnahme.

8.3. Auskühlverluste von Wärmeerzeugern in Betrieb und Bereitschaft

Der wichtigste und direkt im Rahmen einer Energieberatung leicht zu beurteilende Verlust ist die Wärmeabstrahlung von Kesseloberfläche und –anschlüssen. Diese wird in % der Kesselnennleistung auch in Prüfberichten angeführt. Die Tabellenwerte sind für Kessel mit 30 kW ermittelt, bei abweichenden

Kesselleistungen muss mit einem Faktor (siehe **Tabelle 8-4**) korrigiert werden (abhängig vom Verhältnis Kesselleistung zu Kesseloberfläche). Wichtige Einflussgrößen für die Höhe des spezifischen Auskühlverlustes sind die Kesseltemperatur, das Ausmaß der Dämmung und der Anteil ungedämmter Bereiche (z.B. Füll- und Aschentüren bei Festbrennstoffkesseln).

Formel 8-7: Abstrahlverluste von Wärmeerzeugern über die Oberfläche

$$\text{Abstrahlverlust} = \frac{f_{Dim}}{\text{Betriebszeitfaktor}} \cdot \frac{\text{spezifischer Abstrahlverlust} \cdot \text{Korrekturfaktor}}{100} (\%)$$

Tabelle 8-4: Verhältnis von Kesseloberfläche und Nennleistung (Frey, 1981)

P _N [kW]	10	15	20	25	30	35	45	60	80	100	150	200
Korrekturfaktor	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5

Tabelle 8-5: Abschätzung des spezifischen Auskühlverlustes über die Kesseloberfläche (Frey, 1981)

Ungedämmte Kesseloberfläche	Kesseldämmung	Spezifischer Auskühlverlust über die Kesseloberfläche in % der Kesselnennleistung			
		Mittlere Kesseltemperaturen in der Heizperiode			
		Überwiegend über 70 °C	Konstant 70 °C oder schwankend 90 – 50 °C	Konstant 50 °C oder schwankend 70 – 30 °C	Überwiegend unter 50 °C
Gering	Über 6 cm	1,0	0,8	0,5	0,3
	Bis 6 cm	2,0	1,6	1,0	0,6
Mäßig	Über 6 cm	2,0	1,7	1,3	1,0
	Bis 6 cm	3,0	2,5	1,8	1,3
Groß	Über 6 cm	3,0	2,6	2,1	1,7
	Bis 6 cm	4,0	3,4	2,6	2,0

Tabelle 8-5 gibt spezifische Auskühlverluste von Heizkesseln über die Kesseloberfläche in Abhängigkeit von der Kesseldämmung und der durchschnittlichen Kesseltemperatur an. Für Wärmepumpen kann dieselbe Tabelle herangezogen werden. Der Rechenwert ist dabei im Normalfall mit 0,3 % und angemessener Dimensionierung, somit mit insgesamt ca. 1 % des Energiebedarfs anzunehmen, und somit praktisch vernachlässigbar.

Spezifischer Auskühlverlust: Durchschnittlicher Verlustanteil in % der Kesselnennleistung während der Heizperiode. Der spezifische Auskühlverlust stellt einen Mischwert zwischen Verlusten während des Vollastbetriebes (höhere Abstrahlung), der Bereitschaftszeit und des Kleinlastbetriebes (nur bei festen Brennstoffen) dar. Die Abhängigkeit von der Kesseltemperatur wurde unter Annahme einer linearen Abnahme des spezifischen Auskühlverlustes durch den Mantel mit sinkender Temperaturdifferenz zum Heizraum (T_{Heizraum} = 20°C) ermittelt. Der spezifische Auskühlverlust über die ungedämmten Kesselteile, der vor allem für Festbrennstoffkessel entscheidend ist, sinkt nicht linear mit der Kesseltemperatur, da diese nicht nur von der Feuerraumtemperatur abhängt. Durch die Annahme einer linearen Absenkung wird berücksichtigt, dass bei deutlicher Überdimensionierung (auch z.B. nach Dämmmaßnahmen am Haus) das Heizverhalten geändert wird (selteneres Einheizen). Die Tabellenwerte wurden für Dämmdicken von 4 bzw. 8 cm errechnet.

Ein Sonderfall sind atmosphärische Gaskessel, die durch die offene Flamme einen hohen Abstrahlverlust in der Bereitschaft haben, der allerdings im Fall von Etagenheizungen und Einzelöfen direkt der Beheizung zugerechnet und nicht im Nutzungsgrad berücksichtigt wird.

Beispiel 8-4: Bereitschaftsverluste und Einsparpotenzial

Ermittlung der Auskühlverluste über die Oberfläche als Basis für das Einsparpotenzial.

Alter Hackgutkessel auf der Basis eines Holzkessels, doppelt überdimensioniert mit 45 kW, dadurch aber im Mittel mit ca. 50 °C betrieben.

Spezifischer Auskühlverlust = 2,6 %

Über die Heizperiode beträgt der Verlust allerdings (Betriebszeitfaktor von 0,8 und Überdimensionierung berücksichtigt): 2,6 • 3 • 2 • 0,8 = 12,5 % (inklusive der Betriebszeit).

Andere Betrachtungsweise über Gesamtenergiemengen:

0,026 • 45 • 0,8 = 0,94 kW (Dauerabstrahlung über die Heizperiode)

0,94 • 5100 = ca. 4.800 kWh (von geschätzten ca. 45 • 1700 / 2 = 38.300 kWh)

Hat ein Heizkessel oder Ofen keine Vorrichtung, welche die Durchströmung im Stillstand verhindert, ergeben sich zusätzliche Bereitschaftsverluste durch Auskühlung über den Rauchfang.

Formel 8-8: Auskühlverluste über den Rauchfang

Auskühlverlust über den Rauchfang

$$= \frac{f_{Dim}}{Betriebszeitfaktor} \cdot \frac{\text{spezifischer Auskühlverlust}}{100} (\%)$$

Tabelle 8-6: Spezifischer Auskühlverlust über den Rauchfang (Frey, 1981)

Wärmetauscherfläche	Verhältnis Zugstärke zu Zugbedarf	Spezifischer Auskühlverlust über den Rauchfang % der Kesselennleistung			
		Mittlere Kesseltemperaturen			
		überwiegend über 70 °C	konstant 70 °C oder schwankend 90 – 50 °C	konstant 50 °C oder schwankend 70 – 30 °C	überwiegend unter 50 °C
Gering	< 1,5	0,25	0,20	0,15	0,10
	< 1,5	0,50	0,40	0,30	0,20
Groß	< 1,5				
	≥ 1,5	1,00	0,80	0,60	0,40
Luftabschluß im Stillstand	Kein innerer Auskühlverlust				

Tabelle 8-6 gibt spezifische Auskühlverluste von Heizkesseln über den Rauchfang (Innere Abkühlung) in Abhängigkeit von der Wärmetauscherfläche (moderne Stahlkessel haben kleinere Flächen, daher ist auch die Wärmeabgabe im Stillstand geringer), Zugstärke des Rauchfanges und der mittleren Kesseltemperaturen an.

Die Auskühlung über den Rauchfang erfolgt nur außerhalb der Betriebszeit. Der Tabellenwert stellt allerdings einen Mischwert für die gesamte Heizperiode dar, dessen Genauigkeit für die Abschätzung der Auskühlverluste ausreicht. Bei Luftabschluss im Stillstand (händisch oder automatisch) wird keine Innere Auskühlung berücksichtigt.

Die Zugstärke des Rauchfanges ist entweder im Rahmen einer Überprüfung zu messen oder abzuschätzen (Zugstärke [Pa] = 4 · Höhe des Rauchfanges in m).

8.3.1. Nutzbare Abstrahlverluste („Wärmerückgewinnung“)

Prinzipiell sind Abstrahlverluste, die zum beheizten Wohnraum erfolgen, entweder nicht in die Berechnung des Nutzungsgrades der Heizanlage einzubeziehen, oder „Fremdwärmebeiträge“ zu berücksichtigen.

In der Praxis betrifft das

- die Erhöhung der Heizraumtemperatur (Änderung des Abminderungsfaktors für die Ermittlung der Wärmeverluste zum Keller),
- die Abstrahlung des Rauchrohres von Einzelöfen, die im Wohnraum aufgestellt sind (**Tabelle 8-15**),
- die Abstrahlung des Kamins zum Wohnraum (eigentlich müsste die für die Verlustrechnung verwendete Abgastemperatur in der oberen Putzöffnung, z.B. auf dem Dachboden, gemessen werden). Diese Messung kann auch zur Abschätzung von Kondensationsgefahr Sinn machen.

Erhöhung der Heizraumtemperatur: Bei hohen Abstrahlverlusten wird die mittlere Temperatur des Heizraums in den Bereich der Raumtemperatur des beheizten Bereiches gehoben. Das kann überschlägig durch die Korrektur des für die gesamte Kellerdecke verwendeten Korrekturfaktors ausgeglichen werden, verringert somit die tatsächlichen Transmissionswärmeverluste. Die **Tabelle 8-7** gilt für typische Größenverhältnisse, der Heizraum umfasst ca. 25 % der Kellerfläche, beeinflusst somit auch die Temperatur der anderen Kellerräume. Bei anderen Verhältnissen muss der Korrekturfaktor nach unten oder oben angepasst werden (Schätzung!).

Tabelle 8-7: Korrektur der Kellertemperatur bei Vorhandensein eines Wärmeerzeugers (Frey, 1981)

Bauteil	f (Korrekturfaktor)			
	U _m -Wert des Bauteiles [W/m ² K]			
	Unter 0,6	0,6 bis 1,3	1,4 bis 2,0	über 2,0
Bauteile zu nicht beheizbarem Keller	0,30	0,25	0,20	0,15
Wärmeerzeuger mit hoher Abstrahlung				
Wärmeerzeuger mit geringer Abstrahlung oder keine Zentralheizung	0,50 ¹⁾	0,45	0,40	0,35

¹⁾Wert für unbeheizten Keller aus den entsprechenden Normen

Beispiel 8-5: Abschätzung des Transmissionsverlustes zu einem erwärmten Keller

Wie beeinflusst die Kesselabstrahlung die Transmissionswärmeverluste?

Kellerdecke 80 m², u-Wert 1,0, starke Abstrahlung, 3600 Kd HGT 20/12

Reduktion der Transmissionswärmeverluste = (0,45 – 0,25) • 80 • 1,0 • 3600 • 0,024 = 1380 kWh/Jahr

Das bedeutet, dass die Wirtschaftlichkeit einer Kellerdeckendämmung entsprechend reduziert ist.

Diese Energiemenge kann einen guten Teil der über die Analyse der Heizanlage errechneten Wärmeverluste (Kessel und Verteilung) ausmachen. Durch das Berechnungsbeispiel soll dieser Umstand qualitativ ins Bewusstsein geholt werden, da er auch etwaige Einsparrechnungen durch Heizungsumstellung beeinflusst bzw. auf andere Weise nicht nur negativ gesehen wird (z.B. Trocknung von Schuhen im Winter).

Abstrahlung des Kamins zum Wohnraum: Zwischen Unter- und Oberkante des beheizten Wohnbereichs fungiert ein eingebauter Kamin als Heizkörper, der während der Betriebszeit unregelmäßig aber relativ konstant und oft zentral Wärme abgibt. Erst darüber kann die fühlbare Wärme des Abgasstromes tatsächlich als Verlust betrachtet werden. Diese Wärmeabgabe hat ihre Ursache allerdings in einer Abkühlung, die im Grenzfall zu unerwünschter Kondensation im Kamin führen kann.

- **Kondensationsgefahr** ist gegeben, wenn die Austrittstemperatur im Bereich des Taupunktes der Abgase liegt.
 - **Säuretaupunkt:** Bei schwefelhaltigen Brennstoffen zwischen 100°C und 150°C. Die untere Grenze gilt bei geringem Schwefelgehalt (0,3 %), vollständiger Verbrennung mit niedrigem

Luftüberschuss und niedrigem Wassergehalt der Abgase (z.B. Heizöl EL), die obere Grenze für stark schwefelhaltige (ca. 2 %) Kohle.

- **Wassertaupunkt:** Je nach Wassergehalt der Abgase und Luftüberschuss zwischen 35°C (Steinkohle, hoher Luftüberschuss) und 70°C (feuchte Braunkohle oder frisches Holz, zu geringe Luftzufuhr).
- Kondensat im Kamin führt Problemen und Emissionssteigerungen beim Anheizen, da ein Teil der Wärme im Abgas jeweils zur Austrocknung genutzt werden müssen, wenn das nicht ausreichend gewährleistet werden kann, langfristig auch zu Bauschäden.

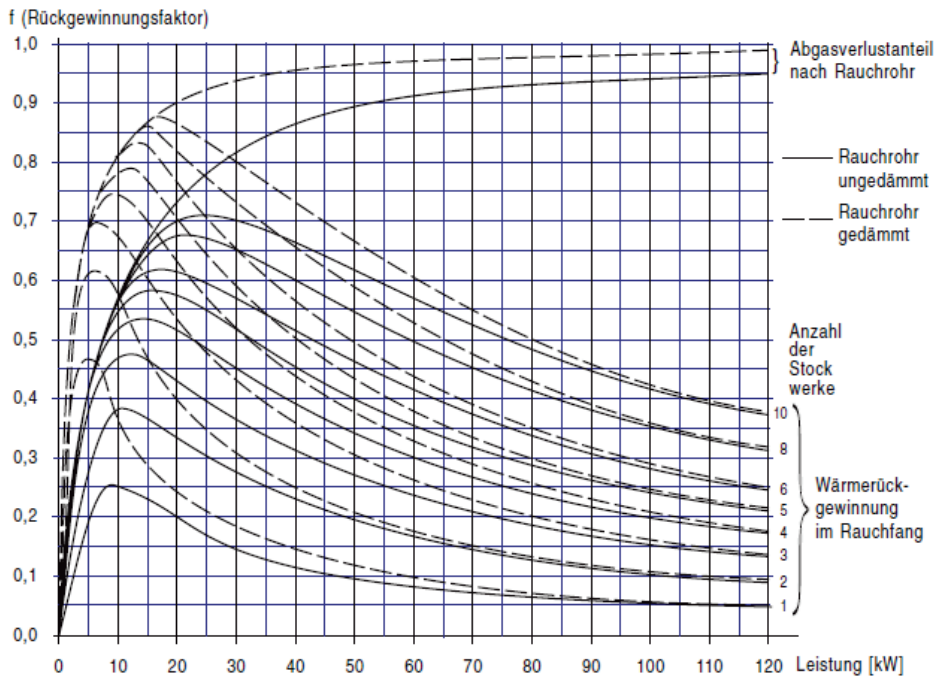


Abbildung 8-2: Wärmerückgewinnung und Kondensation in ungedämmten Rauchfängen (Frey, 1981)

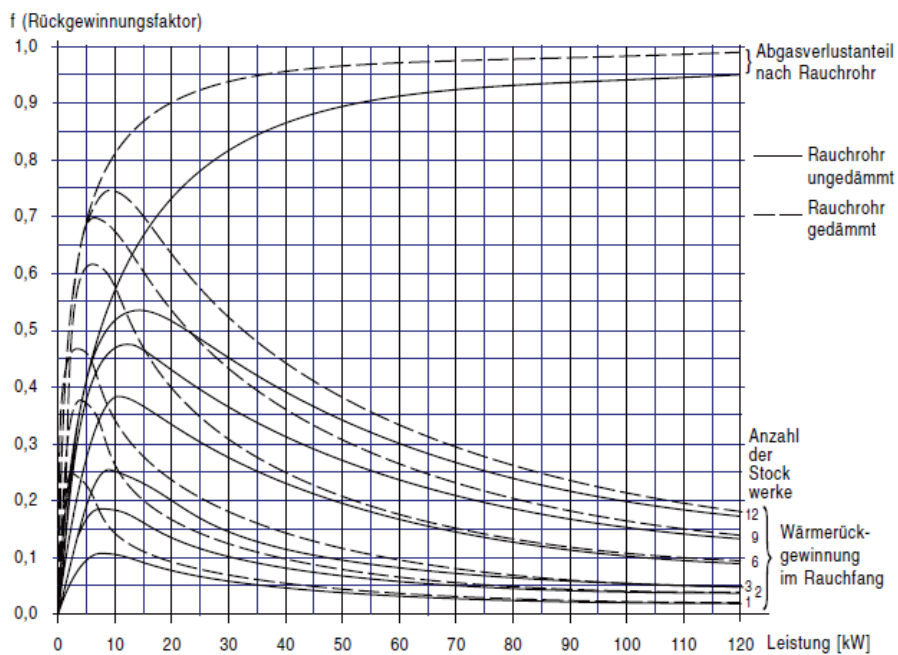


Abbildung 8-3: Wärmerückgewinnung und Kondensation in gedämmten Rauchfängen (Frey, 1981)

- **Wärmerückgewinnung:** Die Diagramme ermöglichen die Berechnung der Wärmerückgewinnung aus dem Abgas durch Abstrahlung des Rauchfanges in den Nutzräumen sowie die Quantifizierung der Kondensationsgefahr.
 - Der Rückgewinnungsfaktor ist in einem logarithmischen Zusammenhang (die Abstrahlung sinkt mit sinkender Abgastemperatur von unten nach oben) von einer Vielzahl von Einflussgrößen abhängig, die für die vorliegende Abschätzung nur überschlägig berücksichtigt wurden (Frey, 1981).
 - Für ein Haus mit zwei bewohnten Geschoßen und einem gemauerten, ungedämmten Kamin beträgt die mittlere Heizleistung desselben ca. 1 kW und trägt somit bis zu 5.000 kWh/Jahr zur Heizung bei.
 - Durch die Dämmung des Rauchrohres wird die Temperatur im Rauchfang erhöht. Dadurch steigt die Rückgewinnung während gleichzeitig die Gefahr der Kondensation sinkt.

Beispiel 8-6: Wärmerückgewinnung und Kondensation in Rauchfängen

Ein überdimensionierter Festbrennstoffkessel (30 kW, Abgasverlust durch fühlbare Wärme 30 %), in einem Einfamilienhaus mit zwei beheizten Stockwerken soll gegen einen Ölkessel (10 – 15 kW) ausgetauscht werden. Rauchfang und Rauchrohr sind ungedämmt. Das Diagramm ermöglicht folgende Abschätzungen:

- *Wärmerückgewinnung: ca. 27 % der Abgasverluste, d.h. $(30 \times 0,27 = 8,1 \%$ der Gesamtverluste), sodass der tatsächliche Abgasverlust zurzeit ca. 22 % beträgt.*
- *Durch Dämmung des Rauchrohres könnte die Wärmerückgewinnung in den beheizten Bereich um ca. 1 % erhöht werden $(30 \times 0,31 = 9,3 \%)$.*
- *Nach Einbau eines Ölkessels mit 10 kW liegt die Wärmerückgewinnung im Kurvenmaximum ($f = 0,38$), das bedeutet große Kondensationswahrscheinlichkeit im Kamin.*
- *Durch Dämmung des Rauchrohres ($f = 0,58$) kann die Gefahr nicht ganz gebannt werden.*
- *Möglichkeiten zur Behebung der Kondensationsgefahr: Rauchfangdämmung (unteres Diagramm): Wärmerückgewinnung ca. 2 % $(10 \times 0,18)$, hohe Kosten. Anschaffung eines Kessels mit höherer Leistung (oberes Diagramm): bei 20 kW Wärmerückgewinnung ca. 3 % $(10 \times 0,33)$, dadurch auch höhere Bereitschaftsverluste.*

Ohne einen Prüfbericht, aus dem der verbrennungstechnische mittlere Wirkungsgrad der Heizanlage abschätzbar ist, muss auf Schätzwerte zurückgegriffen werden. Sowohl bei gut gewarteten Altanlagen (Unterschätzung) als auch bei schlecht dimensionierten und eingestellten Neuanlagen (Überschätzung) kann man dabei sehr weit daneben liegen. Das gilt besonders für Festbrennstoffkessel und deren Teillastverhalten. Bei vollständiger Verbrennung kann der Wirkungsgrad in Teillast sehr hoch sein (niedrige Abgastemperatur), bei unvollständiger Verbrennung entsprechend niedrig. Hauptursache dafür sind unverbrannte Anteile und deren Energieinhalt (verkohlte Reste in der Asche, CO und „Rauch“).

8.4. Wärmepumpenheizung

Wärmepumpen zur Raumheizung werden durch die folgenden Charakteristika unterschieden: Wärmequelle (und damit meistens auch Wärmequellentemperatur), Medium der Wärmeübertragung, Betriebsweise, Auslegungstemperatur, erforderliche Heizwassertemperatur (Vorlauftemperatur und durch die Abhängigkeit von der thermischen Qualität indirekt somit auch eine Gebäudekenngröße!), Leistungszahl unter genormten Bedingungen. Der für die Energieberatung entscheidende Wert ist die Jahresarbeitszahl (β), das Verhältnis der während der gesamten Einsatzperiode erzeugten Wärmemenge zur eingesetzten Antriebsenergie (zumeist elektrischer Strom). Sie entspricht prinzipiell dem Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugung beim Einsatz eines Heizkessels, beinhaltet aber die elektrischen Hilfsantriebe.

Wärmequelle: Durch die Wärmequelle ist auch deren Temperatur über die Heizperiode bestimmt. Je tiefer in der Erde die Wärmeentnahme erfolgt, desto höher und gleichmäßiger ist diese Temperatur.

- **Luft:** Ventilator mit Innen- oder Außenaufstellung oder Solekreislauf mit Sonnenenergienutzung. Bei kontrollierter Be- und Entlüftung auch im Abluftstrom möglich.
- **Erdreich:** Solekreislauf in Flächen- oder Grabenkollektoren oder Erdsonden (bis über 100 m).
- **Grundwasser:** Direkte oder indirekte (Wärmetauscher mit Solekreislauf) Nutzung.

Wärmeübertragung:

- **Direkt:** Die Wärmequelle (Luft, Wasser, direkt verdampfendes Medium) wird durch die Wärmepumpe transportiert und dort abgekühlt.
- **Direktverdampfer:** Durch horizontal verlegte Kupferrohre mit Kunststoffummantelung zirkuliert das Kältemittel direkt in 1,2-1,5m Tiefe (30 cm unter der Frostgrenze) im Boden. Der "Verdampfer" der Wärmepumpe liegt also im eigenen Garten. Das System ist dem Sole-Flächenkollektor ähnlich. Durch den Entfall der Wärmeübertragung von einem Solekreislauf auf das Kältemittel ist dieses System zwar effizienter als der Sole-Flächenkollektor, die Qualitätssicherung ist aber problematisch.
- **Durch Sole:** Ein speziell geeignetes Übertragungsmedium (Sole) wird in einem geschlossenen Kreislauf in der Wärmequelle (Luft, Erdreich, Wasser) erwärmt und in der Wärmepumpe abgekühlt.

Betriebsweise:

- **Monovalent:** Die Wärmepumpe stellt den einzigen Wärmeerzeuger dar.
- **Bivalent-alternativ:** Die Wärmepumpe ist einer von zwei Wärmeerzeugern, die nie gleichzeitig in Betrieb sind. Die Wärmepumpe liefert die erforderliche Wärme bis zu einer bestimmten minimalen Außentemperatur (zwischen +5°C und -5°C). Unter dieser Temperatur wird der zweite Wärmeerzeuger zur Deckung des Bedarfes eingesetzt.
- **Bivalent-parallel:** Die Wärmepumpe ist einer von zwei Wärmeerzeugern, die alleine oder gleichzeitig in Betrieb sind. Die Wärmepumpe liefert die erforderliche Wärme bis zu einer bestimmten minimalen Außentemperatur (zwischen +5°C und -5°C) alleine. Unter dieser Temperatur wird der zweite Wärmeerzeuger zur Deckung des Restbedarfes zugeschaltet.

Auslegungstemperatur: Jene Außentemperatur, bis zu der die Wärmepumpe den gesamten Wärmebedarf decken kann.

Bei monovalenten Anlagen ist die Auslegungstemperatur im Allgemeinen gleich der Normaußentemperatur. Bei bivalenten Anlagen entspricht die Auslegungstemperatur jener Außentemperatur, bei der der zweite Wärmeerzeuger in Betrieb genommen wird. Die Auslegungstemperatur ist mitentscheidend für Jahresarbeitszahl, Deckungsgrad und Dimensionierung der Wärmepumpe.

Heizwassertemperatur: Maximal benötigte Vorlauftemperatur bei reinem Wärmepumpenbetrieb. Die Heizwassertemperatur wird unter Auslegungsbedingungen von der Wärmepumpe erreicht, wenn diese ständig läuft. Dieser Wert ist mitentscheidend für Leistungs-, Arbeitszahl und Dimensionierung der Wärmepumpe. Die Übereinstimmung der Heizkurve mit der Heizwassertemperatur sollte kontrolliert werden.

Durch die niedrigen Temperaturen und die Möglichkeit der vollständigen Dämmung ist die Dimensionierung einer Wärmepumpe von relativ untergeordneter Bedeutung, stellt aber eine Kenngröße zur Orientierung (z.B. im Anlassfall zu geringer Raumtemperaturen im Winter) dar.

Tabelle 8-8 und **Tabelle 8-9** zeigen das Verhältnis der Leistungszahl zur Jahresarbeitszahl für typische Wärmepumpenanlagen. Wichtige Informationen aus der Tabelle betreffen die niedrigen Leistungszahlen von Luft-Wasser-Wärmepumpen bei Norm-Außentemperatur sowie die Reduktion der Bereitschaftsverluste von Heizkesseln (höhere Betriebszeitfaktoren) bei bivalent-alternativen Anlagen (z.B. für Warmwasserbereitung im Sommer und Heizung in der Übergangszeit).

Tabelle 8-8: Typische Betriebswerte von Wärmepumpen über die Heizperiode (Frey, 1981)

Wärmequelle	Betriebsweise	Wärmequellen- / Auslegungstemperatur [°C]	ε (COP) bei Auslegungstemperatur				β (Jahresarbeitszahl)				Deckungsgrad % für HGT 20/12			Betriebszeitfaktor des Heizkessels für HGT 20/12		
			Für eine Heizwassertemperatur von				Für eine Heizwassertemperatur von				3500	4500	5500	3500	4500	5500
			30 °C	35 °C	45 °C	55 °C	30 °C	35 °C	45 °C	55 °C						
Grundwasser	Monovalent	12	5,9	4,7	3,4	2,7	5,9	4,7	3,4	2,7	100	100	100	-	-	-
		10	5,3	4,3	3,2	2,6	5,3	4,3	3,2	2,6	100	100	100	-	-	-
		8	4,8	4,0	3,0	2,4	4,8	4,0	3,0	2,4	100	100	100	-	-	-
Erdreich	Monovalent	4	4,1	3,5	2,7	2,3	4,1	3,5	2,7	2,3	100	100	100	-	-	-
		2	3,8	3,3	2,6	2,2	3,8	3,3	2,6	2,2	100	100	100	-	-	-
		0	3,5	3,1	2,5	2,1	3,5	3,1	2,5	2,1	100	100	100	-	-	-
Außenluft	Monovalent	-12	2,2	2,0	1,7	1,5	3,6	3,0	2,4	2,0	100	-	-	-	-	-
		-16	1,9	1,8	1,6	1,4	3,1	2,8	2,2	1,9	-	100	-	-	-	-
		-20	1,8	1,7	1,5	1,3	2,7	2,6	2,1	1,8	-	-	100	-	-	-
Außenluft	Bivalent – alternativ	+5	3,6	3,1	2,4	2,0	4,3	3,5	2,6	2,1	29	27	24	0,41	0,41	0,41
		0	3,0	2,6	2,1	1,8	3,5	3,1	2,4	2,0	64	58	48	0,47	0,47	0,47
		-5	2,6	2,3	1,9	1,6	2,9	3,0	2,3	1,9	90	84	76	0,51	0,54	0,57

Tabelle 8-9: Erreichbare Bestwerte für Betriebsergebnisse von Wärmepumpen über die Heizperiode (Frey, 1981)

Wärmequelle	Betriebsweise	Wärmequellen- / Auslegungstemperatur [°C]	ε (COP) bei Auslegungstemperatur				β (Jahresarbeitszahl)				Deckungsgrad % für HGT 20/12			Betriebszeitfaktor des Heizkessels für HGT 20/12		
			Für eine Heizwassertemperatur von				Für eine Heizwassertemperatur von				3500	4500	5500	3500	4500	5500
			30 °C	35 °C	45 °C	55 °C	30 °C	35 °C	45 °C	55 °C						
Grundwasser	Monovalent	12	6,7	5,4	3,9	3,1	6,7	5,4	3,9	3,1	100	100	100	-	-	-
		10	6,1	4,9	3,7	2,9	6,1	4,9	3,7	2,9	100	100	100	-	-	-
		8	5,5	4,6	3,4	2,7	5,5	4,6	3,4	2,7	100	100	100	-	-	-
Erdreich	Monovalent	4	4,7	4,0	3,1	2,6	4,7	4,0	3,1	2,6	100	100	100	-	-	-
		2	4,3	3,8	3,0	2,5	4,3	3,8	3,0	2,5	100	100	100	-	-	-
		0	4,0	3,5	2,9	2,4	4,0	3,5	2,9	2,4	100	100	100	-	-	-
Außenluft	Monovalent	-12	2,9	2,7	2,3	2,0	4,0	4,0	3,2	2,7	100	-	-	-	-	-
		-16	2,5	2,4	2,1	1,9	3,7	3,7	2,9	2,5	-	100	-	-	-	-
		-20	2,4	2,3	2,0	1,7	3,5	3,5	2,8	2,4	-	-	100	-	-	-
Außenluft	Bivalent – alternativ	+5	4,8	4,1	3,2	2,7	4,7	4,7	3,5	2,8	29	27	24	0,41	0,41	0,41
		0	4,0	3,5	2,8	2,4	4,1	4,1	3,2	2,7	64	58	48	0,47	0,47	0,47
		-5	3,5	3,1	2,5	2,1	4,0	4,0	3,1	2,5	90	84	76	0,51	0,54	0,57

Die Tabellen geben folgende Rechenwerte für verschiedene Wärmepumpenheizsysteme an: Deckungsgrad, Wirkungsgrad, Leistungsziffer bei Auslegungstemperatur, Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe, sowie Bereitschaftsfaktor des Heizkessels bei bivalentem Betrieb.

ε (Leistungszahl bzw. COP²⁹ Wert): Gibt für Wärmepumpe bei definierten Auslegungstemperaturen für Wärmequelle und Wärmeabgabe (z.B. A2/W35) das Verhältnis von elektrischer Leistung zu Wärmeabgabeleistung an das Wärmeverteilungssystem an.

Formel 8-9: Leistungszahl von Wärmepumpen

$$\varepsilon = \eta_T \cdot \frac{T_H}{T_H - T_Q}$$

η_T (Technischer Wirkungsgrad): Verhältnis der tatsächlichen zur theoretisch erreichbaren Leistungszahl.

T_H (Heizwassertemperatur in Kelvin): Mittlere Temperatur, mit der Wärme an das Wärmeabgabesystem übertragen wird (Vorlauftemperatur).

²⁹ Coefficient of Performance

T_Q (Wärmequellentemperatur): Durchschnittliche Temperatur der Wärmequelle (Luft, Erdreich, Grundwasser) am Verdampfer in Kelvin. Grundwassertemperaturen liegen üblicherweise zwischen 8 und 12 °C (Mittelwert 10 °C), für Erdreichkollektoren und –sonden zwischen 0 und 4 °C (jeweils beim Wärmepumpeneintritt). Wichtig: Bei Luft-Wärmepumpen ist diese zur Zeit des höchsten Wärmebedarfs am niedrigsten. An diesem Punkt hat die Wärmepumpe ihre geringste Leistungszahl.

Mindestanforderungen COP für Wärmepumpen zur Raumheizung für das European „quality label for heat pumps EHPA“³⁰:

- | | | |
|------------------------------------|---------|------|
| • Sole - Wasser: | B0/W35 | 4,30 |
| • Wasser - Wasser: | W10/W35 | 5,10 |
| • Luft - Wasser: | A2/W35 | 3,10 |
| • Direktverdampfer Boden - Wasser: | E4/W35 | 4,30 |

β (JAZ): Jahresarbeitszahl und Verhältnis der während der Heizperiode abgegebenen Wärmemenge zur verbrauchten Strommenge.

Laut Literaturangaben sind technische Wirkungsgrade zwischen 0,4 und 0,6 erreichbar. Laut Testergebnissen und Herstellerangaben zwischen 0,25 und 0,4 für L/W-Wärmepumpen und 0,30 bis 0,45 für W/W und S/W-Wärmepumpen. Der **Tabelle 8-8** „Typische Betriebsergebnisse“ für liegen Werte von 0,35 für Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen sowie 0,30 für Außenluft- Wärmepumpen zugrunde. Diese Werte entsprechen praktischen Erfahrungen guter Anlagen und berücksichtigen alle Verluste bei durchschnittlichem Betriebsverhalten (z.B. Abtauverluste bei L/W-Wärmepumpen). Immer wieder zeigen Praxistests allerdings, dass speziell LW-Wärmepumpen unter realen Bedingungen (z.B. Abtaubedarf) selten Werte über 0,3 erreicht werden. Der **Tabelle 8-9** (bei Neuanlagen und für Großanlagen über 50 kW) liegt ein technischer Wirkungsgrad von 0,4 zugrunde.

Für Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen entspricht die JAZ den Leistungszahlen, da näherungsweise konstante Wärmequellentemperaturen angenommen werden. Für Außenluft-Wärmepumpen wird die JAZ aus den Wärmebedarfsanteilen, die auf bestimmte Außentemperaturen entfallen und den dazugehörigen Leistungsziffern ermittelt. Sie liegt damit deutlich über den Leistungszahlen bei Auslegungstemperatur. Luftfeuchtigkeitseinflüsse auf die Arbeitszahlen sind nicht berücksichtigt.

Die JAZ ist eine Kennzahl für die Effizienz, sie zeigt das Verhältnis von investierter Energie zur gewonnenen Wärme. Je größer die erforderliche Temperaturanhebung, desto kleiner wird die JAZ.

In Niedrigstenergiehäusern erreichen Wärmepumpen für Warmwasser und Heizung kaum hervorragende Arbeitszahlen. Auf Grund des niedrigen Energiebedarfs für die Raumheizung muss die Wärmepumpe vor allem für die Warmwasserbereitung arbeiten, was größere Temperaturanhebung erfordert.

Die JAZ ist daher nicht das einzige Kriterium. Letztlich kommt es auf die Energiekosten und die Umweltbelastung an (siehe Primärenergiebedarf und CO₂ im Energieausweis).

Die Berechnung der JAZ erfolgt nach unterschiedlichen Methoden. Die VDI 4650³¹ ergibt im Allgemeinen deutlich höhere JAZ Werte als die genauere Berechnung mit JAZcalc³².

³⁰ www.ehpa.org

³¹ www.vdi.de/technik/fachthemen/energie-und-umwelt/fachbereiche/energiwandlung-und-anwendung/richtlinien/vdi-4650/

³² www.klimaaktiv.at/tools/erneuerbare/JAZcalc.html

Deckungsgrad:

Bei bivalent-alternativer Betriebsweise entspricht er dem Anteil der HGT20/12 bei Außentemperaturen über der Auslegungstemperatur, die Wärmepumpe wird bis zur Auslegungstemperatur betrieben und dann für den Rest der Heizperiode abgeschaltet. Wegen der kürzeren Bereitschaftszeit des Heizkessels steigt der Betriebszeitfaktor und damit sinken die dimensionierungsabhängigen Bereitschaftsverluste (wichtig z.B. für alte oder Festbrennstoffkessel). Eine Wärmepumpe kann in diesem Sinn eine gute Ergänzung für eine Holzheizung sein, die in der Übergangszeit hohe Bereitschaftsverluste aufweist.

Daneben gibt es die bivalent-parallele Betriebsweise, bei der die Wärmepumpe während der gesamten Heizperiode im System tätig ist. Durch diese Betriebsweise steigen die Bereitschaftsverluste des Heizkessels so stark, dass sie nicht empfohlen werden kann.

Beispiel 8-7: Leistungszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpe

Die Leistungszahl (COP, **Formel 8-9**) am Prüfstand (A2/W35) für eine Luft-Wasser Wärmepumpe ist mit 3,9 angegeben. Wie hoch ist sie etwa bei einer Außentemperatur von $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$? Es wird angenommen, dass dann die Vorlauftemperatur $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen muss. Abtauverluste und üblicherweise geringe Wirkungsgrade in der Praxis werden nicht berücksichtigt. (Anmerkung: $273,15\text{ K} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$3,9 = \eta_T \cdot (35 + 273) / (35 - 2) = \eta_T \cdot 308 / 33$$

$$\eta_T = 3,9 \cdot 33 / 308 = 0,42 \text{ (Anmerkung: hoher technischer Wirkungsgrad)}$$

$$\text{COP} (-15/40) = 0,42 \cdot (40 + 273) / (40 - (-15)) = 0,42 \cdot 313 / 55 = 2,4$$

Ab September 2015 trat eine EU-Vorschrift zur allgemeinen Einstufung für Wärmepumpenanlagen in eingebautem Zustand in Kraft (vergleichbar mit Elektrogeräten). Diese wird wahrscheinlich auf Förderkriterien Einfluss und berücksichtigt erstmals die Einbindung in ein Gesamtsystem.

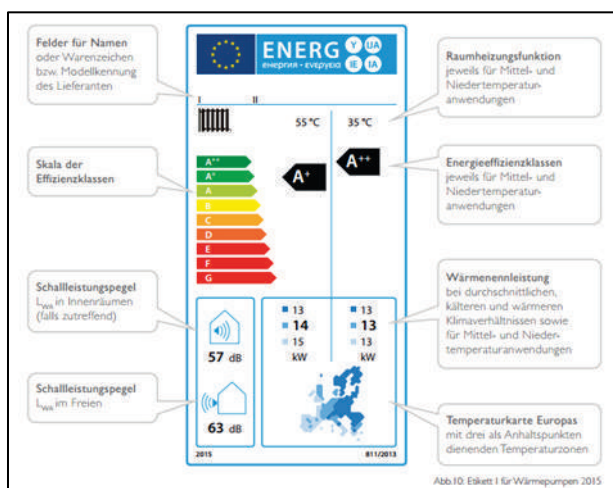


Abbildung 8-4: Ökodesign – Energie-Label³³

³³ www.heizungsetiket.de

8.5. Wärmespeicherung und -verteilung

Die Wärmeverteilungsverluste werden einfacher absolut abgeschätzt (in Analogie zu den Verlusten durch Transmission durch Gebäudebauteile). Dazu dienen Informationen zu den mittleren Temperaturen des Heizwassers, zu Speichervolumina und Leitungslängen sowie den entsprechenden Dämmmaßnahmen.

Eine wesentliche Rechengröße für Wärmeverluste innerhalb des Hauses sowie die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist die mittlere Temperatur des Heizwassers im System während der Heizperiode. Diese kann zwischen 30 °C und über 70 °C liegen. Sie ist direkt von der gewünschten Innentemperatur, der Auslegung der Wärmeabgabeflächen und dem thermischen Zustand der Gebäudehülle abhängig.

Eine einfache Grafik der Heizkurve reicht für die Ermittlung der mittleren Verteilungstemperatur. Dazu benötigt man mindestens zwei Werte, einer davon kann direkt bei der Besichtigung ermittelt werden. Als zweiten Wert kann man z.B. den höchsten eingestellten Wert einsetzen. Beide Werte werden durch eine Gerade verbunden und mindestens durch den Bereich der mittleren Außentemperatur (**Tabelle 4-3**) geführt.

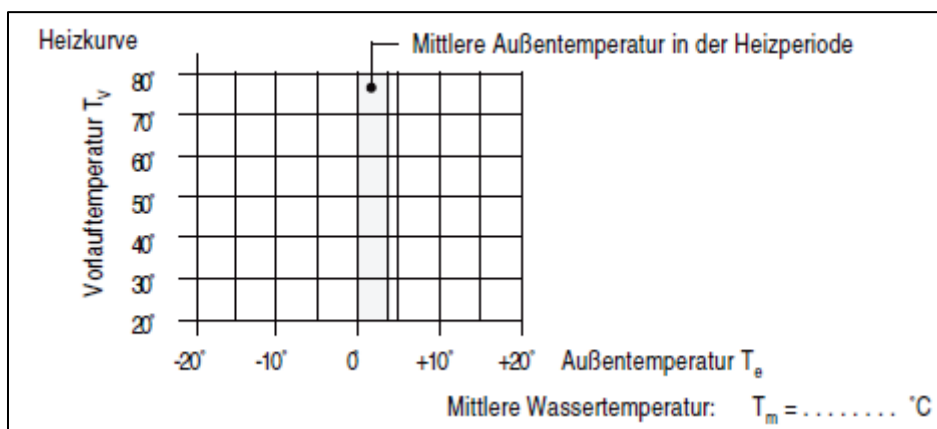


Abbildung 8-5: Diagramm zur Aufnahme von Heizkurve und mittlerer Wassertemperatur (Frey, 1981)

Leitungen und Armaturen: Mit ausreichender Genauigkeit wird angenommen, dass Leitungen in unbeheizten Räumen, in Außenwänden und im Erdreich annähernd gleiche Wärmeverluste haben. Armaturen (Pumpen, Ventile, Absperrschieber etc.) werden in der Verlustermittlung von ungedämmten Rohrleitungen mit ihrem Anteil an der Rohrlänge mitberücksichtigt. Befinden sich ungedämmte Armaturen in gedämmten Rohrleitungen, so wird deren Verlust dem von 1 m Rohrleitung gleichgesetzt, gedämmte Armaturen werden mit ihrem tatsächlichen Abschnitt (ca. 0,2 - 0,3 m) eingesetzt.

Formel 8-10: Rechnerische Länge von Verteilleitungen mit ungedämmten Armaturen

$$\text{Rechenwert der Leitungslänge} = \text{Länge der gedämmten Leitung} + \text{Anzahl der Armaturen (in m)}$$

Formel 8-11: Leitungs- und Armaturenverluste

$$\text{Leitungs- und Armaturenverluste} = \text{Täglicher Wärmeverlust pro m} \cdot \text{Länge inkl. Armaturen} \cdot \text{HT 12 [kWh/a]}$$

Tabelle 8-10: Tägliche Wärmeverluste von Rohrleitungen und Armaturen (Frey, 1981)

Dämmung	Art der Dämmung		Wärmeverlust in kWh/m·Tag								
			Außendurchmesser der Rohre								
	Dämmstoff	Dicke (cm)	ca. 2 cm			ca. 3,5 cm			ca. 6 cm		
			T _m (°C)			T _m (°C)			T _m (°C)		
		30	50	70	30	50	70	30	50	70	
Ungedämmt	~	~	0,30	0,70	1,10	0,50	1,10	1,75	0,90	1,90	3,10
Gedämmt	Mineralwolle Polyethylen (λ = 0,04 W/mK)	0,50	0,15	0,30	0,45	0,25	0,45	0,75	0,40	0,80	1,20
		2,00	0,10	0,20	0,30	0,10	0,25	0,40	0,20	0,40	0,60
		3,00	0,10	0,15	0,25	0,10	0,20	0,30	0,15	0,30	0,45
		5,00	0,05	0,15	0,20	0,10	0,15	0,25	0,10	0,25	0,35
	Polyurethan (λ = 0,03 W/mK)	2,00	0,05	0,15	0,20	0,10	0,15	0,25	0,15	0,25	0,40
		3,00	0,05	0,10	0,15	0,10	0,15	0,20	0,10	0,20	0,30
		5,00	0,05	0,10	0,15	0,05	0,10	0,15	0,10	0,15	0,20

Pufferspeicher: Der Zweck eines Pufferspeichers ist es, unregelmäßigen Anfall von Wärmemengen (z.B. Solaranlagen, Stückholzkessel) aufnehmen zu können, oder Bereitschaftsverluste dadurch zu reduzieren, dass Anlagen über längere Zeiträume im optimalen Leistungsbereich betrieben werden können (z.B. überdimensionierte Hackgutheizung). In Luft-Wärmepumpenheizungen können Pufferspeicher Spitzenzeiten (z.B. extreme Außentemperaturen) durch längeren Dauerlauf geringerem Leistungsbedarf ausgleichen.

- **Energieeinsparung:** In allen beschriebenen Fällen wird der Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung erhöht. Rechnerisch erfolgt das für Heizkessel durch Änderung des Dimensionierungsfaktors auf „1“ und damit zur Reduktion der Bereitschaftsverluste. Bei einer Wärmepumpe wird die Jahresarbeitszahl leicht gesteigert (überschlägig: + 0,1; genaue Berechnung nötig)
- **Abstrahlverlust:** Ein Pufferspeicher verliert über die gesamte Betriebszeit Wärme an den Aufstellungsort, der sich meist im unbeheizten Bereich befindet.
- **Wärmebilanz:** In den meisten Fällen gleichen sich Gewinne und Verluste ungefähr aus, mit einer leicht positiven Tendenz. Dadurch werden Nebeneffekte wie die Verlängerung der Nutzungsdauer und Komfortgewinne bedeutsam.

Formel 8-12: Pufferspeicherverluste

$$\text{Pufferspeicherverluste} = \text{Täglicher Wärmeverlust} \cdot \text{HT12 (bzw. Betriebszeit, falls diese abweicht)} \quad [\text{kWh/a}]$$

Die Tabellenwerte wurden mit der folgenden Formel ermittelt, wobei als pauschale Korrektur für Wärmebrücken 0,1 W/K eingesetzt wurde. Die mittlere Wassertemperatur im Speicher ist angenähert gleich der mittleren Wassertemperatur der Wärmeverteilung. Die Umgebungstemperatur wurde mit 15°C angenommen.

Formel 8-13: Tägliche Verluste von Pufferspeichern

$$\text{Täglicher Speicherverlust} = 0,024 \cdot \Delta T_m (0 \cdot k + \text{Korrektur für Wärmebrücken}) \quad [\text{kWh/d}]$$

Tabelle 8-11: Tägliche Wärmeverluste von Warmwasser- und Pufferspeichern (Frey, 1981)

T _m (°C)	Dämmung		Wärmeverlust in kWh/Tag						
			Volumen (l)						
	Dämmstoff	Dicke (cm)	100	200	400	600	800	1000	1500
35	Mineralwolle (λ = 0,04W/mK)	5	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,9
		10	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,7
		15	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1
	Polyurethan (λ = 0,03W/mK)	5	0,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1
		10	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1
55	Mineralwolle	5	1,1	1,8	2,5	3,1	3,8	4,5	5,8
		10	0,6	1,1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,4
		15	0,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1
	Polyurethan	5	0,8	1,4	1,9	2,4	2,8	3,3	4,3
		10	0,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1
75	Mineralwolle	5	1,6	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	8,7
		10	0,9	1,6	2,2	2,7	3,3	3,9	4,9
		15	0,6	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	3,2
	Polyurethan	5	1,2	2,1	2,8	3,6	4,3	5,0	6,4
		10	0,6	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	3,8

Tabelle 8-12: Abschätzung der Oberfläche von Warmwasserspeichern

V[l]	100	200	400	600	800	1000	1500
O[m ²]	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	8,5

8.6. Heizungsregelung

Regelungsverluste treten dann auf, wenn es der Wärmeversorgung nicht gelingt, bei wechselnden Außentemperaturen eine bestimmte Raumtemperatur einzuhalten. Es kommt zu einer Überwärmung, welche nicht der Nutzenergie zugerechnet werden kann. Für automatische Wärmeerzeuger und Witterungs- oder Raumtemperatur-geführte Systeme ist kein Verlust zu berücksichtigen.

Formel 8-14: Regelungsverluste

$$\text{Regelungsverluste} = \text{Spezifischer Regelungsverlust} \cdot f_{\text{Dim}} / \text{Betriebszeitfaktor} [\%]$$

Tabelle 8-13: Spezifischer Regelungsverlust von Zentralheizungen

Regelung	Systembeschreibung	Spez. Regelungsverlust in % der Kesselleistung
Automatisch	Automatische Wärmeerzeuger	0,0
	Händisch beschickte Festbrennstoffkessel mit Pufferspeicher	0,0
Händisch	Automatische Wärmeerzeuger	0,5
	Händisch beschickte Festbrennstoffkessel mit Pufferspeicher	0,5
	Händisch beschickte Festbrennstoffkessel bei großer Wärmespeicherfähigkeit von Gebäude und Wärmeabgabe	1,0
	Händisch beschickte Festbrennstoffkessel bei geringer Wärmespeicherfähigkeit von Gebäude und Wärmeabgabe	1,5
Keine	Händisch beschickte Festbrennstoffkessel bei großer Wärmespeicherfähigkeit von Gebäude und Wärmeabgabe	1,5
	Händisch beschickte Festbrennstoffkessel bei geringer Wärmespeicherfähigkeit von Gebäude und Wärmeabgabe	2,0

Beispiel 8-8: Verteilverluste und Einsparpotenzial

Händisch beschickter Holzkessel, 35 kW, 2 • 1.000 l Pufferspeicher mit 10 cm PU, ca. 30 m Heizleitungen (1,5 Zoll) im Keller, davon 1/3 ungedämmt, der Rest mit Polyethylenschläuchen (0,5 cm), 15 ungedämmte Armaturen, 210 HT, mittlere Temperatur geschätzt mit 60°C;

Speicherverluste: $1,8 \cdot 2 \cdot 210 = 750 \text{ kWh}$

Leitungsverluste: $(0,6 \cdot (20 + 15) + 1,42 \cdot 10) \cdot 210 = 7.300 \text{ kWh}$

Regelungsverluste: 0 % (Pufferspeicher)

Verteilverluste = 8050 kWh pro Jahr

Mögliche Einsparung: Sinnvoll nur durch die Leitungsdämmung (z.B. auf einheitlich 5 cm MWL). Anmerkung: eine gedämmte Armatur ändert ihre rechnerische Länge auf die tatsächliche (ca. 0,2 m).

Leitungsverluste-Neu: $0,2 \cdot (30 + 15 \cdot 0,2) \cdot 210 = 1.390 \text{ kWh}$

Verteilverluste-Neu = 2.140 kWh pro Jahr

Einsparung = 5.910 kWh pro Jahr

8.7. Nutzungsgrade von Etagen- und Einzelofenheizungen

Etagen- und Einzelofenheizungen mit Brennstoffnutzung haben keine Abstrahlverluste zu unbeheizten Räumen, sind aber im Verbrennungsverhalten (Abgasverluste) schwer einschätzbar und messbar. Nutzungsgrade können daher nur grob abgeschätzt werden. Die Tabellenwerte sind vor allem dann anzusetzen, wenn eine Wohnung vollständig mit Einzelöfen oder Etagenheizung beheizt wird und dafür geeignete Geräte eingesetzt werden.

Eine Sonderrolle nehmen einfache Kaminöfen ($\eta_{RW} = \text{ca. } 0,4$) und offene Kamine mit ($\eta_{RW} = \text{ca. } 0,3$) oder ohne ($\eta_{RW} = \text{ca. } 0,2$) Wärmerückgewinnung (Raumluftzirkulation) ein. Sie dienen ausschließlich der zeitweise genutzten Zusatzheizung bzw. sind aus Komfortgründen („Hotspot“ oder „offenes Feuer“) eingesetzt. Die in diesen Öfen verheizte Brennstoffmenge wird oft unterschätzt und kann ein wichtiges Kriterium in einem erfolgreichen Datenabgleich sein.

Tabelle 8-14: Jahresnutzungsgrade in % von Etagenheizungen und Einzelöfen (Frey, 1981)

Heizungsart	Etagenheizung						Einzelofenheizung			
	Angemessen			Überdimensioniert			Angemessen		Überdimensioniert	
Regelung	Auto-matisch	Händisch	Keine	Auto-matisch	Händisch	Keine	Auto-matisch	Händisch	Auto-matisch	Händisch
Stückholz, Braunkohle		64	62		53	47		62		50
Pellets	75			70			70		65	
Steinkohle, Koks		68	66		57	50		68		57
Heizöl	81	79		77	69		64	62	55	50
Gas	81	79		77	69		77	74	72	65
Strom – Speicher	93			91			98	95	95	87
Strom – direkt							100	97	100	92

Abstrahlung des Rauchrohres bei Einzelöfen und Etagenheizungen: Ausgehend von der Abschätzung der Nutzungsgrade von Einzelöfen in **Tabelle 8-15** (unter Berücksichtigung typischer Umstände wie z.B. Verluste durch Rauchfangzug im Stillstand) ergeben sich in der Praxis geringere Verluste durch die Berücksichtigung der Abstrahlung des Rauchrohres.

Das Rauchrohr ist bei Einzelöfen und Etagenheizung oft integraler Bestandteil der Heizanlage und so verlegt, dass seine Abstrahlung direkt den Wohnräumen zugutekommt. In der Analyse muss allerdings beurteilt werden, ob dadurch nicht eine etwaige Überdimensionierung noch verstärkt wird.

Tabelle 8-15: Wärmeabstrahlung des Rauchrohres (Frey, 1981)

Geräteart	Geräteleistung [kW]	Gewinne in % des Energieeinsatzes				
		Rauchrohrlänge [m]				
		0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Dauerbrandofen Kohle, Öfen	3	3	6	10	13	15
	5	2	4	7	9	11
	7	1	3	5	7	9
Dauerbrandofen Holz	3	4	7	12	16	19
	5	2	5	9	11	14
	7	1	4	6	9	11
Kaminofen Holz	3	4	9	15	19	22
	5	3	6	10	13	16
	7	2	4	7	10	13

Beispiel 8-9: Nutzungsgrad von Einzelöfen mit Berücksichtigung des Rauchrohres

Abschätzung des Nutzungsgrades für einen Einzelofen.

Dauerbrandofen Holz, überdimensioniert mit 5 kW, 3 Meter Rauchrohr

Verluste geschätzt: $100 - 50 + 11 = 39\%$

Nutzungsgrad = 61%

Zusätzliche Verluste durch Rauchfangzug und Regelung: Die Verbrennung in Einzelöfen (selbst mit aktiver Luftzufuhr) ist stark vom Rauchfangzug abhängig, was, besonders in Mehrfamilienhäusern und bei undichten Fenstern, zu einer Erhöhung der Abgasverluste führt. In neueren Gebäuden sind Öfen meist deutlich überdimensioniert, was zu Überwärmung und starken rechnerischen Verlusten durch mangelnde Regelbarkeit führt.

Tabelle 8-16: Erhöhter Abgasverlust in Einzelöfen durch Rauchfangzug (Frey, 1981)

Ofenart	Zugbegrenzer	Verluste in % des Energieeinsatzes bei Rauchfangzug von			
		unter 20 Pa	20 – 30 Pa	30 – 40 Pa	über 40 Pa
Dauerbrandofen	Nein	0	0	5	10
	Drosselklappe	0	0	5	5
Ölofen	Nein	0	5	10	20
	Pendelklappe	0	0	5	10
Gaskonvektor (Fanganschluß)	Strömungs-sicherung	0	0	5	10
Pelletofen	Zuluft oder Abgasventilator	0	0	5	10

Tabelle 8-17: Regelungsverluste von Einzelöfen (Frey, 1981)

VERLUSTE DURCH ÜBERSCHREITUNG DER SOLL-RAUMTEMPERATUR BEI EINZELRAUMHEIZGERÄTEN					
Geräteart	Regelungsart	Verluste in % des Energieeinsatzes			Stark schwankend ²⁾
		Raumtemperatur			
		Weitgehend konstant		Keine Verluste zu berücksichtigen	
		Heizgerät – Dimensionierung			
		Angemessen	Überdimensioniert		
Festbrennstoffofen	Händisch	15	20	Keine Verluste zu berücksichtigen	
	Automatisch ¹⁾	0	10		
Ölofen	Händisch	10	25		
	Automatisch	0	15		
Gaskonvektor	Händisch	5	10		
	Automatisch	0	5		
Elektrospeicher	Automatisch	5	10		
Elektrodirektheizung (Strahlung oder Konvektion)		0	5		

¹⁾ Rechenwert für schweren Kachelofen

²⁾ Z.B. einzusetzen in Wochenendhäusern

Einzelöfen werden besonders oft als Zweitheizungen in Niedrigstenergie- und Passivhäusern (Heizlast < 20 W/m²) eingesetzt. Der von diesen beheizte Wohnbereich umfasst im Mittel maximal 80 m² und weist somit einen Heizbedarf von maximal 1,6 kW bei Normaußentemperatur auf. Das führt in allen Fällen zu starker Überdimensionierung und Überschreitung der Soll-Raumtemperatur. Bei massiver Ausführung der Gebäude ist dieser Effekt deutlich geringer und es können die besseren Tabellenwerte („angemessen“) eingesetzt werden.

8.7.1. Primärenergieaufwand für Elektro-(Direkt)-Heizungen

Elektro-Direktheizungen stellen einen Sonderfall in der Energieberatung dar, da sie sowohl als (oft mobile) Zusatzheizkörper für besondere Situationen eingesetzt werden, als auch wieder vermehrt als Alleinheizung in Wohnungen und Häusern mit sehr niedrigem Energiebedarf. Es muss daher in der Energieberatung geklärt werden, ob die Geräte im Rahmen der Aufgliederung des Haushaltsstromverbrauchs oder des Heizenergieverbrauchs berücksichtigt werden müssen. Der Vorteil der Elektroheizung gegenüber anderen Einzelöfen liegt in der Möglichkeit, auch kleine Heizlasten ohne Überdimensionierung abdecken zu können.

Ein wesentliches Kriterium in der Bewertung einer Elektroheizung ist für die Bereitstellung einer kWh Strom im Verteilnetz des Hauses benötigte Energiemenge an Brennstoffen zur Stromerzeugung. Direkt nutzbare Energiequellen wie Wind, Sonne und Wasserkraft werden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt. Dazu sind mehrere Betrachtungsweisen möglich:

- Über ein Jahr gemittelter Wert, entweder von einem konkreten Stromversorgungsunternehmen oder als österreichischer oder europäischer Durchschnittswert. Für Österreich beträgt dieser Wert ca. 1,6 (entspricht einem Systemnutzungsgrad von ca. 60 %).
- Über eine Heizperiode gemittelter Wert, entweder von einem konkreten Stromversorgungsunternehmen oder als österreichischer oder europäischer Durchschnittswert. Für Österreich beträgt dieser Wert ca. 2,0 (entspricht einem Systemnutzungsgrad von ca. 50 %).
- Mittlerer Wert des eingesetzten Kraftwerkspark zum Zeitpunkt der Nutzung der Elektroheizung. Diese Werte sind kaum verfügbar und schwanken zwischen ca. 1,4 (Übergangszeit, großer Anteil an Wasserkraft, Systemnutzungsgrad ca. 70 %) und ca. 2,8 (Winter, großer Anteil an kalorischer Stromerzeugung, Systemnutzungsgrad ca. 35 %).
- Nutzungsgrad des „schlechtesten“ Kraftwerks, da die zusätzliche Elektroheizung dessen Abschaltung verhindert (gilt besonders für die kältesten Tage des Jahres, an denen auch die Stromerzeugung aus Wasserkraft ihr Minimum hat). Dieser Wert entspricht einem kalorischen Kraftwerk älterer Bauart ohne Fernwärmeauskopplung und liegt bei ca. 3,0 (Systemnutzungsgrad ca. 30 %).

Für den Einsatz von Elektroheizungen kann somit gesagt werden, dass der Einsatzzeitraum für den Systemnutzungsgrad entscheidend ist. Während für Kälteperioden zwischen Mai und September fast vollständig erneuerbarer Strom zur Verfügung steht, müssen für Zusatzstrom an den kältesten Tagen die unwirtschaftlichsten Kraftwerke betrieben werden. Das betrifft in besonderem Maß auch den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen.

Beispiel 8-10: Primärenergienutzungsgrad (η_{PE}) für die Heizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe

*Vergleich des Einsatzes als monovalentes System bei $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ und als bivalent-alternatives Zweitsystem bei $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (April) oder im Mittel über die Heizperiode ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$). (siehe **Beispiel 8-7**)*

Kältester Tag: $\text{COP}(-15/40) = 2,4 \rightarrow \eta_{PE} = 2,4 / 3,0 = 0,8$

Heizperiode: $\text{COP}(2/35) = 3,9 \rightarrow \eta_{PE} = 2,4 / 2,0 = 1,2$

Übergangszeit: $\text{COP}(10/30) = 6,3 \rightarrow \eta_{PE} = 6,3 / 1,4 = 4,5$

Dieser Primärenergienutzungsgrad ist direkt ein Maß für die Intensität der Emission von CO_2 . Diese Wärmepumpe hat, je nach Betriebsweise, entweder knapp höhere Emissionen als ein moderner Heizkessel (trotz Umweltwärme) oder deutlich geringere.

8.7.2. Einzelraumheizung Raumtemperatur und Infrarotanteil

Einzelofenheizungen mit hohem Anteil der Strahlung an der Wärmeabgabe (Kachelofen, Holzofen, Gasofen, Elektroheizgeräte) wird oft zugutegehalten, dass dadurch niedrigere Raumtemperaturen als komfortabel empfunden werden und sich ein zusätzlicher Einspareffekt (8-10 % Nutzwärme pro Grad Kelvin) ergibt. Dieser Effekt wird speziell in der Bewerbung von „Infrartheizungen“ (Elektro-Direktheizungen mit geringer Speichermasse, hoher Oberflächentemperatur und glatten Oberflächen zur Reduktion des konvektiven Wärmeübergangs, die, laut Herstellerbezeichnung, einen Strahlungsanteil von über 50 % aufweisen) oft direkt dem Heizsystem angerechnet und in Betriebskostenvergleichen berücksichtigt.

In einer Energieberatung müssen die entsprechenden Effekte wie folgt berücksichtigt und kommuniziert werden:

- Die Wärmeabgabe durch Strahlung folgt nach dem Gesetz von Stefan Boltzmann und steigt mit der 4. Potenz der Temperaturdifferenz (absolute Temperatur! $^{\circ}\text{C} + 273$): $P(\text{W}/\text{m}^2) = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$ (z.B. ca. $900\text{ W}/\text{m}^2$ bei $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ Oberflächentemperatur eines Ofens in einem Raum mit $20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Wandoberflächentemperatur, nur mehr ca. die Hälfte bei 50 °C). Dies ergibt einen Konflikt zwischen einer möglichst gleichmäßigen Temperaturverteilung und hohen Heizleistungen.

- Jede Wärme abgebende Fläche (z.B. Glühbirne, Computer, Menschen) tut dies mit einem von der Temperatur abhängigen Anteil an Infrarot-Strahlung. Die Wellenlänge der Strahlung ist umso höher, je geringer die Strahlungstemperatur: $\eta_{\max} = 2900 \mu\text{m}\cdot\text{K}/T$ (die Glasoberfläche einer Glühlampe mit 150 – 200 °C strahlt somit „Infrarotlicht“ mit einer Wellenlänge von 6 bis 7 μm ab). Der für medizinische Anwendungen genutzte Wellenlängenbereich liegt allerdings bei ca. 1 μm und entspricht somit einer Strahlungstemperatur von ca. 2500 °C! Das wird nur mit einer Glühlampe erreicht.
- Jede Heizfläche überträgt Wärme durch Konvektion, Strahlung und Leitung. Im Temperaturbereich von Heizkörpern (zwischen 50 und 150 °C) ist das Verhältnis dieser drei Mechanismen relativ konstant.
- Der Strahlungsanteil einer Heizfläche steigert den subjektiven Komfort nur dann wenn Personen direkt erreicht werden (= sich davor aufhalten), für die Erwärmung der Luft und der Gebäudeteile ist die Art der Wärmeübertragung irrelevant.
- Strahlungsheizungen können eine Wohnung nicht gleichmäßig erwärmen. Es ergibt sich eine Teilbeheizung (warme und kühle Zonen), welche über die Temperaturkorrektur berücksichtigt werden kann. Dieser Komfortverlust (nicht ausreichend temperierte Wohnbereiche) muss in Kauf genommen werden. Einzelöfen mit Brennstoffen können das teilweise durch Überheizung des Strahlungsbereichs ausgleichen (Senkung des Nutzungsgrades, siehe **Tabelle 8-17**).
- Durch die Schaffung warmer Zonen wird nicht nur die mittlere Raumtemperatur gesenkt, die Temperaturen an der Oberfläche von Wärmebrücken sinken nach stärker ab und die Gefahr der Taupunktunterschreitung (Schimmelbildung) steigt (**Tabelle 5-18**).
- Einzelöfen bedingen durch den hohen Luftüberschuss meist ausreichende Lüftung und fördern somit die Abfuhr von Raumluftfeuchtigkeit über den Kamin. Durch hohe Oberflächentemperaturen, Überdimensionierung (Heizleistung < 5 kW) und geringe Brennstoffkosten wird das nicht als unangenehm empfunden.
- Elektroheizungen haben deutlich geringere Leistungen, benötigen keine Verbrennungsluft und werden mit teurer Elektrizität betrieben. Durch dichte Fenster und geringes Lüften wird der Temperaturkomfort spürbar erhöht und dadurch indirekt die auch die Kondensationsgefahr an Wärmebrücken.

Tabelle 8-18: Strahlungsanteil von Heizflächen³⁴

Oberflächen- temperatur (°C)	Wärmeleistung Konvektion (W/m ²)	Wärmeleistung Strahlung (W/m ²)	Wärmeleistung Durchgang (W/m ²)	Wärmeleistung Gesamt (W/m ²)	Strahlungs- anteil (%)
50	155	180	30	365	49
60	225	255	40	520	49
70	305	330	50	685	48
80	385	420	60	865	49
90	470	515	70	1055	49
100	560	615	80	1255	49
110	650	725	90	1465	49
120	745	845	100	1690	50
150	1040	1265	130	2435	52
200	1565	2190	180	3935	56

³⁴ (Mai 2015) <http://infrarot-heizung24.de/pdf/Strahlungsanteil.pdf>

9. Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung spielt in der Beurteilung des Energieverbrauchs und der Abschätzung und Planung von Maßnahmen eine Sonderrolle. Einerseits können sowohl der tatsächliche Verbrauch oder ein zukünftiger Bedarf an Warmwasser, sowie die Verteilverluste (bei jeder Entnahme werden die Verteilleitungen erwärmt und kühlen anschließend wieder aus) nur sehr überschlägig abgeschätzt werden. Andererseits werden gerade für die Deckung des Warmwasserbedarfs Wärmeerzeuger eingesetzt, die in ihrer Wirtschaftlichkeit sehr stark von den Betriebskosten, und damit von der Menge des zu erwärmenden Wassers, abhängen.

9.1. Ermittlung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung

In der Abfrage kann man sich somit nur an die Wirklichkeit annähern. Die Installation eines eigenen Mengenzählers (z.B. in den Kaltwasserzulauf zum Erhitzer) macht gerade für die Abschätzung dieses Anteils des Energieverbrauchs in jedem Fall Sinn.

Der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung setzt sich aus den folgenden Größen zusammen:

- Personenanzahl und durchschnittlicher Verbrauch (Körperpflege, Reinigung): Hier muss zwischen der Erwärmung über die Heizung (zu berücksichtigen) oder direkt in Haushaltsgeräten (dort in der Erhebung erfasst) unterschieden werden.
- Nutzungsgrad der Erwärmung: Wichtig ist die Unterscheidung zwischen Sommer und Winter.
- Verluste durch Speicher (konstant gerechnet) und Verteilung (in Abhängigkeit vom Verbrauch und der thermischen Qualität der Installation).

Tabelle 9-1: Täglicher Warmwasserbedarf (Frey, 1981)

Wohnung, Heime			Schulen, Büro, Industrie			Bewertung
Beschreibung	l _{45°C} / P•d	kWh/P•d	Beschreibung	l _{45°C} / P•d	kWh/P•d	
2 Vollbäder pro Woche	75	3,0	2 mal duschen pro Woche	25	1,0	Hoch
1 Vollbad pro Woche	50	2,0	1 mal duschen pro Woche	15	0,6	Durchschnittlich
Nur duschen	25	1,0	Nur Waschbecken	8	0,3	Niedrig

Tabelle 9-2: Jährlicher Warmwasserwärmebedarf (Frey, 1981)

Objektart	Heizperiode				Sommer			
	Benutzungsdauer (Tage)	Warmwasserbedarf kWh/Person			Benutzungsdauer (Tage)	Warmwasserbedarf kWh/Person		
		Hoch	Durchschnittlich	Niedrig		Hoch	Durchschnittlich	Niedrig
Wohnung, Heime	200	600	400	200	145	400	250	150
Schulen	130	130	80	40	80	80	50	25
Büro, Industrie	140	140	85	40	100	100	60	30

Tabelle 9-3: Jährliche Verluste von Warmwasserspeichern (Frey, 1981)

Einsatzzeitraum	Dämmdicke (cm)	Mittlere Temperatur (°C)	Speicherverluste (kWh/Periode)								
			Speichervolumen (l)								
			20	50	80	100	150	300	500	1000	1500
Heizperiode	ca. 5	45	50	110	150	190	260	390	510	820	1060
		60	80	150	210	270	380	560	730	1170	1520
		75	100	200	270	350	480	720	950	1520	1970
	ca. 10	45	30	60	80	110	160	230	300	470	610
		60	50	90	120	150	230	330	430	670	870
		75	60	120	160	200	300	430	670	870	1130
Sommer	ca. 5	45	30	70	90	120	160	240	310	500	650
		60	50	100	140	180	230	340	440	710	930
		75	70	130	180	230	300	440	570	930	1210
	ca. 10	45	20	40	50	70	100	140	180	290	380
		60	30	60	80	100	140	200	260	410	540
		75	40	80	100	130	180	260	330	540	700

Tabelle 9-4: Verteilverluste der Warmwasserbereitung (Frey, 1981)

Objekt	Verteilungskonzept	Verteilungsverluste in % des Nutzwärmebedarfs		
		Warmwasserbedarf		
		Hoch	Durchschnittlich	Niedrig
Einfamilienhaus ohne Zirkulation; Büro, Schule	Sehr gut	10	15	25
	Gut	20	30	50
	Mittel	40	60	100
	Schlecht	80	120	200
Einfamilienhaus mit Zirkulation	Sehr gut	20	30	50
	Gut	40	60	100
	Mittel	80	120	200
	Schlecht	120	180	300
Mehrfamilienhaus, bis 16 Wohnungen	Sehr gut	10	15	20
	Gut	20	25	40
	Mittel	30	40	60
	Schlecht	50	70	130

Beispiel 9-1: Ermittlung Warmwasser-Energiebedarf

Erhebungsdaten: Vier Personen, durchschnittlicher Verbrauch, ganzjährig mit einer modernen Ölheizung ($\eta = 85\%$), 300 Liter Speicher mit 10 cm Dämmung und ca. 60 °C Temperatur, Verteilkonzept durchschnittlich.

Einsatzzeitraum	Nutzwärmebedarf (kWh)	Speicher- verluste (kWh)	Verteilungsverluste		Wärmeerzeu- nungsgrad (%)	Endenergie- bedarf (kWh)	Gesamt- Nutzungs- grad
			%	(kWh)			
Heizperiode	1600	330	60	960	85	3400	47%
Sommer	1000	200	60	600	60	3000	33%
Summe	2600	530		1550		6800	38%

Der niedrige Nutzungsgrad im Sommer (besonders von älteren überdimensionierten Heizanlagen) ist einer der Hauptgründe für die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen.

Tabelle 9-5: Nutzungsgrade von bestehenden Warmwasser-Wärmeerzeugern (Frey, 1981)

Bereitungsart		Nutzungsgrad des Wärmeerzeugers	
		Heizperiode	Sommer
Mit der Heizanlage	Alt	η_{RW}	$\eta_{RW} \cdot 0,7$
	Neu	η_{RW}	$\eta_{RW} \cdot 0,85$
Registerspeicher mit E-Patrone		1,0	1,0
Elektrospeicher, Durchlauferhitzer im Wohnbereich		1,0	1,0
Gasspeicher, Gastherme im Wohnbereich		0,85	0,85
Brauchwasser-Wärmepumpe	T_m	2,8	3,2
	45 °C		
	50 °C	2,4	2,8
	55 °C	2,2	2,5
Solaranlage mit Elektrozusatzheizung			4
Solaranlage ohne Zusatzheizung			15

In **Tabelle 9-5** werden die Nutzungsgrade von Wärmepumpe und Solaranlage als „Jahresarbeitszahlen“ verstanden und beschreiben den Wärmeertrag pro eingesetzter kWh elektrische Energie (ca. 6-7 % des Wärmeertrags bei Kollektoranlagen ohne Zusatzheizung).

9.2. Solare Warmwassererwärmung

Bestimmende Parameter für die Effizienz von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sind:

- Konversionsrate des Kollektors: Wirkungsgrad ohne thermische Verluste, genau gegeben, wenn Kollektor- und Umgebungstemperatur gleich hoch sind (abhängig von der Energiedurchlässigkeit der Verglasung sowie der Absorption am Absorber),
- Mittlerer U-Wert des Kollektors (linearer Verlustfaktor): Abhängig vom Einbau (z.B. stärkere Konvektion bei Aufständigung auf Flachdach), der Dämmung sowie der Bauweise (z.B. Evakuierung),
- Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Umgebungsluft: Besonders für Winterbetrieb und Heizungsunterstützung sowie Erzeugung von Prozesswärme ($> 60 \text{ }^\circ\text{C}$) von Bedeutung.

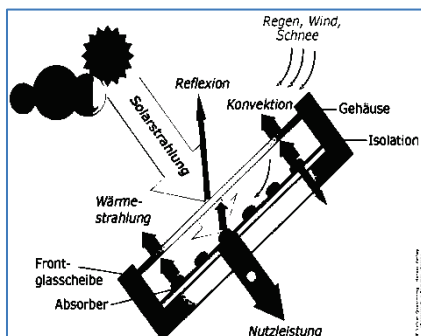


Abbildung 9-1: Energieflüsse an einem thermischen Kollektor ((Quaschnig, 2010)

Ein einfacher Zusammenhang kann mit Kennwerten linear hergestellt werden und ist für typische Kollektoren und Betriebszustände (Warmwasserbereitung) in **Tabelle 9-6** zusammengefasst (Pöhn, 2011):

Formel 9-1: Wirkungsgrad von thermischen Kollektoren

$$\eta_{Sol} = \eta_0 - a_1 \cdot x$$

a₁ (linearer Verlustfaktor): Entspricht etwa einem mittleren U-Wert der Gesamtkonstruktion (bezogen auf die bestrahlte Fläche des Kollektors)

x: Eine Funktion der mittleren Temperaturdifferenz zur Außenluft

Tabelle 9-6: Mittlere Wirkungsgrade und Speicherbedarf von Kollektoren

Kollektortyp	Konversionsrate η_0	Linearer Verlustfaktor	Mittlere monatliche Wirkungsgrade auf 200 m Seehöhe (HGT 20/12 = ca. 3400 Kd)												Speichergröße (Liter/m ²)
			JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Einfacher Kollektor	0,80	4,1	0,23	0,27	0,33	0,37	0,39	0,41	0,43	0,43	0,41	0,35	0,29	0,23	40 Liter
Hochselektiver Kollektor	0,80	3,5	0,31	0,35	0,40	0,43	0,45	0,47	0,49	0,49	0,47	0,42	0,36	0,31	50 Liter
Vakuum-Röhrenkollektor	0,77	1,9	0,50	0,52	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,59	0,56	0,53	0,50	70 Liter
Monatliche Betriebspunkte (Rechenwert für x)			0,140	0,130	0,115	0,105	0,100	0,095	0,090	0,090	0,095	0,110	0,125	0,140	

Unter Berücksichtigung von Anlauf- und Abstellverlusten in Kollektor und Verteilleitungen zum Speicher ergeben sich etwas niedrigere mittlere Systemnutzungsgrade, welche für die Maßnahmenplanung heranzuziehen sind. Besonders bei niedrigen Temperaturen bzw. hohen Temperaturdifferenzen verläuft die Kurve des Wirkungsgrades nicht linear. In der Realität werden dann die nötigen Warmwassertemperaturen nicht mehr erreicht und die Anlage kann keine Nutzleistung erbringen. Die Systemnutzungsgrade in **Tabelle 9-7** gelten somit nur unter der Voraussetzung, dass die Wärme auch bei niedrigen Temperaturen (z.B. Kaltwasservorwärmung oder Wärmepumpe) genutzt werden kann.

Tabelle 9-7: Mittlere Systemnutzungsgrade von Solaranlagen (Gmeiner H., 1994)

Kollektortyp	Systemnutzungsgrad der Solaranlage in % ¹⁾												
	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Sommer
EV _{selektiv} / DV _{nicht sel.}	10	15	20	25	30	35	40	35	30	25	20	15	35
DV _{selektiv}	15	20	25	30	35	40	45	40	35	30	25	20	40
Vakuumröhren	25	30	35	40	45	50	55	50	45	40	35	30	50

¹⁾: Verluste der Kollektoren und der Leitungen zum Speicher

Beispiel 9-2: Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage

Erhebungsdaten aus Beispiel 9-1

Wieviel darf eine Solaranlage (Doppelverglasung, selektiv beschichtet) mit 100 % Deckung im Sommerbetrieb nach Abzug einer etwaigen Förderung kosten, damit sich bei einem Ölpreis von 0,1 €/kWh und Stromkosten von 0,2 €/kWh die Investitionskosten (2 % Verzinsung) unter 15 Jahren amortisieren ($a = 0,078$)?

Jährliche Einsparung = $3.000 \cdot 0,1 - 3.000/15 \cdot 0,2 = € 260,-$ pro Jahr

Maximale Investitionssumme = $260/0,078 = € 3.330,-$

Um diese Summe kann eine Solaranlage nicht installiert werden. Die Einsparung trägt aber einen großen Anteil der Investition (zwischen 30 und 50 %).

10. Stromverbrauch

10.1. Vorgehensweise bei der Erhebung

Die wichtigsten Parameter sind:

- Nennleistung im Betrieb (gemessen oder abgelesen)
- Betriebszeit pro Einschaltzyklus / Tag / Woche / Jahr
- Standby-Leistung
- Anzahl gleichartiger Geräte und Beleuchtungskörper

Die Bewertung des Stromverbrauchs erfolgt in den zwei Schritten Erhebung und Messung und anschließendem Vergleich mit der Stromrechnung. Für die Messung wird ein steckbares Strommessgerät benötigt, für die Berechnung ein Taschenrechner oder ein Computer mit entsprechender Software (z.B. Tabellenkalkulation).

10.1.1. Erhebung und Messung der Elektrogeräte

Es werden in allen Räumen sowie in den Außenanlagen möglichst alle Verbraucher erfasst und die Ergebnisse in eine Tabelle (Tabellenkalkulationsprogramm) eingetragen.

Das Strommessgerät wird zwischen Steckdose und Verbraucher angesteckt. Jedes Energiemessgerät kann entweder Energie (kWh oder Wh) oder Leistung (W oder kW) messen. Was gerade gemessen wird, scheint üblicherweise im Display auf.

Kleingeräte messen: Geräte mit etwa gleich bleibender Leistung, wie Fernseher, Computer, Monitor, Spielkonsolen, Lampen, etc. wird am besten die Leistung (W oder kW) gemessen und mit der Betriebszeit in Stunden (h) multiplizieren. Stand-By-Verbraucher können so auch einfach gemessen werden.

Großgeräte Typ 1 messen: Bei Waschmaschinen, Wäschetrockner oder Geschirrspülern, die zeitweise betrieben werden, werden die kWh pro Durchgang gemessen.

Großgeräte Typ 2 messen: Bei Kühlgeräten, Aquarien, oder anderen Geräten im Dauerbetrieb, werden die kWh über mindestens 12 bis 24 Stunden gemessen, noch genauere Werte ergibt eine Messung über eine ganze Woche.

Beleuchtung und andere nicht messbare Geräte: Den Verbrauch der Beleuchtung im Haushalt kann man über das Ablesen der Wattzahl der einzelnen Lampen ermitteln. Um die verbrauchte Strommenge zu erhalten, muss die Leistung (in kW) mit der Betriebszeit in Stunden (h) multipliziert werden. Bei Geräten, die nicht an das Messgerät angeschlossen werden können (wie Elektroherde oder Warmwasserboiler) kann die Leistungsaufnahme vom Typenschild abgelesen werden, manchmal findet man auch Verbrauchsangaben auf dem Gerät. Wenn nicht, kann versucht werden, den Verbrauch direkt am Stromzähler des Hauses / der Wohnung abgelesen zu werden (alle anderen Verbraucher sind vom Netz getrennt, wenn der Zähler still steht, wird das zu messende Gerät eingeschaltet und der Verbrauch direkt am Zähler beobachtet).

Wenn kein Messgerät zur Verfügung steht können die Informationen aus dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG (**Tabelle 10-1** bis **Tabelle 10-6**) herangezogen werden.

Alle erhobenen Verbräuche werden auf den Zeitraum eines Jahres bezogen und addiert. Daraus ergibt sich der Jahresstrombedarfs, vergleichbar dem aus Gebäudedaten ermittelten Heizwärmebedarf und dem aus der Anlagenerhebung ermittelten Jahresnutzungsgrad der Wärmeversorgung.

10.1.2. Bewertung des Jahresstrombedarfs

Stimmt der rechnerisch ermittelte Stromverbrauch der Elektrogeräte ungefähr mit dem Verbrauch auf der Jahresabrechnung überein (Abweichungen von +/- 10% sind dabei tolerabel), kann begonnen werden, die

größten Verbraucher herauszufinden, wie z.B. Stand-By-Verluste, veraltete Geräte, Geräte im nicht notwendigen Dauerbetrieb, etc.

Stimmt der rechnerisch ermittelte Stromverbrauch der Elektrogeräte nicht mit dem Verbrauch auf der Jahresabrechnung überein, müssen Hochrechnung und Abschätzung der Nutzungsdauern nochmals überprüft werden. **Tabelle 10-1** bis **Tabelle 10-6** können dabei helfen herauszufinden, ob wesentliche Verbraucher übersehen wurden (z.B. Warmwasserboiler, Heizungspumpe, ein kürzlich erworbenes Gerät, etc.). Mit (*) bezeichnete Geräte sind Beispielgeräte aus der Produktdatenbank von klimaaktiv.³⁵

Erst nach dem Datenabgleich ist der Ist-Zustand eine ausreichend genaue Basis für die Planung und Bewertung von Maßnahmen. Eine erste Abschätzung des Einsparpotenzials kann durch den Vergleich des Bedarfs mit einem typischen niedrigen Verbrauch für ein vergleichbares Gebäude und ähnlich Nutzungsbedingungen erfolgen (**Beispiel 10-1**).

Tabelle 10-1: Strombedarf für Beleuchtungskörper

Bezeichnung	neues energiesparendes Gerät (Verbrauch in kWh)					altes Gerät (Verbrauch in kWh)				
	Standby-Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tagesverbrauch	Stromverbrauch pro Jahr	Standby-Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tagesverbrauch	Stromverbrauch pro Jahr
Beleuchtung (Betriebszyklus pro Tag: 4h)										
Energiesparlampe 11W		0,011	4,0	0,044	16,1					
Energiesparlampe 20W		0,020	4,0	0,080	29,2					
Energiesparlampe 6W		0,006	4,0	0,024	8,8					
Energiesparlampe 8W		0,008	4,0	0,032	11,7					
Glühbirne 100W						0,100	4,0	0,400	146,0	
Glühbirne 150W						0,150	4,0	0,600	219,0	
Glühbirne 25W						0,025	4,0	0,100	36,5	
Glühbirne 40W						0,040	4,0	0,160	58,4	
Glühbirne 60W						0,060	4,0	0,240	87,6	
Halogenlampe (Hochvolt, 230 V) 60W		0,060	4,0	0,240	87,6					
Halogenlampe (Niedervolt, 12 V) 25W		0,025	4,0	0,100	36,5					
LED-Leuchte 1W		0,001	4,0	0,004	1,5					
LED-Leuchte 3W		0,003	4,0	0,012	4,4					
LED-Leuchte 8W		0,008	4,0	0,032	11,7					
LED-Leuchte 11W		0,011	4,0	0,044	16,1					
LED-Leuchte 20W		0,020	4,0	0,080	29,2					
Leuchtstoffröhre 36W mit EVG		0,036	4,0	0,144	52,6					
Leuchtstoffröhre 36W mit KVG						0,046	4,0	0,184	67,2	
Leuchtstoffröhre 36W mit VVG						0,042	4,0	0,168	61,3	
Leuchtstoffröhre 58W mit EVG		0,055	4,0	0,220	80,3					
Leuchtstoffröhre 58W mit KVG						0,071	4,0	0,284	103,7	
Leuchtstoffröhre 58W mit VVG						0,066	4,0	0,264	96,4	
Sonderbeleuchtung (Weihnachten etc.)		0,040	4,0	0,160	58,4	0,200	4,0	0,800	292,0	

³⁵ www.topprodukte.at

Tabelle 10-2: Strombedarf für Elektronik und sonstige Geräte

Bezeichnung	neues energiesparendes Gerät (Verbrauch in kWh)					altes Gerät (Verbrauch in kWh)				
	Standby- Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tages- verbrauch	Stromverbrauch pro Jahr	Standby- Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tages- verbrauch	Stromverbrauch pro Jahr
Elektronik, sonstige										
(wenn nicht anders angegeben, bezieht sich der Tagesverbrauch auf einen Betriebszyklus plus Standby-Verlust)										
Anrufbeantworter	0,072	0,003			26,3					
Drucker (Laser-Multifunktionsdrucker S/W bis 40 S/min) (*)	0,170			0,186	36,4	0,350			0,371	124,8
DVBT-Box / SAT-Receiver	0,016	0,022	4,0	0,104	38,0					
DVD-/Videoplayer	0,010	0,012	2,0	0,034	12,4					
Elektro-Auto (100 km)			13,5					20,0		
Elektro-Fahrrad (100 km)			0,5					2,0		
Fernsehgerät Röhre (50cm Bildschirmdiagonale)						0,006	0,058	4,0	0,238	86,9
Fernsehgerät LED/Plasma (40 - 42 Zoll) (*)	0,004	0,040	4,0	0,164	59,9		0,120	4,000		
Infrarotkabine		1,500	3,0	4,500			2,000	3,000	6,000	
Ladegerät (Mobiltelefon)	0,046	0,035	1,0	0,081	29,6					
Modem / Router	0,240	0,005	4,0	0,260	94,9					
Monitor (LCD, 20 - 21 Zoll) (*)	0,003	0,013	4,0	0,055	20,0	0,001	0,029			
PC / Laptop		0,065	4,0	0,260	94,9	0,500	0,500	4,000	2,500	912,5
Radio, Radiowecker	0,016	0,001	4,0	0,020	7,3	0,100	0,008	4,000	0,132	48,2
Sauna		7,000	3,0	21,000			7,500	3,000		
Solarium		3,000								
Spielkonsole	0,068	0,120	2,0	0,308	112,5	0,024	0,150	2,000	0,324	118,3
Stereoanlage	0,220	0,050	2,0	0,320	116,8	0,440	0,100	2,000	0,640	233,6
Telefon / Fax						0,161	0,065	1,000	0,226	82,5

Tabelle 10-3: Strombedarf für Geräte und Anlagen für Essen und Trinken

Bezeichnung	neues energiesparendes Gerät (Verbrauch in kWh)					altes Gerät (Verbrauch in kWh)				
	Standby- Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tages- verbrauch	Stromverbrauch pro Jahr	Standby- Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tages- verbrauch	Stromverbrauch pro Jahr
Essen und Trinken										
Backrohr 180° C	0,019	1,800	1,000	0,532	194,2		2,000	1,000	0,570	208,0
Brotschneidemaschine	0,119	0,082	0,25	0,139	50,8	0,238	0,147	0,25	0,274	100,1
Dampfgarer	0,071	0,850	0,50	0,496	180,9	0,118	1,600	0,50	0,918	334,9
Dunstabzug		0,140	0,40	0,056	20,4		0,150	0,40	0,060	21,9
E-Griller		2,000	1,00	0,142	52,0		2,300	1,00	0,164	59,8
Espresso-/Kaffeemaschine (*)	0,009				28,0	0,085				28,0
Gefrierschrank (Standgerät > 160 cm) (*) in beheizter Umgebung					181,0					181,0
Gefrierschrank (Standgerät > 160 cm) (*) in unbeheizter Umgebung					153,9					153,9
Getreidemühle		0,400	1,00		20,8		0,800	1,00		41,6
Geschirrspüler (Einbau, 60 cm) (*)					194,0					194,0
Elektro-Herd	0,047	2,000	0,50	1,047	382,2		3,000	0,50	1,500	547,5
Küchenmaschine / Handmixer		0,300			7,8		0,800			20,8
Kühl-Gefrierkombi (Einbau, 120 - 140 cm) (*) in beheizter Umgebung					117,0					117,0
Kühl-Gefrierkombi (Einbau, 120 - 140 cm) (*) in unbeheizter Umgebung					99,5					99,5
Kühlschrank (Einbau, > 110 cm) (*) in beheizter Umgebung					71,0					71,0
Kühlschrank (Einbau, > 110 cm) (*) in unbeheizter Umgebung					60,4					60,4
Mikrowellenherd	0,071	1,200	0,50	0,671	244,7	0,118	1,500	0,50	0,868	316,6
Reiskocher	0,024	0,700	0,50	0,374	136,3	0,071	0,800	0,50	0,471	171,7
Tiefkühlschrank in beheizter Umgebung					101,0					101,0
Tiefkühlschrank in unbeheizter Umgebung					85,9					85,9
Tiefkühltruhe in beheizter Umgebung					117,0					117,0
Tiefkühltruhe in unbeheizter Umgebung					99,5					99,5
Toaster		0,900	0,250	0,225	82,1		1,100	0,250	0,275	100,4
Brotbackmaschine		1,000			26,0		1,500			39,0
Fritteuse		1,700			44,2		1,800			46,8
Wasserkocher (1 l, 10°c)		1,000	0,100	0,200	73,0			0,100	0,200	73,0

Tabelle 10-4: Strombedarf für Geräte für Sauberkeit und Hygiene

Bezeichnung	neues energiesparendes Gerät (Verbrauch in kWh)					altes Gerät (Verbrauch in kWh)				
	Standby- Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tages- verbrauch	Stromverbrauch pro Jahr	Standby- Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tages- verbrauch	Stromverbrauch pro Jahr
Sauberkeit und Hygiene										
Bügeleisen		1,000			104,0		1,500			156,0
Haarfön		1,500			156,0		1,800			187,2
Rasierapparat, Epiliergerät	0,024	0,002	0,250	0,024	8,9	0,048	0,005	0,250	0,049	17,8
Staubsauger (*)		0,145			7,5		1,300			67,6
Trockner (Füllmenge bis 7 kg) (*)					95,0					504,0
Waschmaschine (Füllmenge < 7 kg), Standardwaschgang 60°C			0,750		137,0			1,500		185,0
E-Zahnbürste	0,024	0,002	0,250	0,024	8,9	0,048	0,005	0,250	0,049	17,8
Waschtrockner (Waschen und Trocknen) (*)			3,400		176,8			5,670		294,8

Tabelle 10-5: Strombedarf für Geräte und Anlagen der Haustechnik

Bezeichnung	neues energiesparendes Gerät (Verbrauch in kWh)					altes Gerät (Verbrauch in kWh)				
	Standby-Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tagesverbrauch	Stromverbrauch pro Jahr	Standby-Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	Einschaltzeit pro Betriebszyklus (h)	durchschn. Tagesverbrauch	Stromverbrauch pro Jahr
Haustechnik										
Antrieb_Jalousie (Betriebszyklus = 3 min)		0,120			4,4		0,240			6,2
Antrieb_Markise (Betriebszyklus = 3 min)		0,200			3,1		0,400			6,2
Alarmanlage		0,006			26,3		0,010			43,8
Elektro-Handtuchtrockner		0,600			15,6		1,500			39,0
Elektro-Dachrinnenheizung (20 m)		0,400			876,0					
Elektro-Fußbodenheizung (1 m²)		0,100			219,0					
Elektro-Heizkörper 1000W		1,000					1,000			
Elektro-Heizkörper 2000W		2,000					2,000			
Elektro-Rasenmäher		1,500			39,0		1,800			46,8
Elektro-Warmwasserboiler (100 l) (*)					281,0					803,0
SI WW-Boiler (2kW Anschlußleistung)				0,200	73,0					
Frostwächter (500 W)		0,500			26,0		0,500			26,0
Heizstrahler (2 kW)		2,000			104,0		2,000			104,0
Heizungsanlage (Stückholz-Vergaserkessel)		0,150			328,5					
Klimaanlage (Kühlbetrieb, Kühlleistung 2,5 kW, Fixmontage) (*)	0,024				103,0	65,700				698,0
Luftbefeuchter (Ultraschall)	0,024	0,050	12,000	0,624						
Luftbefeuchter, Brunnen		0,010		0,240	43,9					
Lüftungsanlage (180m³; 0,3 W/(m³/h) + 12 h/d)					236,5					354,8
Pumpe_Warmwasser		0,022			143,0		0,150			975,0
Stromzähler		0,004			35,0		0,003			26,3
Umwälzpumpe Heizung		0,013			28,5		0,041			89,8
Wärmepumpe					2.130,0					4.260,0
Werkzeug (Bohrmaschine etc.)		0,800			8,0		1,200			12,0
Ventilator		0,040			1,0		0,060			1,6
Pumpen (Pool, Teich, Regenwasser)		0,500			250,0		0,800			400,0
Bewegungsmelder	0,010	0,010	4,000	0,050	18,3	0,040	0,020	4,000	0,120	43,8
Antrieb (Türöffner, Garagentoröffner)	0,048	0,200	0,250	0,098	35,6	0,166	0,300	0,250	0,241	88,1
Ölpumpe (Heizung)		0,030			65,7		0,040			87,6
Förderanlage Pellets (Ventilator, Schnecke)		0,800			58,4		1,000			73,0
Pelletszündung		1,000			36,5		1,300			47,5

Tabelle 10-6: Strombedarf für Luxus

Bezeichnung	neues energiesparendes Gerät					altes Gerät				
	Standby-Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	pro Betriebszyklus	durchschn. Tagesverbrauch	Stromverbrauch pro Jahr	Standby-Verbrauch pro Tag	ON-Betrieb pro Stunde	pro Betriebszyklus	durchschn. Tagesverbrauch	Stromverbrauch pro Jahr
Luxus										
Whirlpool				5,000	1.825,0				5,000	1.825,0
Swimmingpool (Pumpe, Filter, etc)					1.872,0					
Sauna (2 h/Betriebszyklus, 2-3 Personen)		6,000	12,000							
Wasserbett (Wintermonate)				1,200	175,0				3,000	250,0
SI WW-Boiler (2kW Anschlußleistung)				0,200	73,0					

10.1.3. Beispiel für die Strombedarfserhebung in einem Haushalt

Beispiel 10-1: Erhebung der Stromverbraucher zur Abschätzung des Energiebedarfs

Die Verbraucher eines von drei Personen bewohnten Hauses mit 120 m² werden erhoben und der Strombedarf bewertet.

Nr.	Raum	Bezeichnung	ON-Betrieb pro Stunde (Nennleistung in W)	Anzahl gleicher Geräte	Einschaltdauer pro Betriebszyklus (Stunden)	Betriebszyklen pro Woche (Jahresmittel)	Stromverbrauch pro Jahr im Betrieb [kWh]	Standby-Verbrauch [kWh] pro Tag	Standby-Verbrauch [kWh] pro Jahr	Gesamtverbrauch [kWh] pro Jahr
1	Wohnung	Energiesparlampe 11 W	11	10	2,00	7,00	80,1			80,1
2	Wohnung	Energiesparlampe 7 W	7	6	2,00	7,00	30,6			30,6
3	Wohnung	Glühbirne 100 W	100	3	4,00	7,00	436,8			436,8
4	Wohnung	Glühbirne 60 W	60	4	3,00	7,00	262,1			262,1
5	Wohnung	Glühbirne 40 W	40	3	1,00	7,00	43,7			43,7
6	Arbeitszimmer	Modem / Router	5	1	4,00	3,00	3,1	0,24	87,60	90,7
7	Arbeitszimmer	Monitor (LCD, 20- 21 Zoll) (*)	20	1	4,00	3,00	12,5	0,05	18,25	30,7
8	Arbeitszimmer	PC / Laptop	80	1	4,00	3,00	49,9			49,9
9	Keller	Umwälzpumpe Heizung	40	2	16,00	4,00	266,2			266,2
10	Keller	Waschmaschine	1.500	1	2,50	2,00	390,0	0,10	36,50	426,5
11	Küche	Backrohr 180° C	1.800	1	1,00	2,00	187,2	0,05	18,25	205,5
12	Küche	Dampfgarer	800	1	1,00	1,00	41,6			41,6
13	Küche	Dunstabzug	140	1	1,00	4,00	29,1			29,1
14	Küche	Elektro-Herd	2.000	1	0,75	10,00	780,0			780,0
15	Küche	Espresso-/Kaffeemaschine (*)	1.000	1	0,10	20,00	104,0			104,0
16	Küche	Geschirrspüler (Einbau, 60 cm) (*)	1.500	1	1,50	5,00	585,0	0,05	18,25	603,3
17	Küche	Toaster	800	1	0,05	14,00	29,1			29,1
18	Küche	Wasserkocher (1 l, 10°c)	1.000	1	0,05	7,00	18,2			18,2
19	Küche	Kühl-Gefrierkombination	150	1	4,00	7,00	218,4			218,4
20	Wohnzimmer	Fernsehgerät	50	1	3,00	7,00	54,6	0,04	14,60	69,2
21	Wohnzimmer	Stereoanlage	40	1	1,00	7,00	14,6	0,03	10,95	25,5
22	Wohnung	Staubsauger	1.800	1	1,00	2,00	187,2			187,2
23	Bad	Föhn	1.500	1	0,10	10,00	78,0			78,0
24	Bad	Rasierer	15	1	5,00	7,00	27,3			27,3
25	Garten	Teichpumpe	120	1	6,00	5,00	187,2			187,2
		Summen	14.578	47			4.116		204	4.321

Flächenbezogene Energiekennzahl: $4320 / 120 = 36 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{Jahr}$

Haushaltsbezogene Energiekennzahl = durchschnittlich (Tabelle 3-6)

Die Differenz zu einem „sehr niedrigen“ Verbrauch für einen 3-Personen-Haushalt beträgt $(4320 - 3500) = \text{ca. } 820 \text{ kWh}$ oder ca. € 150,- pro Jahr (Strompreis ca. 0,2 €/kWh). Durch diesen Wert ist der Wirtschaftlichkeitsrahmen für eine Stromberatung überschlägig festgelegt.

11. Prioritäten und Empfehlungen

11.1. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in der Energieberatung

In diesem Kapitel werden grundlegende Vorschläge zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit energetischer Verbesserungsmaßnahmen vorgestellt und erläutert.

Die Anwendung derartiger Methoden liefert nur dann eindeutige Ergebnisse, wenn mit der Investition keine deutliche Erhöhung des Nutzwertes oder des Verkehrswertes des Gebäudes verbunden ist. Eine Wärmedämmung wird z.B. einerseits Energiekosten reduzieren, andererseits aber auch den Wohnkomfort erhöhen bzw. den Immobilienwert um ein Mehrfaches der Dämmkosten steigern. Wie diese Erhöhung des Nutzwertes zu bewerten ist, lässt sich nicht aus Tabellen ablesen und bleibt der individuellen Bewertung vorbehalten.

Von Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind keine absoluten Aussagen zu erwarten. Das Ergebnis von Wirtschaftlichkeitsberechnungen hängt stark von den angenommenen Nutzungsdauern, Zins- und Energiepreisen ab. Wenn Energieberatung Aussagen zur Wirtschaftlichkeit trifft, dann sollten unbedingt die Methoden und Annahmen erläutert werden.

Einsparungen von Energie sind monetär bewertbar, darüber hinaus gibt es aber auch Nutzen, die meist nicht monetär bewertet werden: mehr Komfort durch behaglich warme Oberflächen, leichtere Bedienbarkeit von Anlagen, Unabhängigkeit von unsicheren Energieformen u.v.m. Wie viel ist das dem Nutzer wert? Welche Investitionen werden auf Grund der erforderlichen Instandhaltung in jedem Fall fällig, was sind tatsächlich Mehrkosten für energetische Verbesserungen?

Bezieht man diese Überlegungen nicht ein, so wird man mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu Schlussfolgerungen gelangen, die wesentliche Aspekte nicht berücksichtigen. **Tabelle 11-1** zeigt die verschiedenen Optimierungsziele. Die letztlich gewählten Ziele sind möglichst mit den Kunden und Kundinnen gemeinsam zu klären.

Tabelle 11-1: Optimierungsziele der thermischen Sanierung

Nutzungsoptimierung
Nutzungsänderung, Gebäudeteilung
Nutzbarmachung von Gebäudeteilen, Zubauten
Wertoptimierung
Gabäudeerhaltung, Bewahrung vor Verfall
Steigerung des Verkehrs- bzw. Verkaufswertes
Betriebswirtschaftliche Optimierung
Gesamtkosten über die Nutzungsdauer (bauteil-, anlagenbezogen)
Gesamtkosten über die Nutzungsdauer bezogen auf das Gebäude
Bauphysik, Gesundheit und Hygiene
Raumklima, Temperaturverhältnisse, Feuchtigkeitsverhältnisse
Schallschutz, Brandschutz, Erdbeben
Baubiologie, Allergiepotential
Ökologische Optimierung
Primärenergieaufwand, CO ₂ Emissionen
Ökologischer Fußabdruck
Regionale Wertschöpfung

11.1.1. Grundsätze der Wirtschaftlichkeitsrechnung

In der Energieberatung wird die Wirtschaftlichkeit über die aus einer Energiebedarfsdifferenz errechnete jährliche Einsparung abgeschätzt. Die daher dazugehörige Größe zum Vergleich mit den nötigen Investitionen ist somit die Annuität (jährliche gleichbleibende Rückzahlung eines Kredits bei bekannter Laufzeit und Zinssatz), oder, im Fall der Verfügbarkeit von Kapital, die jährliche Rente (gleichbleibende Auszahlung über einen definierten Zeitraum).

Ziel der Wirtschaftlichkeitsrechnung ist es eine möglichst klare Aussage zu treffen, die eine Beurteilung der ökonomischen Sinnhaftigkeit von Maßnahmen(paketen) ermöglicht. Diese kann mehrere Ausprägungen haben:

- **Bei bekannten Investitionskosten:** Überschlägiger Vergleich von Kosten und Nutzen (Statische Amortisation) oder Annuität und Nutzen (dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung).
- **Ohne Kenntnis der Investitionskosten:** Barwert des Beitrags der Einsparung über die Nutzungsdauer zur Investition = Grenzkosten einer Maßnahme, bei der sie 100 % der Investition über die Einsparung finanzieren würde.

In der Energieberatung für Wohngebäude wird Wirtschaftlichkeit über einen langen Zeitraum entschieden. Die rechnerische Nutzungsdauer von Maßnahmen reicht von ca. 5 Jahren (einfache Dichtungsmaßnahmen an Fenstern) bis über 50 Jahre (massive Bauteile). Die tatsächliche Nutzungsdauer kann darüber hinaus deutlich kürzer (z.B. Ausführungsmängel) oder länger (z.B. regelmäßige Wartung) ausfallen. Daraus ergeben sich mehrere Empfehlungen für die Energieberatung:

- Für diesen langen Zeitraum lassen sich keine Vorhersagen für die Entwicklung der Energiepreise machen. **In der Energieberatung sollte daher prinzipiell mit konstanten Energiepreisen gerechnet werden** (Entwicklung = Verbraucherpreisindex bzw. Inflation). Etwaige langfristig erwartete Steigerungen können in der Interpretation der Ergebnisse als zusätzliche Motivation qualitativ argumentiert werden.
- Ähnliches gilt für die Entwicklung von Bau- und Nebenkosten (z.B. Stromkosten für Hilfsaggregate, Reparatur und Wartung) sowie für etwaige Restwerte und Refinanzierungskosten, je nach Betrachtungszeitraum für den Vergleich von Maßnahmen unterschiedlicher Nutzungsdauer. **Nebenkosten werden nur dort berücksichtigt, wo sie klar definierbar und für den Vergleich entscheidend sein können** (z.B. Rauchfangkehrerkosten, die nur für Heizkessel, nicht für eine Wärmepumpe anfallen).
- **Externe Kosten** (z.B. Umweltschäden) und gesellschaftliche Zielsetzungen werden in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung nicht berücksichtigt. Teilweise sind diese allerdings in Kriterien für Förderungsprogramme und in den Energiekosten selbst (z.B. Zuschläge zum Strompreis, Einspeisetarife) enthalten.

Auch für das Ausmaß der Finanzierungskosten sind mehrere Umstände maßgeblich, die entweder schwer vorhersehbar (z.B. Entwicklung des Zinsniveaus) oder im Rahmen einer Energieberatung nicht zu erheben sind (z.B. Möglichkeiten der Steuerabschreibung). Aussagen über die Wirtschaftlichkeit müssen daher als Richtwerte verstanden und jedenfalls im Rahmen der konkreten Umsetzung überprüft und adaptiert werden. Das einzige Finanzierungselement, das traditionell im Rahmen der Energieberatung eingebracht und geklärt werden sollte, ist die Verfügbarkeit öffentlicher (z.B. Bundesland, Gemeinde) oder privatwirtschaftlicher (z.B. Aktionen einzelner Unternehmen) Förderungen für Geräte und Anlagen, Maßnahmen und Maßnahmenpakete. Im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG werden Förderungen nur beispielhaft zur Erläuterung der Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendet. Die tatsächliche Ausgestaltung variiert so stark zwischen Regionen und Maßnahmen, dass eine umfassende Darstellung nicht möglich ist. Diese muss individuell aus verfügbaren Quellen erfolgen.

Für die Energieberatung mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG werden somit nur die für energiewirtschaftliche Vergleiche wichtigen Größen ermittelt und gegenübergestellt (siehe Markierungen in **Tabelle 11-2**).

Tabelle 11-2: Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Energieberatung

Element der Betrachtung	Einflussgrößen	Einheiten, Zusatzinformation
Investitionen	Investitionskosten	Euro (Material + Arbeit)
	Reparaturkosten	% der Investition pro Jahr
	Kostenindex	% pro Jahr
	Rechnerische Nutzungsdauer	Jahre
	Abschreibung	% pro Jahr oder Funktion (linear oder nicht linear)
	Restwert oder Reinvestition	Euro (Material + Arbeit)
Finanzierung	Eigenmittel	Anteil oder Euro, Zinssatz (z.B. Sparbuch)
	Förderung	Anteil oder Euro (Laufzeit, Bedingungen)
	Kredit	Anteil oder Euro (Zinssatz, Laufzeit, Nebenkosten)
	Steuerabschreibung	Euro oder % (Grenzsteuersatz, sonstige Informationen)
Betrieb	Energieverbrauch(sdifferenz)	kWh/Jahr
	Energiepreis	Euro/kWh (derzeit bezahlt)
	Energiepreisentwicklung	% Veränderung pro Jahr
	Betriebskosten(differenz)	Euro/Jahr
	Kostenindex	% pro Jahr
Rechenmethoden	Statisch	Kosten / Nutzen (Statische Amortisationsdauer)
	Dynamisch	Annuitäten (Vergleichbarkeit mit jährlichen Einsparungen)

Betriebskosten können im Allgemeinen aus der Erhebung bzw. Berechnung des Energieverbrauchs, des Energiebedarfs nach Verbesserung, des Einsparpotenzials sowie der Energieeinsparung selbst, sowie aus bekannten oder erhobenen aktuellen Preisen und Nebenkosten für Energieträger mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden. Sie stellen somit ein wesentliches und tragfähiges Ergebnis einer Energieberatung dar.

Wichtig ist, dass für den Energieverbrauch tatsächliche Energiepreise erhoben werden. Das ist überall dort aufwändiger, wenn Energieträger nicht gekauft sondern aus anderen Quellen bezogen werden. In den allermeisten Fällen handelt es sich dabei um Holz oder vergleichbare Brennstoffe. Oft werden diese Energieträger erst auf Nachfrage oder bei Abweichungen im Datenabgleich ermittelt. Gemeinsam mit den Beratungskunden oder –kundinnen muss entschieden werden, ob und welche fiktiven Kosten für diesen Anteil einzusetzen sind. Für die Selbstbringung und –verarbeitung von Holz kann das entweder ein möglicher Verkaufspreis oder ein Schätzwert für die benötigte Arbeitszeit mit einem angemessenen Stundenlohne (z.B. € 10,-) sein.

Finanzierungskosten variieren im Allgemeinen nur sehr wenig zwischen Bankinstituten und können einfach erfragt werden. Förderungen lassen sich meist direkt entweder in die Finanzierungskosten (z.B. Zins- und Annuitätenzuschüsse) einrechnen oder von den Investitionskosten subtrahieren (Direktförderungen). Durch die Verwendung von Annuitätenfaktoren lassen sich auch verschiedene Kreditkonditionen schnell vergleichen.

Investitionskosten für Maßnahmen(pakete) sollten nur eingesetzt werden, wenn sie für den Beratungsfall mit hoher Wahrscheinlichkeit zutreffen. Diese Forderung grenzt die Integration von Kosteninformationen und damit die Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Energieberatung auf die folgenden Fälle ein:

- Das Objekt weist übliche Rahmenbedingungen auf und die zuständige Beratungsstelle (in Einzelfällen auch individuelle Berater und Beraterinnen aufgrund ihrer praktischen Erfahrung) kann konkrete Durchschnittswerte zur Verfügung stellen.

- Der Kunde bzw. die Kundin ist bereit, Angebote zu den Maßnahmen einholen zu lassen und mit diesen Informationen in einem weiteren Gespräch die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung abzuschließen.

Im Normalfall steht für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung somit nur die Abschätzung der Betriebskosten(einsparung) durch die Umsetzung einer Maßnahme zur Verfügung. Das für den Kunden oder die Kundin sinnvollste Ergebnis ist dann die Information über den auf den Zeitpunkt der Investition zurückgerechneten Barwert der erwarteten Energieeinsparung. Dieser Barwert kann auf zwei Arten argumentiert und in die Energieberatung eingebracht werden:

- Der Barwert der Energieeinsparung entspricht jenen Grenzkosten einer Investition, unter denen die Maßnahme sich durch Einsparungen über die Nutzungsdauer selbst finanzieren (refinanzieren) würde.
- Der Barwert der Energieeinsparung entspricht dem Betrag, den die Einsparung zur Investition beiträgt, um den also die Investitionskosten rechnerisch reduziert werden.

Für den Vergleich von Maßnahmen wird grundsätzlich die (fiktive!) Kreditlaufzeit mit der Nutzungsdauer gleichgesetzt. Da Kreditbedingungen in den für die Energieberatung bedeutsamen Zeiträumen zwischen 10 und 30 Jahren nur geringfügig streuen (da mit steigender Laufzeit das Risiko für die Bank steigt, werden Kredite allerdings nur mit Zinsanpassung vergeben), wird damit ein vernachlässigbarer Fehler gegenüber realen Bedingungen (fixe Kreditlaufzeit bei variablen Nutzungsdauern) gemacht. Im Gegenzug vermeidet man dadurch den beträchtlichen Aufwand zur Berücksichtigung von Restwerten oder Refinanzierungskosten (**Tabelle 11-2**).

11.1.2. Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung

- **Höhe der Investitionskosten:** Vergleich des absoluten Betrags eines Maßnahmenpaketes mit dem verfügbaren Geldvolumen in Euro. Durch diese Betrachtung wird sichergestellt, dass keine langfristigen Kreditvereinbarungen abgeschlossen werden müssen.
- **Kosten/Nutzen Verhältnis:** Die Division der Investitionskosten (€) durch die Energieeinsparung in kWh/Jahr ergibt eine überschlägige („statische“) Amortisationszeit der Maßnahmen. Dieser Wert sollte für bauliche Maßnahmen unter ca. 15 (Jahren) und für haustechnische Maßnahmen unter ca. 10 (Jahren) liegen).
- **Annuität/Nutzen Verhältnis:** Unter Einrechnung einer Nutzungsdauer und der Kosten für die Geldbeschaffung, können Investitionen auf jährliche Kosten (Rückzahlungen = Annuitäten) zurückgerechnet werden. Die jährlichen Kosten sollten unter den jährlichen Einsparungen liegen, aber in jedem Fall zeigt sich, welchen Anteil der Kosten die Einsparungen „übernehmen“.
- **Kosten der eingesparten Kilowattstunde:** Eine Maßnahme ist wirtschaftlich, wenn die eingesparte kWh weniger kostet, als die derzeitig eingesetzte kWh.
 - $kWh_{\text{vorher}} = \text{Energiekosten}_{\text{vorher}} / \text{Energieverbrauch}_{\text{vorher}} \text{ (€/kWh)}$
 - $kWh_{\text{eingespart}} = \text{Annuität der Investition} / \text{jährliche Energieeinsparung (€/kWh)}$
- **Grenzkosten der Investition:** Unter welcher Summe müssen die Investitionskosten liegen, damit die einen bestimmten Anteil (oder 100 %) der Rückzahlungen „übernehmen“ können.
 - $\text{Grenzkosten (100 \%)} = \text{Einsparung (€)} / \text{Annuitätsfaktor (aus Nutzungsdauer und Zinssatz)}$

Beispiel 11-1: Arten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Anmerkung: Siehe dazu vor allem Kapitel 11.1

Ergebnisse einer Beratung:

Derzeitiger Energieeinsatz = 20.000 kWh/Jahr (€ 2.000,-/Jahr)

Einsparung = 7.000 kWh/Jahr (€ 700,-/Jahr)

Maßnahmenpaket (baulich, Nutzungsdauer = 20 Jahre, Zinssatz = 3 %): € 20.000,- bzw. € 1.340,-/Jahr

Kosten/Nutzen Verhältnis: $20.000 / 700 = 28,6$ Jahre (deutlich über der mittleren Nutzungsdauer)

Annuität/Nutzen Verhältnis: $1.340 / 700 = 1,9$ (etwas mehr als die Hälfte der Investition wird von der Einsparung finanziert)

Kosten der eingesparten kWh: $1.340 / 7.000 = 0,19$ € (ca. doppelt so hoch wie der derzeitige Energiepreis)

Grenzkosten der Investition: $700 / 0,067 = € 10.500,-$ (wenn es gelingt, die Maßnahmen um diesen Preis umzusetzen, werden sie vollständig von der Einsparung finanziert)

Interpretation: In jedem Fall werden 50 % der Maßnahme (und damit der Erhaltung und Wertsteigerung) von der Einsparung finanziert. Eine „Unwirtschaftlichkeit“ sollte daher nicht behauptet werden. Die Grenzkostendarstellung kann in Einzelfällen die Anregung für alternative Vorgehensweisen (z.B. gezielte Eigenarbeit, Anschaffung gebrauchter Komponenten) darstellen.

11.1.3. Überschlägige Investitionskosten für Maßnahmenpakete

In den folgenden Tabellen sind Kosten für Maßnahmen³⁶ zusammengefasst, welche einen großen Teil der Anfragen im Rahmen umfassender Energieberatungen für kleinere Wohngebäude ausmachen. Die Kostenangaben sind Mittelwerte aus durchgeführten Energieberatungen und können zumindest als Richtwerte sowie als Rechenwerte für Wirtschaftlichkeitsabschätzungen herangezogen werden.

Diese Kosten können für erste Abschätzungen der Kosten von umfassenden Sanierungsmaßnahmen verwendet werden bzw. zur Demonstration der Rechenmethoden im Rahmen der Weiterbildung. Mit einiger Erfahrungen kann man sie auch zur Abschätzung der Kosten von abweichend dimensionierten Maßnahmen heranziehen. Für größere oder geringere Dämmdicken, abweichende Kessel- und Wärmepumpenleistungen oder Teilinvestitionen sind dann entsprechende Zu- oder Abschläge zu schätzen.³⁷

³⁶ Eigene Berechnungen aus Informationen von Energieberatungen in Niederösterreich

³⁷ Es ist geplant, Kostendaten im Rahmen der Wartung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG mithilfe der Energieberatungsstellen zu sammeln und eine Datenbank aufzubauen.

Tabelle 11-3: Investitionskosten (inkl. Mwst.) für Maßnahmen an der Gebäudehülle

Maßnahmen	Details	Kosten für die Sanierung			
		günstig	typisch	hoch	Erläuterung
<u>Dämmung der Decke zum Dachboden</u>					
Mineralwolle $\lambda=0,035$ begehbar	30 cm Dämmdicke	€ 130	€ 150	€ 170	Kosten / m ²
EPS + Brandschutzplatte $\lambda = 0,04$ begehbar	30 cm Dämmdicke	€ 30	€ 60	€ 80	Kosten / m ²
<u>Dämmung von Dachschräge und Flachdach</u>					
Aufsparrendämmung + Deckung	Schalung, Dampfbremse, 15 cm Dämmung, $\lambda = 0,023$ Polyurethan, Schalung, Dichtbahn, Lattung, Konterlattung, Deckung Tondach	€ 70	€ 90	€ 130	Kosten / m ²
Bestehendes Kaldach Zwischensparrendämmung	Sparrenaufdopplung + Dämmung-Klemmfilz 30 cm - $\lambda = 0,038$, Dampfbremse feuchtevariabel & Gipskartonplatten zweilagig	€ 70	€ 90	€ 130	Kosten / m ²
Umkehrdach (flach) sanieren & dämmen	alten Kies und Dämmung entfernen, Abdichtung erneuern, Dämmung 20cm XPS $\lambda = 0,035$, Kies erneuern, Verblechung anpassen	€ 70	€ 90	€ 130	Kosten / m ²
<u>Dämmung von Außenwand/Wand zu Pufferraum/Wand zu Garage</u>					
WDVS EPS plus $\lambda=0,031$ (grau)	Kleber, Dämmplatte 18cm, Gewebe & Spachtelung, Putz (ohne Nebenkosten)	€ 70	€ 85	€ 180	Kosten / m ² (Fensteranteil 15%)
<u>Dämmung der Kellerdecke</u>					
Mineralwolle auf der Deckenunterseite	Mineralwolle verklebt 12cm $\lambda=0,035$, Deckenunterseite ist eben und frei zugänglich	€ 60	€ 80	€ 100	Kosten / m ²
<u>Fenstertausch</u>					
Kunststoff Fenster $U_w = 0,8$ W/m ² K	Einflügelig 1,23 m breit 1,48 m hoch, (1,82 m ²) entfernen der Altfenster, Einbau nach ÖNORM B5320	€ 800	€ 1.000	€ 1.200	Kosten / Fenster

Tabelle 11-4: Investitionskosten (inkl. Mwst.) für sonstige haustechnische Maßnahmen

Maßnahmen	Details	Kosten für die Sanierung			
		günstig	typisch	hoch	Erläuterung
<u>Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung</u>					
Dezentral Lüftungsgerät	für ein Zimmer 15-30m ²	€ 500	€ 800	€ 1.000	Kosten / Anlage
Zentrales Lüftungsgerät	für insgesamt 200m ² WNF, inklusive aller Verteilungen mit Dämmung und Schalldämpfung, Luftaus- und -einlässe	€ 7.000	€ 8.500	€ 10.000	Kosten / Anlage
<u>Heizungsverteilung</u>					
Dämmung der Heizungsrohre und Warmwasserrohre	ca. 25m Dämmstärke Rohrdurchmesser inklusive 6 Abzweigungen und Bögen	€ 700	€ 800	€ 1.000	Kosten
Tausch der Heizungspumpen	Entleerung, Pumpentausch Neubefüllung	€ 600	€ 900	€ 1.200	Kosten
<u>thermische Solaranlage</u>					
Thermische Solaranlage mit selektiv beschichtetem Flachkollektor	6 m ² Kollektorfläche + Rohrleitungen (insgesamt 30 m) & Pumpe & Ausdehnungsgefäß & Steuerung & Montage & 300l Solarboiler	€ 6.000	€ 7.000	€ 8.000	Kosten gesamter Einbau
<u>Photovoltaik</u>					
Photovoltaikanlage mit 5 kW Spitzenleistung	Polykristalline Zellen + Wechselrichter & Montage & Einspeiseinfrastruktur	€ 9.000	€ 11.000	€ 13.000	Kosten gesamter Einbau

Tabelle 11-5: Investitionskosten (inkl. Mwst.) für Maßnahmen an der Wärmeerzeugung

Maßnahmen	Details	Kosten für die Sanierung			
		günstig	typisch	hoch	Erläuterung
<u>Heizungstausch</u>					
Holzvergaserkessel & Puffer	Leistung 20 kW, Einbindung in die Zentralheizung, samt Regelung, Pufferspeicher 1000 Liter, Rauchfangsanierung	€ 11.000	€ 14.000	€ 17.000	Kosten gesamter Umbau
Pelletsessel modulierend	Leistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Förderanlage (10 m) & Gewebetank für 3,5 t, Rauchfangsanierung	€ 17.000	€ 21.000	€ 25.000	Kosten gesamter Umbau
Ölkessel Brennwert modulierend	Leistung 15 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Rauchfangsanierung (ohne Tank)	€ 7.000	€ 8.000	€ 10.000	Kosten gesamter Umbau
Gasbrennwertkessel modulierend	Leistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Rauchfangsanierung	€ 8.000	€ 9.000	€ 11.000	Kosten gesamter Umbau
Gasbrennwerttherme modulierend	Leistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Rauchfangsanierung	€ 6.000	€ 7.000	€ 8.500	Kosten gesamter Umbau
Luft WP	Wärmeleistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Zu- und Abluft Installationen	€ 13.000	€ 15.000	€ 17.000	Kosten gesamter Umbau
Erd WP & Kollektor Direktverd.	Wärmeleistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Erdkollektor komplett (bei 20 W/m² & JAZ = 4 -> ca. 375 m²)	€ 20.000	€ 22.500	€ 25.000	Kosten gesamter Umbau
Erd WP & Tiefenbohrung	Wärmeleistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Tiefenbohrungen komplett (bei 40 W/m & JAZ = 4 -> ca. 2 x 95 m)	€ 25.000	€ 27.100	€ 30.000	Kosten gesamter Umbau
Grundwasser WP	Wärmeleistung 10 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Entnahme und Schluckbrunnen jeweils 8 m tief	€ 24.000	€ 26.100	€ 28.000	Kosten gesamter Umbau
Hackschnitzelkessel	Leistung 25 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Lager 15 m³, Förderanlage, Rauchfangsanierung	€ 22.000	€ 26.000	€ 30.000	Kosten gesamter Umbau
Holz Kachelofen	Leistung 8 kW	€ 6.000	€ 9.000	€ 15.000	Kosten gesamter Umbau
Pelletsöfen für Ganzhausheizung	Leistung 5 kW, Einbindung in die Zentralheizung, Regelung, Pelletslager, Förderanlage 10 m, Gewebetank für 2 to, Rauchfangsanierung	€ 13.000	€ 15.000	€ 18.000	Kosten gesamter Umbau

11.1.4. Dynamische Wirtschaftlichkeitsabschätzung in der Energieberatung

Ausgangsbasis für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist meistens eine Energiebedarfsdifferenz (kWh/ Jahr oder kWh/m².Jahr) zwischen einem Bestand und einer verbesserten Situation (z.B. Energieverbrauch vor und nach einer thermischen Sanierung oder einem Heizkesseltausch). Diese Energiebedarfsdifferenz wird durch Verwendung möglichst realer Energiepreise in eine Kostendifferenz, und anschließend über die Nutzungsdauer in einen Barwert der Einsparung umgerechnet.

Formel 11-1: Barwert der Energieeinsparung oder Energiekosten

$$\text{Barwert der Energieeinsparung} \left(\text{€ oder } \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right) = \text{jährliche Energiebedarfsdifferenz} \cdot \frac{\text{Energiepreis}}{\text{Annuitätenfaktor}}$$

$$\text{Barwert der Energiekosten} \left(\text{€ oder } \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right) = \text{jährlicher Energieverbrauch} \cdot \frac{\text{Energiepreis}}{\text{Annuitätenfaktor}}$$

Barwert der Energieeinsparung: Beitrag der Maßnahme zur Anschaffung / Investition. Wurde die Investition über einen Kredit finanziert, dann handelt es sich um Fremdkapitalkosten (Tilgung und Zins), wurde die

Investition aus eigenen Mitteln finanziert spricht man von Eigenkapitalkosten und berücksichtigt dabei, dass dieses Kapital nun gebunden ist und in der Zukunft Zinserträge entgehen.

Energiebedarfsdifferenz: Im Rahmen der Energieberatung ermittelt (kWh oder kWh/m²)

Energiepreis: Tatsächlicher momentaner Energiepreis unter Berücksichtigung der Bewertung von Eigenleistung, ohne Energiepreissteigerungen (gegenüber der Inflationsrate). Will man bewusst eine Energiepreissteigerung berücksichtigen, so kann man dafür die Annuitätentabelle (**Tabelle 11-6**) heranziehen, da die Berechnungsmethoden von Verzinsung und Preissteigerung sehr ähnlich sind.

Beispiel 11-2: Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung

Ölpreis 2015: 0,85 €/Liter Angenommene Energiepreissteigerung über der Inflationsrate: 1 %

Nutzungsdauer: 15 Jahre Annuitätenfaktor (1 % / 15 Jahre) = 0,072

Energiekostenfaktor (mittlere Energiekosten) = 0,072 • 15 = 1,08

Mittlerer Ölpreis (bei gleichbleibendem Verbrauch) über die kommenden 15 Jahre = 0,85 • 1,08 = 0,92

Annuitätenfaktor (Tabelle 11-6): Zinssatz (Kredit oder Spareinlage mit Nebenkosten) und rechnerische Nutzungsdauer der Maßnahme bzw. der Maßnahmenpakete. Wenn nicht mit Energiepreissteigerungen gerechnet wird, muss für den Zinssatz der sogenannte Realzins eingesetzt werden, die Differenz des von der Bank verrechneten Nominalzinssatzes (inklusive Bearbeitungsgebühren) und der Inflationsrate.

Formel 11-2: Ermittlung Realzins

$$\text{Realzins (\%)} = 100 \cdot (100 + \text{Nominalzins}) / (100 + \text{Inflation}) - 100 (\%)$$

Beispiel 11-3: Berücksichtigung der Inflation - Realzinsermittlung

Nominalzins: 6 % Inflation: 2 % Realzins = 100 • (106 / 102) – 100 = 3,9 %

In erster Näherung kann der Realzins durch Subtraktion von Nominalzins und Inflation ermittelt werden.

Für den Vergleich von Maßnahmen mit unterschiedlichen Energiepreisen und unterschiedlichen Nutzungsdauern (z.B. Pelletkessel und Wärmepumpe in einer Heizungssanierung) müssen zuerst die Barwerte der Gesamtkosten, sowohl des Ist-Zustandes (Barwert der Energiekosten) als auch der Maßnahmen (Investitionskosten + Barwert der Energiekosten), ermittelt und dann subtrahiert werden.

Beispiel 11-4: Grenzkostenermittlung für eine Maßnahme

Eine Wohnung in Graz wird mit elektrischem Strom (Nachtspeicher und Direktheizung) beheizt. Der Bruttopreis einer kWh beträgt € 0,2. Ist der Tausch der bestehenden Isolierglasfenster ($U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) gegen neue Wärmeschutzfenster ($U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) wirtschaftlich? (Anmerkung: ohne Berechnung der Fugenverluste, HGT 20/12 = 3.400 Kd, rechnerische Kreditzinsen 3 %, ND = 30 Jahre)

Einsparung (Energiekostendifferenz) pro m^2 : $(2,5 - 1,5) \cdot 3400 \cdot 0,024 \cdot 0,2 = 16,3 \text{ €/m}^2\cdot\text{Jahr}$

Annuitätsfaktor (3 %, 30 Jahre) = 0,051

Grenzkosten für 1 m^2 Fenster für 100 % Refinanzierung über die Lebensdauer = $16,3 / 0,051 = \text{€ } 320,-$

Aussage - Variante 1: Wenn die neuen Fenster inklusive Abbruch und Einbau weniger als € 320,- pro m^2 kosten, bezahlen sie die gesamte Investition über die Einsparungen.

Aussage – Variante 2: Die neuen Fenster tragen durch die Energieeinsparung insgesamt € 320,- pro m^2 zu den Investitionskosten bei (Anmerkung: Vergleichbar einer Förderung).

Tabelle 11-6: Annuitätenfaktoren

Laufzeit / Nutzungs- dauer (Jahre)	Zinssatz (%) eines Kredites oder einer alternativen Anlageform für vorhandenes Bargeld														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1,000	1,010	1,020	1,030	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100	1,110	1,120	1,130	1,140
2	0,500	0,508	0,515	0,523	0,530	0,538	0,545	0,553	0,561	0,568	0,576	0,584	0,592	0,599	0,607
3	0,333	0,340	0,347	0,354	0,360	0,367	0,374	0,381	0,388	0,395	0,402	0,409	0,416	0,424	0,431
4	0,250	0,256	0,263	0,269	0,275	0,282	0,289	0,295	0,302	0,309	0,315	0,322	0,329	0,336	0,343
5	0,200	0,206	0,212	0,218	0,225	0,231	0,237	0,244	0,250	0,257	0,264	0,271	0,277	0,284	0,291
6	0,167	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,203	0,210	0,216	0,223	0,230	0,236	0,243	0,250	0,257
7	0,143	0,149	0,155	0,161	0,167	0,173	0,179	0,186	0,192	0,199	0,205	0,212	0,219	0,226	0,233
8	0,125	0,131	0,137	0,142	0,149	0,155	0,161	0,167	0,174	0,181	0,187	0,194	0,201	0,208	0,216
9	0,111	0,117	0,123	0,128	0,134	0,141	0,147	0,153	0,160	0,167	0,174	0,181	0,188	0,195	0,202
10	0,100	0,106	0,111	0,117	0,123	0,130	0,136	0,142	0,149	0,156	0,163	0,170	0,177	0,184	0,192
11	0,091	0,096	0,102	0,108	0,114	0,120	0,127	0,133	0,140	0,147	0,154	0,161	0,168	0,176	0,183
12	0,083	0,089	0,095	0,100	0,107	0,113	0,119	0,126	0,133	0,140	0,147	0,154	0,161	0,169	0,177
13	0,077	0,082	0,088	0,094	0,100	0,106	0,113	0,120	0,127	0,134	0,141	0,148	0,156	0,163	0,171
14	0,071	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,108	0,114	0,121	0,128	0,136	0,143	0,151	0,159	0,167
15	0,067	0,072	0,078	0,084	0,090	0,096	0,103	0,110	0,117	0,124	0,131	0,138	0,147	0,155	0,163
16	0,063	0,068	0,074	0,080	0,086	0,092	0,099	0,106	0,113	0,120	0,128	0,136	0,143	0,151	0,160
17	0,059	0,064	0,070	0,076	0,082	0,089	0,095	0,102	0,110	0,117	0,125	0,132	0,140	0,149	0,157
18	0,056	0,061	0,067	0,073	0,079	0,086	0,092	0,099	0,107	0,114	0,122	0,130	0,138	0,146	0,155
19	0,053	0,058	0,064	0,070	0,076	0,083	0,090	0,097	0,104	0,112	0,120	0,128	0,136	0,144	0,153
20	0,050	0,055	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087	0,094	0,102	0,110	0,117	0,126	0,134	0,142	0,151
21	0,048	0,053	0,059	0,065	0,071	0,078	0,085	0,092	0,100	0,108	0,116	0,124	0,132	0,141	0,150
22	0,045	0,051	0,057	0,063	0,069	0,076	0,083	0,090	0,098	0,106	0,114	0,122	0,131	0,139	0,148
23	0,043	0,049	0,055	0,061	0,067	0,074	0,081	0,089	0,096	0,104	0,113	0,121	0,130	0,138	0,147
24	0,042	0,047	0,053	0,059	0,066	0,072	0,080	0,087	0,095	0,103	0,111	0,120	0,128	0,137	0,146
25	0,040	0,045	0,051	0,057	0,064	0,071	0,078	0,086	0,094	0,102	0,110	0,119	0,127	0,136	0,145
30	0,033	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073	0,081	0,089	0,097	0,106	0,115	0,124	0,133	0,143
35	0,029	0,034	0,040	0,047	0,054	0,061	0,069	0,077	0,086	0,095	0,104	0,113	0,122	0,132	0,141
40	0,025	0,030	0,037	0,043	0,051	0,058	0,066	0,075	0,084	0,093	0,102	0,112	0,121	0,131	0,141
45	0,022	0,028	0,034	0,041	0,048	0,056	0,065	0,073	0,083	0,092	0,101	0,111	0,121	0,131	0,140
50	0,020	0,026	0,032	0,039	0,047	0,055	0,063	0,072	0,082	0,091	0,101	0,111	0,120	0,130	0,140

Die Werte für den Annuitätenfaktor sind auf drei Kommastellen gerundet, der Zinssatz sollte so gewählt werden, dass Kreditgebühren des Kreditgebers (dadurch leichte Erhöhung) oder Bearbeitungsgebühren der Bank für Einlagen (dadurch leichte Reduktion) beinhaltet sind.

Zur Berechnung der jährlichen Rückzahlungen (Annuitäten) abweichender Paare von Verzinsung und Laufzeit wird der Annuitätenfaktor (a) mit folgender Formel errechnet:

Formel 11-3: Annuitätenfaktor

$$a = \frac{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \cdot \frac{p}{100}}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n - 1}$$

p = Realzinssatz des Kredites in %

n = Kreditlaufzeit, Rentenlaufzeit (Rendite) der Bareinlage

Beispiel 11-5: Einfluss der Nutzungsdauer auf den Wirtschaftlichkeitsvergleich von Maßnahmen

Welche der folgenden (undefinierten) Maßnahmen mit gleicher Energieeinsparung ist wahrscheinlich wirtschaftlicher (kann einen größeren Teil der Investition über die Einsparung finanzieren)?

Maßnahme 1: Kosten von € 12.000,- und Nutzungsdauer (rechnerisch) 10 Jahre

Maßnahme 2: Kosten von € 25.000,- und Nutzungsdauer (rechnerisch) 30 Jahre

a) Vergleich mit Geld, das ich habe und mit 2 % Zinsen auf die Bank legen könnte.

Annuitätsfaktor_{10 Jahre} = 0,111; Annuitätsfaktor_{30 Jahre} = 0,045

Jahreskosten: Maßnahme 1 = € 1.330,- pro Jahr; Maßnahme 2 = € 1.125,- pro Jahr

b) Vergleich bei Aufnahme eines Kredits mit 5 % Zinsen.

Annuitätsfaktor_{10 Jahre} = 0,130; Annuitätsfaktor_{30 Jahre} = 0,065

Jahreskosten: Maßnahme 1 = € 1.560,- pro Jahr; Maßnahme 2 = € 1.630,- pro Jahr

Je niedriger die rechnerische Verzinsung (Sparen oder Kreditaufnahme), desto eher sind auch teurere langfristig wirksame Maßnahmen (z.B. Außendämmung) wirtschaftlicher als kurzfristige (z.B. Kesseltausch).

Anmerkung: Im direkten Vergleich kann die Inflation in erster Näherung vernachlässigt werden.

Beispiel 11-6: Wirtschaftlichkeitsvergleich von Heizungsvarianten

Ein Gebäude wird mit einer Ölheizung ($\eta_{ges} = 0,65$; Ölpreis = 1,0 €/l; 3000 l/Jahr) beheizt. Die Heizung soll entweder gegen eine Pelletanlage (Gesamtkosten € 12.000,-, Pelletpreis 0,05 €/kWh; $\eta_{ges} = 0,80$) oder gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe (Gesamtkosten € 16.000,- Strompreis 0,2 €/kWh; JAZ = 3,0) getauscht werden? Wie sieht der Kostenvergleich bei einer ND von 15 Jahren und 4 % Kreditzinsen für beide Anlagen aus?

Ist-Zustand: Heizwärmebedarf = 3.000 • 10 • 0,65 = 19.000 kWh/Jahr

Barwert der Energiekosten (15 Jahre) = 3.000 • 1,0 / 0,09 = € 33.300,-

Pelletanlage: Barwert der Energiekosten (15 Jahre) = 19.000 / 0,8 • 0,05 / 0,09 = € 13.200,-

Barwert der Gesamtkosten = 12.000 + 13.200 = € 25.200,-

Wärmepumpe: Barwert der Energiekosten (15 Jahre) = 19.000 / 3,0 • 0,2 / 0,09 = € 14.100,-

Barwert der Gesamtkosten = 16.000 + 14.100 = € 30.100,-

Beide Maßnahmen sind unter den angenommenen Bedingungen wirtschaftlich. Ausgehend von diesem Ergebnis können andere Einflussfaktoren diskutiert und in die Entscheidung einbezogen werden (z.B. geringer Platzbedarf der Wärmepumpe, Beheizbarkeit mit Wärmepumpe an kalten Tagen, Fragen der Ökologie und Zukunftssicherheit).

Tabelle 11-7: Rechnerische Nutzungsdauer von Maßnahmen(paketen)

Baukörper	Nutzungs-dauer (a)	Wärmeversorgung	Nutzungs-dauer (a)	
Massive Bauteile	50	Rauchfang (-sanierung)	30	
Wärmedämmung:	Mit Verkleidung	30	Wärmeerzeuger-Zentralheizung	15
	Ohne Verkleidung	20	Gebälsebrenner	10 (15) ¹⁾
	Verputzt	25	Gasthermen	15
	Flachdach	25	Öltank + Leitungen	20
Fenster	30	Flüssiggastank + Leitungen	20	
Temporärer Wärmeschutz	20	Wärmepumpe: ohne Kompressor	15 (20) ²⁾	
Fensterdichtung:	Selbstklebend	5	mit Kompressor	10 (15) ²⁾
	Geklebt	10	Wärmequellenanlage für Wärmepumpe	20
	Gefräst	15	Fernwärmeumformer	30
Lagerung (z.B. Schuppen)	30	Stromanschluß	50	
		Elektro-Heizungen	20	
Überschlägiger Wert für Maßnahmenpakete	30	Regelungen	10	
		Armaturen	15	
¹⁾ Gilt für Gasbrenner ²⁾ Gilt für Saisonbetrieb		Rohrleitungen	40	
		Warmwasserspeicher, Pufferspeicher	20	
		Leitungs- und Speicherdämmung	20	
		Heizflächen	20	
		Fußbodenheizung	30	
		Thermostatventile	15	
		Warmwasserbereiter	15	
		Sonnenkollektoren	15	
		Überschlägiger Wert für Maßnahmenpakete	15	

11.2. Zusammenfassung der Empfehlungen zur Wirtschaftlichkeitsrechnung

Im Rahmen einer Energieberatung sind selten alle nötigen Informationen für eine genaue Wirtschaftlichkeitsrechnung verfügbar, die objektive Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen ist immer nur ein Entscheidungskriterium und die Refinanzierungszeiträume sind meist so lang, dass eine seriöse Prognose von Preisentwicklungen und tatsächlicher Nutzungsdauer von Maßnahmen nicht möglich ist.

Die folgenden Empfehlungen nehmen Rücksicht auf diese Unsicherheiten und versuchen, den Rahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung so abzustecken, dass sie einen konstruktiven Beitrag zur Entscheidungsfindung leisten kann.

- **Tatsächliche Energiepreise verwenden:** Diese müssen von den Kunden oder Kundinnen erfragt werden. Das ist besonders dann wichtig, wenn ein Anteil der Energieträger selbst bereitgestellt werden kann und man sich auf einen fiktiven Preis einigen muss. Wenn z.B. Abfallholz bewusst mit 0,- € bewertet wird, können wirtschaftliche Einsparungen nicht erzielt werden.
- **Realzinsen** für die Berechnung der Finanzierungskosten heranziehen. Nur die Mehrkostengegenüber der Inflationsrate müssen tatsächlich aufgewendet werden. Dadurch ist privat verfügbares Geld somit momentan zinsfrei, auf Sparbüchern sogar mit einem „Negativzinssatz“, einzusetzen. Das zeigt die Attraktivität von Sanierungsmaßnahmen mit „garantierten“ Einnahmen.
- **Konstante Energiepreise (über die Nutzungsdauer) verwenden:** Es ist nicht zu erwarten, dass Energiepreise langfristig gegenüber der Inflationsrate zurückbleiben. Mit einer automatischen

Energiepreissteigerung (z.B. 2 % pro Jahr) lässt sich jede Maßnahme „wirtschaftlich machen“. Dennoch wird es immer wieder Zeiträume geben, in denen Energiepreise (zumindest in der öffentlichen Meinung) sinken, oft auch nur von einem Energieträger relativ zu den anderen. Einsparungen konservativ zu schätzen ist eine Vertrauensbildende Maßnahme.

- **Immer „auf der sicheren Seite“ bleiben – es kann ja nur billiger werden:** Diese Empfehlung gilt auch für die Abschätzung von Kreditzinsen und Zinsen alternativer Sparformen (eher aufrunden), für die Abschätzung von Energieeinsparungen und Nutzungsdauern (eher abrunden) und Investitionskosten (eher aufrunden).
- **Klarstellen, welche Anteile der Maßnahmenpakete (und der Kosten) der Energieeinsparung zuzurechnen sind:** Oft wird eine Maßnahme erst dann als „wirtschaftlich“ eingestuft, wenn die gesamten Investitionskosten innerhalb der Nutzungsdauer durch die Energieeinsparung refinanziert werden können. Einige der Abfragen der Gebäudeanalyse haben zum Ziel, nötige Erhaltungsmaßnahmen zu identifizieren, die bei Bedarf zur Ermittlung der zusätzlichen Kosten der Energiesparinvestitionen dienen können (Beispiel: Mehrkosten eines energieeffizienten Heizkessels gegenüber einem einfachen Kesseltausch, Mehrkosten von 20 cm Dämmung gegenüber einer für den Mindestwärmeschutz nötigen Dämmdicke oder reinen Sanierung des Außenputzes, Mehrkosten von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung gegenüber einer 2-Scheiben-Verglasung).
- **Mit Umweg-Rentabilität nicht rechnen, diese als „Zubrot“ argumentieren:** In manchen Fällen ist es zum Beispiel möglich, dass eine gedämmte Gebäudehülle geringere Innentemperaturen ermöglicht. In die erstmalige Berechnung der Einsparung sollte dieser Effekt nicht integriert werden. Sehr wohl kann in einem zweiten Schritt gezeigt werden, wie sich die Wirtschaftlichkeit verändert, wenn der Effekt doch eintritt. Besonders schwer ist es, die Wertsteigerung des Gebäudes durch die Sanierung in Rechnung zu stellen, obwohl sie in manchen Fällen den größten finanziellen Nutzen (= die wichtigste Umweg-Rentabilität) darstellt.
- **$K/N < \frac{1}{2} \cdot ND$ (dann sollte eine Maßnahme auch dynamisch wirtschaftlich sein):** Diese Formel gilt annähernd genau z.B. bei 5 % Kreditzinsen und 30 Laufzeit / Nutzungsdauer (oder 8 % und 20 Jahre). Diese Finanzierungskosten sind leicht zu unterschreiten, man befindet sich somit in praktisch allen Fällen „auf der sicheren Seite“. Man kann sich dann eine genauere Ermittlung sparen.
- **Errechnung der Kosten (aus der Einsparung), ab denen Wirtschaftlichkeit zu erwarten ist:** Oft sind die tatsächlichen Investitionskosten die unsicherste Rechengröße der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Aus der Energieeinsparung, den Energiekosten, der rechnerischen Nutzungsdauer und den Finanzierungsbedingungen lässt sich aber jene Grenze der Investitionskosten abschätzen, bei der ein bestimmtes Wirtschaftlichkeitsziel erreicht wird. Das kann dann ein Zielwert für das Einholen von Angeboten sein.
- **Nur die Energieverbrauchskennzahl lässt auf Einsparpotenzial schließen:** Der Heizwärmebedarf gibt ein idealisiertes Bild des Energiesystems „Haus“. Trotz hohem HWB kann ein Haus durch Teilbeheizung einen niedrigen Energieverbrauch aufweisen: Bei gleichbleibender Nutzung ist dann auch die mögliche Energieeinsparung gering, bei sich ändernder Nutzung kann der Verbrauch durch Temperaturerhöhung sogar steigen („Reboundeffekt“). In diesem Umstand liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen Energieausweisrechnung (Energiebedarf) und Datenerhebung für die Energieberatung (Energieverbrauch).
- **Angebote einholen und vergleichen lassen:** Investitionskosten können nur auf der Basis konkreter Angebote genau festgelegt werden. Angebote von ausführenden Firmen sind in mehrfacher Hinsicht von großem Wert: Sie können gemeinsam mit dem Kunden / der Kundin analysiert und verglichen werden. Aus ihnen können konkrete Werte für Investitionskosten als Basis für zukünftige Beratungen gesammelt und verglichen werden. Unternehmen werden motiviert, klare Aussagen zu einzelnen Maßnahmen zu machen.
- **Verlustreduktion vorziehen (vor Gewinnmaximierung):** Die Senkung von Energieverlusten (Transmission und Lüftung) wirkt an den kältesten Tagen am Stärksten und beeinträchtigt

Energiegewinne und Komfort meist nicht negativ. Die Steigerung von (Wärme)Gewinnen für den Winterbetrieb bedingt oft zusätzliche Maßnahmen, um Überwärmung im Sommer zu vermeiden.

- **Längerfristige Maßnahmen vorziehen / Maßnahmen am Bau vorziehen (vor der Haustechnik):** Je länger die Nutzungsdauer einer Maßnahme ist, desto wahrscheinlicher sind Energiepreissteigerungen in diesem Zeitraum und desto länger wird ein suboptimaler Zustand (z.B. zu geringe Dämmung) fixiert. Ein Heizkessel kann bei Bedarf in kurzer Zeit getauscht werden, ein einmal sanierter Bauteil nur mit großem Aufwand verbessert.
- **Erneuerbare und ökologische Varianten** immer mitbewerten: Energieberatung sollte möglichst keine Lösung ausklammern und die Wünsche der Kunden und Kundinnen in den Vordergrund stellen. Durch die Mitbewertung nachhaltiger Maßnahmen können diese Varianten aufgezeigt werden, auch wenn z.B. der Ersatz des bestehenden durch einen modernen Ölkessel im Vordergrund steht.

11.3. Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von typischen Maßnahmenbereichen

In diesem Abschnitt sind die 10 wichtigsten typischen Maßnahmenpakete nach dem im Normalfall zu erwartenden Ergebnis einer auf die Wirtschaftlichkeit ausgerichteten Energieberatung, welche alle in **Tabelle 11-1** beschriebenen Optimierungsziele berücksichtigt, gereiht und kurz beschrieben (Fechner, Grundlagen zu Wirtschaftlichkeitsberechnungen, 2010).

1. **Oberste Geschoßdecke:** Die Wärmedämmung von Decken, die beheizte Räume von unbeheizten Dachböden trennen, ist eine günstige Maßnahme. Es empfiehlt sich eine Dämmung an der Oberseite der Decke (im Dachboden) einzubauen.
2. **Kesseltausch mit oder ohne Energieträgerwechsel (z.B. Wechsel zu Wärmepumpe):** Haustechnische Anlagen haben deutlich geringere Nutzungsdauern und schnellere Innovationszyklen. In Verbindung mit einer nötigen Modernisierung und Optimierung des Gesamtsystems ist ein Tausch oft wirtschaftlich. Wichtig: In einem Gesamtkonzept zuerst den Energiebedarf reduzieren.
3. **Dach:** Die Wirtschaftlichkeit hängt von der Ausgangssituation ab. Sie ist immer gegeben, wenn die Wärmedämmung als Zusatzmaßnahme zu einer sowieso anstehenden Neueindeckung bzw. Flächendachsanierung ausgeführt wird.
4. **Kellerdecke:** Die nachträgliche Wärmedämmung von waagrecht verlaufenden Kellerdecken aus Beton (an der Unterseite) ist eine sehr wirtschaftliche Maßnahme, jedoch ist die absolute Menge der eingesparten Energie beim üblichen Flächenanteil von Kellerdecken relativ gering. Weniger effektiv ist die Dämmung von Gewölbedecken, weil diese teurer ist. Zudem ist das Maß der Verbesserung niedriger, da die vorhandene Dämmwirkung von Kellergewölben höher ist.
5. **Außenwände:** Eine allgemeine Aussage ist hier kaum möglich, da die Wirtschaftlichkeit sehr stark von der vorhandenen Dämmwirkung des Bauteils abhängig ist. Meistens aber zahlt sich der Einbau einer Wärmedämmung aus, wenn ohnehin Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen.
6. **Fenster:** Der Austausch einfachverglaster Fenster durch Fenster mit Wärmeschutzverglasung ist meist wirtschaftlich, bei Fenstern mit Isolierverglasung fällt der Kostenspareffekt geringer. Die resultierenden Kapitalkosten sind meist höher als die Energiekosteneinsparung. Ein Austausch von alten Isolierfenstern lohnt sich daher nur, wenn sie technisch nicht mehr in Ordnung sind oder im Zusammenhang mit der Wärmedämmung der Außenwände erneuert werden.
7. **Kontrollierte Be- und Entlüftung:** Im Rahmen einer Sanierung meist nur mit beträchtlichem Aufwand nachträglich so zu installieren, dass wichtige Qualitätskriterien (z.B. Schallschutz, geringer Wärme- und Druckverlust der Leitungen, Zugänglichkeit) eingehalten werden. Sinnvoll vor allem im Rahmen von großen Umbauten und in Verbindung mit neuen und dichten Fenstern.
8. **Thermische Solaranlage:** Nur in Ausnahmefällen betriebswirtschaftlich zu argumentieren, da oft auch der Warmwasserbedarf im Sommer deutlich niedriger ist als im Winter. Vor allem dann sinnvoll, wenn Teile der Anlage (z.B. Pufferspeicher) schon vorhanden sind und ein hoher konstanter Warmwasserbedarf im Sommer gegeben ist (z.B. Schwimmbad, Sommerhaus).

9. **Erdberührte Wände:** Unterirdisch gelegene Außenwände beheizter Räume können an der Außenseite mit Perimeterdämmung versehen werden. Die Wirtschaftlichkeit ist auch hier nur dann gegeben, wenn dies im Zusammenhang mit anderen Maßnahmen geschieht (z.B. Abdichtung der Wände gegen Erdfeuchte bzw. Grundwasser oder Verlegung einer Drainage). In diesen Fällen ist der Einbau einer Wärmedämmung auf jeden Fall sinnvoll.
10. **Bodenplatte:** Als Alternative bietet sich eine Wärmedämmung über der Bodenplatte (unter dem Estrich) an, jedoch muss auf die Abdichtung gegen Bodenfeuchte geachtet werden und bei Innendämmungen muss im Zuge einer bauphysikalischen Untersuchung bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden, dass Tauwasser im Bauteil entsteht. Diese Maßnahme ist nur dann wirtschaftlich, wenn sie in Verbindung mit ohnehin durchgeführten Umbauarbeiten erfolgt.

12. Ausgewählte Fragestellungen der Energieberatung

Eine umfassende Behandlung der in der Energieberatung auftretenden Fragestellungen ist nicht möglich.

12.1. Interpretation der Energieverbrauchskennzahl

Tabelle 3-3 und **Tabelle 3-4** ermöglichen es, mithilfe der Energieverbrauchskennzahl eine Bewertung des Einsparpotenzials vorzunehmen und daraus Schlüssen für die Maßnahmenplanung zu ziehen. Aus diesen lassen sich drei Kategorien von Maßnahmen(paketen) ableiten, für die in den nächsten Kapiteln typische Beispiele vorgestellt werden:

- **(Sehr) Hohes Einsparpotenzial:** In diesem Fall ist eine umfassende Sanierung ins Auge zu fassen. Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass wirtschaftliche Maßnahmen in allen Bereichen (Bauhülle, Heizung, Warmwasserversorgung, Benutzungsverhalten, Stromverbrauch) gesetzt werden können. Eine umfassende Sanierung bringt eine Kombination von Komfortgewinn und Wertsteigerung und kann Anlass für Änderungen in der Nutzung sein. Alle Maßnahmen sind aufeinander im Rahmen eines Sanierungsplanes abzustimmen. Anmerkung: Mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG werden Einzelmaßnahmen bewertet und maximal Hinweise darauf gemacht, welche Auswirkungen sich auf andere Maßnahmen ergeben. Diese Umstände müssen überschlüssig berücksichtigt werden, da die Gesamteinsparung meistens geringer als die Summe der Einzeleinsparungen ist (Beispiele für diesen „Reboundeffekt“: Der Nutzungsgrad einer Heizanlage ist bei sehr kleiner Heizlast geringer. Mittlere Raumtemperaturen steigen meistens nach einer Sanierung).
- **Mittleres Einsparpotenzial:** Dieses ergibt sich entweder durch große Potenziale in einzelnen oder durch eine durchschnittliche thermische Qualität in allen Bereichen. Im ersten Fall sind wirtschaftliche Maßnahmen sehr wahrscheinlich (z.B. Ersatz eines alten und stark überdimensionierten Kessels), müssen aber durch eine zumindest grobe Analyse gefunden und definiert werden. Im zweiten Fall können oft andere fördernde Umstände ins Treffen geführt werden (z.B. nötige Ersatzinvestitionen, Wertsteigerung). Die Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen ist oft nicht direkt gegeben.
- **Niedriges Einsparpotenzial:** In diesem Fall werden von Kunden und Kundinnen meist andere Ursachen als die Wirtschaftlichkeit als Entscheidungsgrundlage formuliert und Variantenvergleiche sind von größerer Bedeutung als Einsparungen. Beispiele dafür sind Ersatzinvestitionen (z.B. Kesseltausch), Komfortsteigerung (z.B. 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung), Verbesserung an einzelnen Punkten (z.B. Strom sparende Geräte) oder geplante Nutzungsänderung (z.B. von Teil- auf Vollbeheizung), die sogar eine umfassende Sanierung sinnvoll erscheinen lassen (Umrechnung des Ist-Verbrauches auf Vollbeheizung als Ausgangswert für Berechnungen).

12.2. Umgang mit Feuchte(schäden) in und an Bauteilen

Feuchteschäden am und im Gebäude sind für die Energieberatung und darauf folgende Planung einer thermischen Sanierung in mehrfacher Hinsicht von größter Bedeutung. Vorab ist daher zu prüfen, ob das zu sanierende Gebäude bereits Feuchtigkeitsschäden aufweist und diese (bzw. auch deren vermutete Ursachen) müssen in die Gebäudeanalyse einfließen. Es muss außerdem geprüft werden, welche neuen Zustände durch die Sanierungsmaßnahmen auftreten können, ob dadurch Feuchteschäden behoben oder vermieden werden oder ob kritische Feuchtigkeitsbelastungen zusätzlich eintreten können.

In jedem Fall müssen dazu die entsprechenden Fachleute bzw. Institutionen eingebunden werden. Durch Fehler in der Analyse und Interpretation von Feuchteschäden können diese durch vorgeschlagene Maßnahmen sogar verstärkt werden. Die Vorgehensweisen sind durch Normen beschrieben:

ÖNORM B 3355 - Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk (Teil 1: Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen, Teil 2: Maßnahmen gegen aufsteigende Feuchtigkeit, Teil 3: Begleitende Maßnahmen)

ÖNORM B 2202 - Arbeiten gegen aufsteigende Feuchtigkeit bei Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk (Werkvertragsnorm)

Die folgende Übersicht zeigt die verschiedenen Ursachen von Feuchtanreicherungen in Bauteilen.

Tabelle 12-1: Ursachen von Feuchtanreicherungen in Bauteilen

Oberflächenkondensat (Taupunktunterschreitung, Tabelle 5-19)	Überhöhte Feuchteproduktion Geringe oder ungleichmäßige Lüftung Geringe Raumtemperaturen Geringe Wärmedämmwerte, Wärmebrücken Verminderung der Wärmedämmung durch Baufehler (Durchfeuchtung, Lufteintritt)
Kernkondensation	Taupunktunterschreitung in Bauteilen Ungünstige Baustoffauswahl Ungünstiger Schichtenaufbau Luftkonvektion in Bauteile hinein Dampfdichte Beschichtungen Fehlende Hinterlüftung
Hygroskopische Feuchteanreicherung	Hygroskopische Stoffe in Baumaterialien Einwanderung von hygroskopischen Stoffen Kapillarkondensation (Bodenfeuchtigkeit)
Wassereintritt	Schlagregen oder Spritzwasser Schäden an Regenrinnen Schäden an haustechnischen Leitungen Schäden an der Gebäudehülle

Die wichtigsten Anknüpfungspunkte für die Energieberatung sind:

- Oberflächenkondensation gibt deutliche Hinweise auf Fragen des Nutzungsverhaltens (Lüftung, Raumtemperaturen, Feuchteproduktion) und den U-Wert von Bauteilen (Abschätzung der Oberflächentemperatur bei bekannter Luftfeuchte). Es bietet sich so die Möglichkeit, diese Zusammenhänge mit den Kunden und Kundinnen zu besprechen und Vorgehensweisen zu empfehlen.
- Eine erhöhte Mauerwerksfeuchtigkeit verschlechtert auch die Wärmedämmung. Faustregel: ein Prozent mehr Feuchte erhöht den U-Wert um 5 Prozent. Dieser Effekt tritt auch bei gedämmten Bauteilen auf, wenn die Dampfdurchlässigkeit nach außen abnimmt.
- Für feuchte Bauteile dürfen Dämmmaßnahmen nicht unkommentiert vorgeschlagen werden. Diffusionsoffene (und hinterlüftete) Außendämmung kann zur Sanierung beitragen (höhere Bauteiltemperatur, Austrocknung nach außen), Innendämmung (niedrigere Bauteiltemperatur) und außenliegende Dampfbremsen (Dämm- und Putzmaterialien mit geringer Wasserdampfdurchlässigkeit) können Feuchteschäden verstärken.
- Mit einer kontrollierten Be- und Entlüftung und ausreichendem Luftwechsel kann Feuchte konstant und schon am Ort der Entstehung abgeführt werden.
- Durch Dämmmaßnahmen und Einbau wärmedämmender Fenster kann die innere Oberflächentemperatur der Bauteile über den Taupunkt (auch bei relativer Raumluftfeuchtigkeit > 50 %) gehoben werden.
- Eine durch neue Fenster stark steigende Dichtheit der Gebäudehülle (Kondensationsgefahr) muss durch Begleitmaßnahmen (Dämmung und/oder neue Lüftungsstrategien oder –technologien) ausgeglichen werden um Schäden zu vermeiden.

12.3. Dichtheit der Gebäudehülle

Undichtheiten führen zu besonders hohen Wärmeverlusten und möglichen Bauschäden, da direkt warme (und somit auch feuchte) Luft aus dem beheizten Bereich entweicht.

Typische Schwachstellen in der Gebäudehülle finden sich in **Abbildung 5-6**.

Da Undichtheiten in der Gebäudehülle nachträglich schwer zu sanieren sind, müssen in der Energieberatung Empfehlungen gegeben werden, wie diese rechtzeitig identifiziert und im Rahmen des Bauprozesses vermieden bzw. behoben werden können.

12.3.1. Checkliste Luft-/Winddichte für Energieberatung

Eine Luftdichtheitsmessung sollte im Bauvertrag aufgenommen werden und Bestandteil jeder Bauabnahme sein. Große Vorteile bieten früh angesetzte, baubegleitende Untersuchungen, weil dann fehlerhafte Ausführungen oder Fehlstellen zumeist rasch und kostengünstig beseitigt werden können.

Die Überprüfung folgender Punkte trägt wesentlich dazu bei, die Luft-Winddichte sicherzustellen:

Kontrolle der Entwurfsplanung

- Die Lage der luftdichten Hülle ist in Plänen (Schnitte) als durchgehende Linie erkennbar (Stiftregel)
- Durchdringungen der Luftdichtheitsebene (Rohre, Kabeln z.B. für Beleuchtung, Antennen etc.) wurden soweit wie möglich vermieden bzw. in der Planung berücksichtigt

Kontrolle der Ausführungsplanung

- Ausführungsdetails (mind. 1:10) sind vorhanden, die Geschlossenheit der luftdichten Hülle wurde überprüft
- Die Materialien für die Luftdichtheitsebene und Anschlüsse sind festgelegt, die Dauerhaftigkeit der Anschlüsse und Materialien wurde berücksichtigt

Ausschreibung bzw. Kostenvoranschlag

- Die Anforderung Luftdichtheit wurde spezifiziert (z.B. max. 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pa) und der Nachweis mittels Messung gemäß ÖNORM EN 13829, Verfahren A und B³⁸ in Ausschreibung/Kostenvoranschlag/Angebot und Verträgen aufgenommen. Für elektrotechnische Installationen wurde auf die OVE-Richtlinie R7:2011 verwiesen.

Kontrolle der Ausführung

- Sichtkontrolle der ausgeführten Anschlüsse und Durchdringungen, verwendete Materialien überprüft, Dampfbremsen/Folien sind verklebt
- Fenster und Türen laut ÖNORM B 5320 dicht eingebaut, Zuständigkeit: Fenstermonteur
- Massivbau: Innenputz dicht hergestellt (bis zur Rohdecke geputzt), Zuständigkeit: Baumeister
- Leichtbau: Luftdichtungsebene hergestellt, Zuständigkeit: Zimmermeister
- Rauchfang verputzt, Zuständigkeit: Baumeister
- Ziegelwände hinter Rauchfängen, Abwassersträngen oder anderen Einbauten verputzt, Zuständigkeit: Baumeister
- Elektroinstallationen dicht eingebaut (E-Verteiler, Hohlwand- oder Unterputzdosen ...), Zuständigkeit: Elektriker
- Diverse Leerrohre nach außen abgedichtet (z.B. Solaranlage, Elektroleitungen, ...), Zuständigkeit: Elektriker, Installateur
- Luftdichtheitsmessung durchgeführt, n_{50} : ... entspricht der vereinbarten Anforderung

12.4. Beurteilung und Vermeidung sommerlicher Überwärmung

Gemäß Bauordnung, OIB RL 6, ist die sommerliche Überwärmung von Gebäuden zu vermeiden: „Bei Neubau und umfassender Sanierung von Wohngebäuden ist die ÖNORM B 8110-3 einzuhalten.“

³⁸ <http://www.luftdicht.info/#>

Die ÖNORM B 8110-3 (2012) sieht zwei Berechnungsmethoden zum Nachweis der Sommertauglichkeit vor. Zum einen kann die Berechnung in bestimmten Fällen vereinfacht über die speicherwirksame Masse der Bauteile geführt werden. Zum anderen ist es möglich, den Nachweis über die operative Raumtemperatur zu führen.

Ein entsprechender Nachweis kann vom Baumeister, Architekten, Bauphysiker geliefert werden. Ein Rechenprogramm ist in vielen Energieausweisprogrammen enthalten, der Nachweis kann daher beim Energieausweisersteller angefragt werden.

Für die Energieberatung reicht ein einfaches Abschätzverfahren mit Punktebewertung in Anlehnung an ÖN B8110-3, das allerdings einen Nachweis nicht ersetzt, sehr wohl aber eine Orientierung über Ursachen und weitere Maßnahmen geben kann. Dazu werden die wichtigsten Einflussfaktoren in ihrem Einfluss bewertet, diese Einflüsse addiert und das Gesamtergebnis beurteilt. Aus den Wertungen für die einzelnen Punkte kann das Potenzial für Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Das Ergebnis kann wie folgt interpretiert werden:

< 0 Punkte: Sommertauglichkeit wahrscheinlich gegeben

0 – 3 Punkte: Sommertauglichkeit wahrscheinlich nicht gegeben

> 3 Punkte: Sommertauglichkeit sicher nicht gegeben.

Für eine erste Abschätzung der Auswirkung auf die maximale Innentemperatur im Sommer können die Punkte des Ergebnisses von einer noch akzeptablen Grenztemperatur von 30 °C abgezogen bzw. zu dieser addiert werden. Im Beispiel in **Abbildung 12-1** bedeutet das, dass die Innentemperatur in diesem kritischen Raum im Sommer auf bis zu 35 °C steigen kann.

	Wichtigste Einflussbereiche	Wertebereich	Punkte	Hinweise
1	Kritischster Raum: <i>Zimmer im ausgebauten OG</i>	~	~	<i>Dachschräge, Dachflächenfenster</i>
2	Standortklima	0 - 6	4	<i>Hanglage (mittlerer Bereich)</i>
3	Besonnung	3 - 15	8	<i>Schräge (W), WS-Fenster, 10 % von NGF</i>
4	Lüftungsmöglichkeit / Lüftung	(-2) - (-6)	-2	<i>keine Querlüftung möglich</i>
5	Bauweise	(-7) - 2	0	<i>Massiver Boden, Dachraum, gut gedämmt</i>
6	Interne Wärmelasten	0 - 3	2	<i>Stereoanlage, Fernseher, Computer</i>
7	Beschattungseinrichtung	0 - ca. (-15)	-7	<i>Außenjalousie</i>
8	Gesamtpunkte	ca. (-10) - 20	5	<i>deutliche Überwärmungsgefahr</i>

Abbildung 12-1: Sommerliche Überwärmung - Beispiel für ein ausgefülltes Erhebungsblatt

Gegen sommerliche Überwärmung kann nachträglich meistens nur ein Sonnenschutz angebracht oder die Möglichkeit der Nachlüftung gezielt genutzt werden. In der Planungsphase können Fensterflächen verkleinert, Speichermassen vorgesehen oder sogar eine Bepflanzung eingeplant werden.

Erläuterungen zu den Abfragen und Punktwertungen:

1. Ermittlung des kritischsten Raumes: Hoher süd- bis west ausgerichteter besonnener Fensteranteil im Vergleich zur Fläche des Raumes; Dachflächenfenster (schräg) Geringe Speicherwirksame Masse (z.B. im ausgebauten Dachgeschoß; auch abgehängte Decken, aufgeständerte Fußböden etc. vermindern die Speicherwirksamkeit weitgehend!); Möglichkeit zur Nachlüftung nicht gegeben (z.B. im Erdgeschoß)

Anmerkung: Schlafräume besonders kritisch, aufgrund des Umgebungslärms werden in Schlafräumen Fenster eher geschlossen gehalten bzw. maximal gekippt, zu hohe Temperaturen sind hier besonders ungünstig

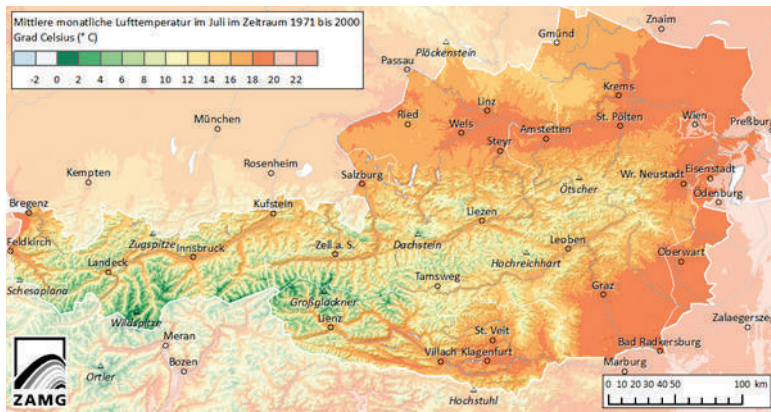


Abbildung 12-2: Mittlere monatliche Lufttemperaturen in Juli

2. Norm Außentemperatur Sommer:

- Roter Bereich 6 Punkte
- gelb-oranger Bereich 4 Punkte
- grüner Bereich 2 Punkte

3. Fensterart und –fläche im kritischen Raum

Fensterflächenanteil in % der Wohnfläche:

- 10 % der Raumfläche 5 Punkte
- 20 % der Raumfläche 8 Punkte
- 30 % der Raumfläche 10 Punkte
- Schrägverglasung 5 Punkte (zusätzlich! Außerdem oft keine Beschattung durch z.B. Bäume)
- Wärmeschutzverglasung -2 Punkte

4. Lüftungsmöglichkeit / Lüftung im kritischen Raum

- Eine Fensterfront - 2 Punkte
- Mehrere Fensterfronten - 5 Punkte
- Sonstige Nachtlüftungsmöglichkeit- 3 Punkte (zusätzlich)
- Lüftungsanlage - 1 Punkte

5. Bauweise des kritischen Raums

- Massiv - 5 Punkte
- Mischbauweise -2 Punkte
- Leichtbauweise 2 Punkte
- Guter Wärmeschutz - 2 Punkte

6. Interne Wärmelasten

- Wohnen normal 0 Punkte
- Hohe Geräteausstattung 1 bis 3 Punkte
- Bürobetrieb 2 Punkte

5. Beschattungseinrichtung im Raum und an den Fenstern

- keine Abschattungsvorrichtung 0
- Außenjalousie, Roll- oder Fensterlägen -7
- Zwischenjalousie -4
- Innenjalousie, helle Vorhänge -2
- Vordächer, Balkone etc -2 bis -6
- Markisen -5
- Nachbargebäude, Bepflanzung -3 bis -5

12.5. Kontrollierte Be- und Entlüftung

Lüftungsanlagen sind kaum über die Wirtschaftlichkeit alleine zu begründen sondern können bei richtiger (!) Ausführung eine spürbare Komfortsteigerung bewirken und über eine geregelte und ausreichende Versorgung mit frischer Luft gesundes Wohnen fördern.

Im Rahmen der Energieberatung ist daher vor allem auf jene Themen Bedacht zu nehmen, welche für das Gesamtergebnis / die Akzeptanz von Maßnahmenpaketen von großer Bedeutung sind:

- Betonung der Bedeutung der kontrollierten Be- und Entlüftung in einem Gesamtkonzept (z.B. Ergänzung zum Einbau dichter Fenster und Türen) aus baulichen und haustechnischen Sanierungsmaßnahmen.
- Empfehlungen für die Vermeidung von Planungs- und Ausführungsfehlern (z.B. Schallschutz).

Für diesen Zweck gibt es eine Reihe von Publikationen und Informationsquellen im Internet.³⁹

In Deutschland ist seit Mai 2009 bei jedem Neubau oder umfassender Sanierung, bei der die Luftdichtheit des Gebäudes relevant beeinflusst wird, ein Lüftungskonzept gemäß DIN 1946-6 vorzulegen. Damit ist gewährleistet, dass in der Planungsphase Feuchte- und Schimmelschutz, Raumluftqualität und Energieeffizienz thematisiert werden, und gegebenenfalls entsprechende Lüftungsmaßnahmen eingeplant und umgesetzt werden müssen.

In einem Rechtsgutachten des Deutschen Bundesverbandes für Wohnungslüftung kommt man zum Schluss, dass die für die Minimalanforderungen der Raumlufthygiene erforderliche Stoßlüftungsfrequenz (alle 4 bis 6 Stunden, auch nachts) bei den nach Energiesparverordnung gebauten Gebäuden für den Mieter nicht zumutbar ist. „Eine Wohnung müsse so beschaffen sein, dass bei einem üblichen Wohnverhalten die erforderliche Raumluftqualität ohne besondere Lüftungsmaßnahmen gewährleistet ist.“ (Fechner, 2014)

Diese Argumentationsweise ist selbstverständlich auch für Österreich anwendbar.

Bei Neubauten bzw. Sanierungen mit dichten Fenstern ohne Konzeptionierung einer Lüftungsanlage ist die Warn- und Hinweispflicht wahrzunehmen, indem der Nutzer bzw. Auftraggeber schriftlich zu informieren ist, dass zur Sicherstellung des Feuchteschutzes ein entsprechendes Lüftungsverhalten notwendig ist.

Textvorschlag zur Veranschaulichung der Relevanz des Themas (Haftungsproblem in der Energieberatung):

Die Ausführung des Gebäudes erfolgt entsprechend den geltenden österreichischen bautechnischen Verordnungen. Die Luftdichtheit des Gebäudes erfüllt hohe Anforderungen an den Wärmeschutz, Feuchteschutz, an die Raumlufthygiene und den Schallschutz. Da keine mechanische Lüftungsanlage mit

³⁹ www.komfortlüftung.at

ausreichendem Luftwechsel vorgesehen ist, wird darauf hingewiesen, dass mindestens der für den Feuchteschutz notwendige Luftaustausch über manuelle Fensterlüftung (mind. 3 bis 5 Stoßlüftungen pro Tag) erfolgen muss. Eine mittlere bis hohe Raumluftqualität lässt sich allein mit einer Fensterlüftung aufgrund der nicht praktikabel umsetzbaren Lüftungsfrequenz (alle 1 bis 3 Stunden in belegten Aufenthaltsräumen, auch nachts) ganzjährig nicht umsetzen.

Das folgende Beispiel zeigt die Berechnung der Wirtschaftlichkeit mit dem Tool „eco-balance Wohnraumlüftung“ des „Institute of Building Research & Innovation“⁴⁰.

Beispiel 12-1: Bilanz einer Lüftungsanlage

Luftvolumenstrom: 120 m ³ /h	Wärmerückgewinnungsgrad: 75 %
Spezifische Stromaufnahme d. Ventilatoren: 0,35 W/(m ³ /h)	Strombedarf. der Frostsicherung: 100 kWh/a
Heizgradtage: 3.500 Kd/a	Jahresnutzungsgrad Heizanlage: 60 %
Anteilige jährliche Laufzeit Lüftung: 50 %	Elektr. Leistungsaufnahme Ventilatoren: 42 W
Stromverbrauch Lüftungsgerät: 284 kWh/a	Einsparung Endenergie Heizung: 4.158 kWh/a

Anschaffungspreis Lüftungsgerät: 5.000,- €	Anschaffungspreis Rohrnetz: 6.000,- €
Kosten Filtertausch u. Wartung: 100,- €/a	Mittlere Nutzungsdauer der Anlagenkomponenten: 20 Jahre
Strompreis: 0,20 €/kWh	Endenergiepreis: Heizung 0,10 €/kWh
Realer Kreditzinssatz: 1,00 % p.a.	
Stromkosten: 57,- €/a	Kosten Filtertausch u. Wartung: 100 €/a
Finanzierungskosten Investition: 593 €/a	Einsparung Heizkosten: 416 €/a

Fazit: Die Lüftungsanlage sichert die Frischluftversorgung, spart Energie, ist aber keine Energiesparmaßnahme, die insgesamt Kosten reduziert. Sie trägt aber über die Einsparungen ca. 70 % der Gesamtkosten der Investition und macht diese somit interessant, wenn Gesundheit und Komfort wichtige Beweggründe sind.

12.6. Umfassender Heizungs-Check - Heizung sanieren

Energieberatung ist als freiwilliges Angebot zur Ergänzung der Angebote des Gewerbes sowie gesetzlicher Maßnahmen zu sehen. Für die Energieberatung bedeutet dies, dass die Gesetzeslage sowie der Vollzug in der Praxis im jeweiligen Bundesland, andererseits die Praktiken des Gewerbes bekannt sein müssen.

Energieberatung zielt vor allem darauf ab, den Kunden und Kundinnen aus einer Position der Unabhängigkeit von bestimmten Produkten oder Verkaufsinteressen Einsichten zu vermitteln, damit dieser über die Mindestanforderungen hinaus Maßnahmen zum Schutz von Gesundheit und Umwelt setzt.

12.6.1. Zustand bzw. Problemsicht der Kunden und Kundinnen einholen

Mögliche Fragen, die sich besonders auf die Heizung beziehen:

⁴⁰ www.building-research.at/

- Was ist der Anlass für die Beratung?
- Lassen Sie sich die Heizung erklären (Alter, Adaptierungen, verwenden Sie Zusatzheizgeräte?)
- Sind Sie mit der Wärmeverteilung zufrieden, gibt es Räume, die zu warm bzw. zu kalt sind? Wird Wärme weggelüftet? Werden unterversorgte Räume mit Elektroheizlüftern versorgt?
- Gluckern und Rumoren in der Anlage? Wann haben Sie zuletzt entlüftet?
- Stellen Sie fest, dass der Heizkessel häufig ein- und ausschaltet?
- Wer hat die Heizkurve (zuletzt) eingestellt?
- Wie schätzen Sie ihren Energieverbrauch ein?
- Wie schätzen Sie ihre Heizkosten ein?
- Wie schätzen Sie die Gesundheits- und Umweltbelastung durch Ihre Heizung ein?
- An welche Verbesserungen haben Sie bereits gedacht?

Derartige Fragen bringen in der Regel wertvolle Informationen über die Sicht des Kunden und zeigen Anknüpfungspunkte für die weitere Beratung. Es gibt eine Reihe von Checklisten, die dafür sorgen können, keine wichtige Frage zu übersehen.⁴¹⁴²

12.6.2. Vorhandene Unterlagen sichten: Prüfbericht

Es sollte nach vorhandenen Unterlagen gefragt werden. Beispiele dafür sind:

Das **Heizungsanlagenbuch** und die **Erstüberprüfung** einer neuen Heizungsanlage. Im Rahmen der Inbetriebnahme sollte jede Heizungsanlage – normentsprechend (ÖNORM M7510 Teil 1⁴³) dem Kunden samt dem Heizungsanlagenbuch übergeben werden.

Das Heizungsanlagenbuch umfasst:

- die Gebäudedaten, auf deren Basis die ausführende Firma die Anlage geplant und errichtet hat,
- alle Angaben und Dokumentationen zur Heizungsanlage und
- einen technischen Prüfbericht, in dem einerseits die erste feuerungstechnische Überprüfung und andererseits auch die Bestätigung der Ausführung schriftlich dargelegt sein sollten.

Die **Periodische Überprüfung von Heizungsanlagen** ist in den Landesgesetzen oder Landesverordnungen geregelt. Intervalle und Umfang variieren je nach Brennstoff, Leistung und Heizungsart.

Unabhängig von gesetzlichen Vorgaben ist eine regelmäßige Überprüfung, richtige Einstellung und Wartung des Wärmeerzeugers durch eine Fachfirma empfehlenswert, um Effizienz und Lebensdauer der Anlage zu erhöhen und optimale Betriebsbedingungen zu gewährleisten.

In diesen Gesetzesblättern sind gut einsetzbare Checklisten und Formulare mit allen Anforderungen für Heizanlagenüberprüfungen enthalten und im Internet zu finden.⁴⁴⁴⁵

⁴¹ http://www.richtigheizen.at/ms/richtigheizen_at/ofen/leistung/

⁴² <http://www.enu.at/images/doku/32-heizungoptimierung-ratgeber-energieberatung.pdf>

⁴³ Die ÖNORM M 7510-1 bietet eine Grundlage für die Dokumentation der Heizungsanlage. In den Anhängen A B C gibt es Vordrucke für Datenblätter, welche die Objekt, Hydraulik und Wärmeerzeuger erfassen. Anhang D und E sind Protokolle für die Überprüfung der Zentralheizungsanlage (geeignet für §189 NÖ BTv)

⁴⁴ Beispiel NÖ: http://www.noel.gv.at/Bauen-Wohnen/Bauen-Neubau/NOe-Bauordnung/Wiederkehrende_Ueberpruefung_von_Feuerstaetten.html

⁴⁵ Beispiel OÖ: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/LrOO/20000208/O%C3%B6.%20LuftREnTG%2c%20Fassung%20vom%2011.11.2014.pdf>

Die Interpretation von Prüfberichten kann mithilfe der Abfragen und Rechenwerte des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER erfolgen:

- Baujahr vor 1990: Erneuerung in Erwägung ziehen, da ein niedriger Nutzungsgrad und Überdimensionierung zu erwarten sind (genaue Prüfung nötig)
- Nennwärmeleistung: Überdimensionierung?
- Kesselaustrittstemperatur: Bereitschafts- und Verteilverluste
- Dämmung von Verteilleitungen und Armaturen: Abschätzung der Verteilverluste
- Etc.

12.6.3. klimaaktiv Heizungs-Check⁴⁶

Mit geringem Mehraufwand kann der kundige Installateur auch den klimaaktiv Heizungs-Check ausstellen:

- Wärmeerzeugung, Abgasverluste, Oberflächenverluste, Ventilationsverluste, Brennwertnutzung, Überprüfung der Kesseldimensionierung, Kesselregelung, und Rauchgasverbindungsleitung.
- Wärmedämmung der Leitungen, Armaturen und Einbauten in unbeheizten Gebäudeteilen, der Warmwasserbereitstellung und Zirkulationsleitungen.
- Thermosiphon beim Warmwasser- und Heizungsspeichern, Wärmeverteilung (Hydraulischer Abgleich), Pufferspeicher.
- Regelung des Wärmeabgabesystems, Effizienz der Heizungspumpe.

Diese umfassende und standardisierte Begutachtung bewertet den Istzustand der Gesamtanlage mit einem Punktesystem und enthält auch konkrete Verbesserungsvorschläge, sowie eine Liste von Ansprechpartnern mit entsprechender Kompetenz und Weiterbildung.

12.6.4. Vorort-Begutachtung und eigene Abschätzungen

In jedem Fall sollte die Dimensionierung überprüft werden (Vergleich der Nennleistung mit dem Heizleistungsbedarf des Gebäudes, siehe dazu **Kapitel 3.2.2**). Das ist zwar in den wiederkehrenden Überprüfungen bereits vorgesehen, dennoch werden oft keine entsprechenden Informationen zu finden sein.

Bei suboptimaler Dimensionierung können ganz spezifische Mängel auftreten, die im Rahmen der Begehung besprochen und evaluiert werden sollten.

Überdimensionierung: Die Wunschtemperatur wird zwar erreicht, jedoch ist die Heizung permanent im Teillastbetrieb, was eine ineffiziente Verbrennung, höhere Luftschadstoffemissionen und unnötig hohe Anschaffungs- und Betriebskosten zur Folge hat.

Unterdimensionierung: Die Wunschtemperatur wird an kalten Wintertagen selbst bei Vollastbetrieb nicht erreicht, wobei die Gefahr besteht, die Feuerungsanlage zu überhitzen und zu beschädigen.

Fehlende Abstimmung mit dem Kamin: Der Kaminquerschnitt kann zu gering für den Ofen sein. Die Abgase der Verbrennung können nicht optimal abgeführt werden. Es fehlt der Zug. Im Extremfall bei Niederdruckwetter oder feuchtem Holz können gefährliche Rauchgase in die Wohnräume gelangen (Ein Kaminbefund durch den Rauchfangkehrer ist notwendig!).

Zu geringe Luftzufuhr: Eine ineffiziente Verbrennung mit hohen Emissionen ist die Folge.

Weitere Überprüfungen nach Augenschein:

- Dämmung der Rohrleitungen und Armaturen

⁴⁶ www.klimaaktiv.at/erneuerbare/erneuerbarewaerme/heizungs-check.html

- Ist die Wärme räumlich und zeitlich dort, wo sie sein soll: Einstellungen der Schaltuhr (Am Wochenende, od. nachts inspizieren, Verbrauchsablesungen über Nacht, übers Wochenende (bei Bedarf Temperaturmessungen machen))
- Werden Räume in der Aufheizphase unterschiedlich (schnell) warm? Daraus kann ein Hinweis auf einen nötigen hydraulischen Abgleich abgeleitet werden.
- Ist die Wartung des Kessels ausreichend? Z.B. Reinigen der Wärmetauscherflächen, Putzen/Erneuern der Öldüse, Brennereinstellung. Anmerkung: Diese Einschätzung erfordert Sachkenntnis).
- Ist die Verbrennungsluftversorgung bei Raumheizgeräten ausreichend (z.B. nach Fenstertausch)
- Funktionstüchtigkeit von Pumpen, Ventilatoren und Ventilen
- Lüftungsanlage: Zustand von Luftfiltern, Kondensatanfall, Funktionstüchtigkeit des Bypass.

Empfehlung: Es ist von Vorteil, die Energieberatung mit einer gemeinsamen Begehung mit Installationsfirma und / oder Kaminkehrer zu kombinieren und gemeinsame Rückschlüsse zu ziehen.

12.6.5. Bewertung von Sanierungsmaßnahmen

Die folgende Reihenfolge in der Suche nach Lösungen ist aus Sicht der Nachhaltigkeit zu empfehlen:

1. Minimierung des Heizwärme- bzw. Warmwasserwärmebedarfs: Eine Beratung zur Heizung ist somit immer auch eine Gelegenheit, eine umfassende Sanierung zu überlegen und dafür Unterstützung anzubieten.
2. Überprüfung ob das bestehende System weiterbetrieben werden kann (ist es sinnvoll und mit einfachen Maßnahmen zu optimieren) oder soll (den Tausch einer Heizanlage kann man meistens leichter auf einen zukünftigen Zeitpunkt verschieben).
3. Prüfung eines Umstiegs auf erneuerbare Energieträger bzw. auf deutlich effizientere Wärmeerzeuger wie Wärmepumpe oder Brennwerttechnologie: Diese Option bedingt in jedem Fall eine weiterführende Beratung zur Optimierung des Heizsystems bzw. des Gebäudes (z.B. Kaminsanierung, Pufferspeicher, Senkung von Vor- und Rücklauftemperatur).

Die folgenden Tabellen sind aus dem ursprünglichen HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG übernommen und versuchen, die oft pauschal und überschlägig behaupteten Einsparungen durch typische übliche Sanierungsmaßnahmen an der Wärmeversorgung zu erläutern und mit den Tabellen und Algorithmen der Anlagenanalyse zu verknüpfen.

Anmerkungen: Die überschlägigen prozentuellen Einsparungen gelten für eine etwa zweifach überdimensionierte Anlage. Es ist zu beachten, dass der Nutzen eines Maßnahmenpaketes im Allgemeinen geringer ist als die Summe der Einzeleinsparungen. Die Formeln beziehen sich auf die Tabellen in **Kapitel 0**.

Tabelle 12-2: Abschätzung der Einsparung durch Maßnahmen an der Wärmeerzeugung (Frey, 1981)

Maßnahmen am Wärmeerzeuger	Nutzen der Maßnahmen		
	Beschreibung	Überschlägig [%]	Berechnung
Zentralheizung: <u>Einbau einer Zugbegrenzungsklappe</u> in einen Rauchfang	Verringert die Auskühlung über den Rauchfang, wenn kein Luftabschluß im Stillstand erfolgt	0-3	$[\%] = (f_{Dim} / 0,3) \cdot \text{Differenz der spezifischen Auskühlverluste über den Rauchfang}$
	Senkt die Abgasverluste, wenn diese durch Rauchfangzug erhöht sind	0-10	$[\%] = \text{Abgasverluste durch hohen Rauchfangzug} \cdot (1 - \text{Rückgewinnungsfaktor})$
<u>Einbau einer Motor-Abgasklappe</u> in ein Rauchrohr, Regelung, E-Anschluß	Verhindert die Auskühlung über den Rauchfang	1-5	$[\%] = \text{Auskühlverluste über den Rauchfang}$
Einbringen zusätzlichen <u>Dämmstoffes in die Verkleidung</u> des Kessels	Verringert die Auskühlung über die Kesseloberfläche	3-6	$[\%] = (f_{Dim} / 0,3) \cdot \text{Kesselleistungskorrekturfaktor} \cdot \text{Differenz der spezifischen Auskühlverluste über die Oberfläche}$
<u>Dämmung ungedämmter Kesselteile</u> (Putzöffnungen, Brenneranschluß)	Verringert die Auskühlung über die Kesseloberfläche	4-6	$[\%] = (f_{Dim} / 0,3) \cdot \text{Kesselleistungskorrekturfaktor} \cdot \text{Differenz der spezifischen Auskühlverluste über die Oberfläche}$
<u>Dämmung des Rauchrohres</u> mit mindestens 5 cm Mineralwolle	Verringert die Abstrahlung zum Heizraum	1-2	$[\%] = \text{Abgasverluste durch fühlbare Wärme} \cdot \text{Differenz der Rückgewinnungsfaktoren}$
	Erhöht die Abstrahlung der Rauchfanges zum Wohnbereich	1-3	$[\%] = \text{Abgasverlust} \cdot (1 - \Delta T_{A,min} / \Delta T_A) \cdot (1 - \text{Rückgewinnungsfaktor})$ $-\Delta T_{A,min} = \Delta T_{oben,min} / \text{Abgasverlustanteil nach Rauchrohr} - \text{Rückgewinnungsfaktor}$
	Ermöglicht niedrigere Abgastemperaturen		
<u>Kesselreinigung</u> , chemisch	bis 30 kW	1-3	$[\%] = \text{Differenz der Verschmutzungsverluste}$
	30-60 kW		
	60-100 kW		
<u>Kesselreinigung</u> , mechanisch	bis 30 kW	1-3	$[\%] = \text{Differenz der Verschmutzungsverluste}$
	30-60 kW		
	60-100 kW		
<u>Abdichten</u> eines Gußgliederkessels	bis 30 kW	0-10	Der maximale Nutzen entspricht etwa dem Effekt eines Zugbegrenzers
	30-60 kW		
	60-100 kW		
Leistungsanpassung des Brennes durch Verringerung des Brennstoffdurchsatzes	Senkt die Abgastemperaturen und damit die Abgasverluste durch fühlbare Wärme	1-3	$[\%] = 0,1 \cdot \text{Abgasverlust durch fühlbare Wärme pro 25\% Leistungsreduktion} \cdot (1 - \text{Rückgewinnungsfaktor})$
Einbau eines <u>Schamottetunnels</u> in einen Heizkessel für Ölbetrieb	bis 30 kW	-	Keine Nutzenabschätzung
	30-60 kW		
	60-100 kW	Ermöglicht eine Leistungsminderung des Brenners	
<u>Einbau von Turbulatoren</u> in dafür vorgesehene Rauchgaszüge	Verringert die Abgastemperatur und damit die Abgasverluste durch fühlbare Wärme	0-5	$[\%] = \text{Abgasverlust durch fühlbare Wärme} \cdot \Delta T_{A,neu} / \Delta T_{A,alt}$
Austausch des Wärmeerzeugers	Je nach Art des neuen Wärmeerzeugers können alle Verlustgrößen beeinflußt werden	-	$[\%] = \text{Summe der Verluste des alten Wärmeerzeugers} - \text{Summe der Verluste des neuen Wärmeerzeugers}$

Tabelle 12-3: Maßnahmen an Wärmeverteilung und Kamin (Frey, 1981)

Maßnahmen an der Wärmeverteilung und am Kamin	Nutzen der Maßnahmen		
	Beschreibung	Überschlägig [%]	Berechnung
Reduktion der Kesseltemperatur	Verringert die Auskühlung über die Kesseloberfläche	1 – 5	$[\%] = (f_{Dim}/0,3) \cdot \text{Differenz der spezifischen Auskühlverluste über die Oberfläche} \cdot \text{Kesselleistungskorrekturfaktor}$
	Verringert die Auskühlung über den Rauchfang	1 – 2	$[\%] = (f_{Dim}/0,3) \cdot \text{Differenz der spezifischen Auskühlverluste über den Rauchfang}$
	Verringert die Abgastemperatur und damit die Abgasverluste durch fühlbare Wärme	1 – 2	$[\%] = 0,1 \cdot \text{Abgasverlust durch fühlbare Wärme pro 20 K Temperatursenkung} \cdot (1 - \text{Rückgewinnungsfaktor})$
Einbau eines Pufferspeichers	Verringert die Regelungsverluste	0 – 10	$[\%] = (f_{Dim}/0,3) \cdot \text{Differenz der spezifischen Regelungsverluste}$
	Erhöht die Verteilungsverluste (Zusätzlicher Verlust!!)	(-) 1 – 3	$[\text{kWh/a}] = \text{Speicherverluste pro Tag} \cdot \text{Einsatzdauer}$
	Verringert die Abgasverluste bestimmter Kesselarten	0 – 5	Für händische Holzfeuerungen: ca. 5%
Einbau einer automatischen Vorlauf-temperaturregelung	Verringert die Regelungsverluste	3	$[\%] = (f_{Dim}/0,3) \cdot \text{Differenz der spezifischen Regelungsverluste}$
Dämmung des Rauchfanges	Ermöglicht niedrigere Abgastemperaturen und damit eine Senkung der Abgasverluste	0 – 5	$[\%] = \text{Abgasverlust durch fühlbare Wärme} \cdot [(1 - \Delta T_{A,min}/\Delta T_A) - \text{Differenz der Rückgewinnungsfaktoren}]$
	Verringert die Wärmeabstrahlung des Rauchfanges zum Wohnbereich (Zusätzlicher Verlust!!)		
	Ermöglicht niedrigere Kesseltemperaturen und somit eine Senkung der Auskühlverluste	1 – 5	Ermöglicht Reduktion der Kesseltemperatur (siehe dort)
Dämmung der freiverlegten Verteilleitungen	Verringert die Verteilungsverluste	2 – 10	$[\text{kWh/a}] = \text{Differenz der spezifischen Leitungsverluste} \cdot \text{HT}_{12}$
Dämmung von Armaturen	Verringert die Verteilungsverluste	1 – 5	$[\text{kWh/a}] = \text{Anzahl} \cdot 0,25 \cdot \text{Differenz der spezifischen Leitungsverluste} \cdot \text{HT}_{12}$
Einbau von Thermostatventilen	Erhöht die Fremdwärmeausnutzung	1 – 5	$[\text{kWh/a}] = \text{Fremdwärme} \cdot \text{Fremdwärmefaktor} \cdot \text{Differenz der Gewinnfaktoren} \cdot (Q_E/Q_N)$
	Kann die Regelungsverluste verringern	0 – 3	Keine Nutzenabschätzung

Tabelle 12-4: Maßnahmen an Einzelraumheizungen (Frey, 1981)

Maßnahmen an Einzelraumheizungen	Nutzen der Maßnahmen		
	Beschreibung	Überschlägig [%]	Berechnung
Verlängerung des Rauchrohres	Senkt die Abgastemperatur und verringert die Abgasverluste	3 – 10	$[\%] = \text{Gewinn nach Verlängerung} - \text{Gewinn vor Verlängerung}$
Einbau eines Zugbegrenzers	Verringert die Abgasverluste durch hohen Rauchfangzug	0 – 15	$[\%] = \text{Differenz der Abgasverluste durch hohen Rauchfangzug}$
Einbau einer Luftabschlußklappe	Verhindert den Luftwechsel über den Rauchfang bei Stillstand	0 – 10	$[\text{kWh/a}] = n_{LEO} \cdot \text{BRI} \cdot \text{HGT} \cdot 0,008$
Ofen abdichten	Senkt den Luftüberschuß und verringert die Abgasverluste	0 – 10	Keine Nutzenabschätzung
	Senkt den Luftwechsel über den Rauchfang bei Stillstand		
Wartung, Reinigung	Verringerung der Abgasverluste Verbesserung der Regelung von Ölföfen möglich	0 – 5	Keine Nutzenabschätzung

12.6.6. Beispiel: Empfehlungen nach einer Überprüfung der Heizanlage

Die im Folgenden markierten Empfehlungen sind das Ergebnis einer typischen Überprüfung einer Heizanlage für feste Brennstoffe mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG:

1. Energieausweis durch befugte Planerin oder befugten Planer erstellen lassen: Überprüfung der eigenen Abschätzungen, Vorbereitung für eine etwaige Einreichung zur Förderung.
2. Sachverständige für Spezialfragen beziehen wenn nötig (z.B. hydraulischer Abgleich der Heizanlage, zusätzliche Informationen von der Installationsfirma benötigt).
3. Prüfbericht der Feuerungsanlage durch berechtigtes Prüforgan (Rauchfangekehrerin oder Rauchfangekehrer, Installateurin oder Installateur) bis zu einem vereinbarten weiteren Termin erstellen

lassen. Einige der Ergebnisse (z.B. Abgasverluste, Verhältnis Kaminzug zu Zugbedarf) sind wichtige Rechengrößen zur genaueren Beurteilung von Verbesserungsmaßnahmen.

4. PufferspeichergroÙe überprüfen lassen (bzw. den Einbau eines Pufferspeichers erwägen, wenn es keinen gibt): MindestgroÙe aus dem Energieinhalt einer Brennraumfüllung mit typischem Brennstoff und mittlerem Heizleistungsbedarf abschätzen. Wichtig: Gibt es ausreichend Platz bzw. lässt sich ein Pufferspeicher in den Heizraum einbringen?
5. Wärmedämmung des Pufferspeichers ist mangelhaft. Fachgerechte Dämmung veranlassen (Erneuerung oder Verstärkung)

Beispiel 12-2: Einfluss des Pufferspeichers auf den Energieverbrauch

1000 Liter Pufferspeicher, mit 5 cm MWL händisch gedämmt, im Winter im Mittel 60-70 °C. Welche Einsparung bringt der Ersatz durch eine optimale Dämmung?

Derzeitige Verluste: $(6,7 + 4,5) / 2 \cdot 210 = 1180 \text{ kWh}$ (sieben Monate)

Nach Sanierung: $(2,5 + 1,7) / 2 \cdot 210 = 440 \text{ kWh}$

Einsparung = 740 kWh pro Jahr (Anmerkung: zur Berechnung der Einsparung an Brennstoff muss dieser Wert noch durch den Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugung dividiert werden und kann somit deutlich über 1000 kWh liegen).

6. Die heizungsgebundene Warmwasserbereitung im Sommerbetrieb bringt hohe Verluste. Eine Neukonzeption sollte geprüft werden. Mögliche Lösungen: Solaranlage mit Einbindung in den Pufferspeicher, Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Möglichkeit der Heizungseinbindung in der Übergangszeit (u.U. mit Photovoltaik zur Stromerzeugung).
7. Die notwendigen Laufzeiten der Zirkulation überprüfen, gegebenenfalls Regelungen nachrüsten (Zeitsteuerung, Temperatursteuerung), noch vorteilhafter wär ein Verzicht auf Zirkulation. Dazu kann die Einsparung durch Wegfall der Zirkulation abgeschätzt werden.

Beispiel 12-3: Einfluss der Zirkulation auf den Energieverbrauch für Warmwasser

Täglicher Verbrauch (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) geschätzt mit konstant 8,0 kWh/Tag: Sommer ca. 1.100 kWh, Winter ca. 1.600 kWh

Nutzungsgrad Kessel (Tabelle 9-5): Winter 0,65, Sommer $0,7 \cdot 0,65 = 0,45$

Verluste für die WW Verteilung (Mittleres Verteilkonzept, Tabelle 9-4): mit Zirkulation: 120%, ohne: 60 % vom Nutzwärmebedarf bei durchschnittlichem Warmwasserbedarf

Einsparung an Brennstoff durch Verzicht auf Zirkulation (ohne Speicherverluste):

$(1,2 - 0,6) \cdot (1.600 / 0,65 + 1.100 / 0,45) = 2.940 \text{ kWh/Jahr}$

8. Wärmedämmung des Warmwasserspeichers ist mangelhaft. Fachgerechte Dämmung veranlassen.
9. Die Wärmedämmung der Heizwasser- und Warmwasserleitungen ist ungenügend und in schlechtem Zustand und Armaturen sind nicht gedämmt. Wärmedämmung mit einer Dämmstärke von 2/3 Rohrdurchmesser, aber mindestens 3 cm herstellen lassen. Es sollen jene Armaturen ausgewählt werden, bei denen eine Dämmung sinnvoll ist (Zugänglichkeit im Notfall, hohe Temperaturen an dieser Stelle)

Beispiel 12-4: Energieeinsparung durch Leitungsdämmung

Wieviel Energie spart man durch Dämmung von einem Meter Rohrleitung?

Die Schwankungsbreite ist sehr hoch – zwischen $\frac{3}{4}$ Zoll Leitungen in einer Niedertemperaturheizung (Fall A) und 2 $\frac{1}{2}$ Zoll und Hochtemperatur (z.B. ältere Schule – Fall B). In beiden Fällen muss noch durch den Nutzungsgrad des Wärmeerzeugers dividiert werden, um die Einsparung an Energieträger zu ermitteln. Und trotz des Unterschiedes sind beide Maßnahmen wirtschaftlich.

Fall A: $(0,3 - 0,05) \cdot 210 = \text{ca. } 50 \text{ kWh/m.Jahr}$

Fall B: $(3,1 - 0,3) \cdot 210 = \text{ca. } 590 \text{ kWh/m.Jahr}$

10. Regelung und hydraulischen Abgleich durch fachkundige Person überprüfen lassen (Durchflussmengen, Regelintervalle, Pumpenleistungen, Entlüften der Heizkörper, Pumpendruck, etc.). Dazu die Erfahrungen der Bewohner und Bewohnerinnen erfragen bzw. aus dem Begehungsprotokoll (vgl z.B. **Tabelle 2-6**) entnehmen.
11. Die Energieverbrauchskennzahl ist auffällig hoch. Einsparmaßnahmen auch durch Verbesserung der Gebäudehülle sollten geprüft werden (Dämmung, Fenster). Bei Holz als Brennstoff sollten aber auch unbedingt Mengenangaben (u.U. Ausmessen des Brennstofflagers) und Wassergehalt überprüft werden (z.B. durch Volumenmessung und Wiegen eines Holzscheites).

12.7. Dimensionierung eines Pufferspeichers

Ein Pufferspeicher erhöht den Nutzungsgrad von Heizsystemen, deren Leistung nur sehr träge an sich ändernde Anforderungen angepasst werden können. Dazu zählen Stückholzkessel und Hackgutfeuerungen (die große im Brennstoff gespeicherte Energiemenge im Glutbett muss in jedem Fall abgeführt werden), die für kleine Wohnhäuser immer stark überdimensioniert sind (durch das Glutbett sind Leistungen unter 15 kW nicht realisierbar).

Die Dimensionierung des Speichers für den typischen Anwendungsfall der Stückholzheizung ergibt sich somit aus der Anforderung, zumindest eine Kesselfüllung aufnehmen zu können.

Die zur Berechnung benötigten Größen sind aus der Gebäudeerhebung und aus Herstellerangaben abzuleiten:

- Heizwert des Scheitholzes (kWh/rm): **Tabelle 3-2**
- Volumen des Füllraumes: Herstellerangabe
- Füllraumausnutzungsfaktor relativ zur Schlichtung im Holzlager: ohne Nachweis ca. 0,8
- Mittlerer Kesselwirkungsgrad: **Tabelle 3-20**
- Maximale nutzbare Temperaturdifferenz im Speicher: Abhängig von der benötigten Wärmeabgabetemperatur; liegt in der für den Einsatz in der Übergangszeit zwischen ca. 40 und 60 Kelvin.
- Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $1,16 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{K}$
- Abbrandzeit: dieser Wert hat einen direkten Bezug zu Kesselnennleistung und zum Füllraum: Herstellerangaben (mittlerer Wert üblicher Kessel: 4 Stunden)

Von der Energiemenge, die aus einer Kesselfüllung an den Speicher geliefert wird, wird die während des Betriebs direkt abgeführte Heizenergie abgezogen. Zur Überprüfung der Dimensionierung sollte diese Abgabeleistung in Bezug zur gespeicherten Energiemenge gesetzt werden: Der Pufferspeicher sollte das Haus im Winter für ca. einen Tag heizen können (Verhältnis gespeicherte zu laufend abgegebener Energie ca. 15 – 20).

Beispiel 12-5: Dimensionierung eines Pufferspeichers für einen Stückholzkessel

Kesselwirkungsgrad: 75 % Füllvolumen: 150 Liter Nutzbare Temperaturdifferenz: 50 K

Heizwert: 2.000 kWh/rm Abbranddauer: 5 Stunden Abgenommene Heizleistung: 8 kW

Wärmelieferung an den Speicher = $2.000 \cdot 0,15 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 180 \text{ kWh}$

Wärmeabgabe an das Haus = $5 \cdot 8 = 40 \text{ kWh}$

Benötigte Wärmespeicherkapazität (ohne Berücksichtigung von Speicherverlusten) = 140 kWh

Benötigtes Speichervolumen = $140 / (50 \cdot 1,16) = 2,4 \text{ m}^3 = 2.400 \text{ Liter}$

In der Energieberatung sollte eine Mindestgröße von 2.000 Liter vorgeschlagen werden. Mit der gespeicherten Energiemenge können die 8 kW für ca. 16 Stunden bereitgestellt werden. Der Kessel muss somit einmal pro Tag in Betrieb genommen werden.

12.8. Heizungswärmepumpe in der Beratung zum Kesseltausch

12.8.1. Klärung der Eignung einer Wärmepumpenheizung

Prinzipiell soll die Installation einer Wärmepumpe immer in Betracht gezogen werden. Erweist sie sich als gut geeignet, ist sie wahrscheinlich der komfortabelste, oft auch kostengünstigste und umweltfreundlichste Wärmeerzeuger. Ergeben sich wesentliche Bedenken aus der Energieberatung, kann sie Auslöser für wichtige Sanierungsmaßnahmen an Gebäude und Haustechnik sein.

Als Faustregel kann gelten, dass eine Wärmepumpe (auch bei Normaußentemperatur) eine Leistungszahl von 3,0 nicht unterschreiten sollte. Im Idealfall sollte sie im Jahresmittel eine Arbeitszahl von 4,0 erreichen. Dann ist der Primärenergiebedarf jedenfalls niedriger als beim Einsatz von Brennstoffen und die Wärmepumpe ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die wirtschaftlichste Entscheidung.

Das erste Ziel ist allerdings mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nur in sehr wenigen Fällen (Niedrigenergiehaus, Fußbodenheizung und Normaußentemperatur nicht unter $-10 \text{ }^\circ\text{C}$) erreichbar. Das zweite Ziel auch mit einer Erdwärmepumpe nur mit den oben formulierten Rahmenbedingungen. Nur eine Grundwasserwärmepumpe kann somit z.B. ein saniertes Wohngebäude auch beim Erhalt der alten Heizkörper mit ausreichender Effizienz beheizen (mittlere Wärmeabgabetemperatur bei ca. $35 \text{ }^\circ\text{C}$), sichert aber nicht, dass auch in längeren Kälteperioden ausreichend Wärme zur Verfügung gestellt werden kann.

Die maximale Heizleistung der Fußbodenheizung (größte verfügbare Fläche) durch Strahlung liegt bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ Raumtemperatur bei 35 bis 50 W/m^2 (je nach Verteilverlusten, $26\text{-}28 \text{ }^\circ\text{C}$ Wärmeabgabetemperatur) und würde sich pro Grad höherer Raumtemperatur um ca. 5 W/m^2 verringern. Durch Konvektion (Annahme: ca. $3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) lässt sich die Abgabe um bis zu 50 % steigern (allerdings ist diese grundsätzlich ungewollt und nur durch zusätzlichen Stromeinsatz über Ventilatoren einzubringen). Für ein Niedrigenergiehaus mit einer Heizlast von ca. 20 W/m^2 NGF ($2,6 \text{ kW}$ für 130 m^2) bedeutet das, dass zwischen 35 und 50 % der gesamten Wohnfläche zur Verfügung stehen müssen und nicht abgedeckt werden dürften. Die gleiche Betrachtungsweise legt nahe, dass bei einer Heizlast von über 50 W/m^2 NGF ($6,5 \text{ kW}$ Heizlast für 130 m^2) in jedem Fall die Grenze der Sinnhaftigkeit für den Einsatz von Wärmepumpen erreicht ist.

Bewertungsmatrix für ökologisch sinnvolle Heizsysteme	Energieeffizienzklasse des Gebäudes					
	A++/A+	A	B	C	D	F/G
Pellets-Wohnraum- / Pellets-Zentralheizung	++	++	++	++	++	++
Kachelofen-Ganzhausheizung	+	++	+	0	-	--
Stückholzkessel mit Pufferspeicher	0	++	++	+	+	0
Wärmepumpe mit Erdreich- Flächenkollektor oder Sonde	++	++	+	0	-	--
Grundwasserwärmepumpe	+	++	+	0	-	--
Außenluftwärmepumpe	+	0	-	--	--	--
Abluftwärmepumpe	++	+	-	--	--	--

Eignung: ++ = sehr gut / + = gut / 0 = weniger gut / - = schlecht geeignet / -- = nicht geeignet oder nicht verfügbar

Abbildung 12-3: Eignungsmatrix Heizanlage / Gebäudeklasse (vgl. Tabelle 3-18)

12.8.2. Empfehlung für die Energieberatung

- In klimaaktiv finden sich umfangreiche Dokumentationen zu Qualitätsanforderungen an Wärmepumpen sowie Links zu weiteren Informationsquellen (z.B. von Herstellerverbänden).⁴⁷
- Warmwasserbereitung mit Solaranlage macht in allen Fällen Sinn (Wirtschaftlichkeit prüfen!), ausgenommen der Außenluftwärmepumpe (hohe Arbeitszahl im Sommer). Die Ausweitung auf eine teilsolare Raumheizung in der Übergangszeit nur für die Stückholzheizung (Kessel oder Kachelofen).

Die Kosten für eine Wärmepumpenanlage (**Tabelle 11-5**) liegen in derselben Höhe wie jene der anderen in **Abbildung 12-3**, werden aber sehr stark von der Gebäudequalität und der Art der Wärmequelle und Bodenbedingungen beeinflusst. Genau ermittelt werden kann der zu erwartende Stromverbrauch bzw. Energie- und Kostenersparnis (bzw. die Mehrkosten) im Betrieb. Für die Investitionskosten müssen Angebote eingeholt werden. (**vgl. Beispiel 11-6**).

- Für Wärmepumpenanlagen gibt es mit MachVier ein einfaches und online kostenlos nutzbares Berechnungswerkzeug.⁴⁸ Damit kann man sehr die Einflüsse verschiedener Rahmenbedingungen auf die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen sichtbar machen.
- Eine Außenluftwärmepumpe als Alleinheizung hat die geringsten Investitionskosten, aber gravierende Nachteile im Betrieb: An kalten Tagen hohen Stromverbrauch (dadurch auch hohen fossilen und nuklearen Primärenergiebedarf) und Probleme, die benötigte Heizleistung zu erbringen (Zusatzenergieaufwand für Abtauvorgänge).
- Außenluftwärmepumpen sind in bivalent-alternativen Heizanlagen prinzipiell attraktive Ergänzungen zu Heizkesseln und können auch deren Jahresnutzungsgrad steigern (**Tabelle 8-8**). In diesem Fall wird die gesamte Heizleistung (inkl. Warmwasserbereitung) bis zu einer bestimmten Außenlufttemperatur von der Wärmepumpe übernommen (z.B. +5 °C), dann geht der Heizkessel in Betrieb, der dann mit geringeren Bereitschaftsverlusten betrieben werden kann. Zudem kann die Wärmepumpe auf ca. 50 % der Heizlast sowie auf niedrigere Wärmeabgabetemperaturen ausgelegt werden und kommt somit deutlich billiger.
- Der Beitrag einer eigenen PV Anlage zum Betrieb einer Wärmepumpe im Winter ist vernachlässigbar, kann aber sehr wohl eine wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Alternative zur thermischen Solaranlage für die sommerliche Warmwasserbereitung sein.
- Ein Pufferspeicher (< 500 Liter) ermöglicht es, mit einer Wärmepumpe Spitzenleistungen (z.B. durch Warmwasserbereitung, kalte Nächte) durch konstanten Betrieb zu ersetzen und diese mit einer höheren Leistungsziffer zu betreiben.

⁴⁷ <http://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/erneuerbarewaerme/Waermepumpe.html>

⁴⁸ www.klimaaktiv.at/tools/erneuerbare/machvier.html

Beispiel 12-6: Bivalent-parallel Wärmepumpe in der Heizanlagenverbesserung

Ausgangssituation: Haus mit 5 kW Heizlast nach Sanierung (8.000 kWh/Jahr Heizwärmebedarf), alter 15 kW Ölkessel in gutem Zustand aber wenig gedämmt (Tabelle 8-5: Auskühlverlust ca. 1 %), nach Sanierung dreifach überdimensioniert. Vorschlag der Installation einer L/W-WP als bivalent-parallele Ergänzung bis 5 °C Außentemperatur. Vergleich der beiden Varianten (ohne Betrachtung der sommerlichen Warmwasserbereitung). Die Wärmepumpe kann somit 30 % der Heizwärme liefern, wird in einem angemessenen Temperaturbereich betrieben und trägt dazu bei, dass der Heizkessel einen höheren Nutzungsgrad aufweist (und geringere Belastung durch Teillastbetrieb).

Nutzungsgrad Ölkessel bei Alleinheizung (Tabelle 9-5) bzw. im bivalenten Betrieb (Tabelle 8-9):

$$\eta_{\text{allein}} = 1 - 0,1 - 1 \cdot 3/0,3 \cdot 100 = 0,80 \quad \eta_{\text{bivalent}} = 1 - 0,1 - 1 \cdot 3/0,41 \cdot 100 = 0,83$$

$$\text{Ölbedarf: } 8.000 \cdot 0,7/0,83 = 6.750 \text{ kWh/Jahr} \quad \text{Strombedarf: } 8.000 \cdot 0,3/4,7 = 510 \text{ kWh/Jahr}$$

$$\text{Jahreskosten (Öl: 0,1 €/kWh; Strom: 0,2 €/kWh): } 675 + 102 = \text{ca. € 775,-}$$

$$\text{Jahreskosten Ölkessel monovalent: } 8.000 \cdot 0,1/0,8 = \text{€ 1.000,-}$$

$$\text{Jahreskosten L/W-WP monovalent (JAZ=2,7) = } 8.000 \cdot 0,2/2,7 = \text{ca. € 590,-}$$

Mit einer zinsfreien Finanzierung (z.B. Eigenkapital) und einer angenommenen ND von 15 Jahren ist die bivalente Lösung wirtschaftlicher, wenn die Mehrkosten der monovalenten Wärmepumpe (doppelte Leistung!) über € 2.800,- liegen (u.U. muss der Abbau der Altanlage auch eingerechnet werden).

$$\text{Grenzkosten der Mehrinvestition = } (775-590) \cdot 15 = \text{ca. € 2.800,-}$$

12.9. Elektrische Direktheizung („Infrartheizung“) als Ganzhausheizung

12.9.1. Betriebswirtschaftliche Betrachtung

In **Kapitel 8.7.2** sind die Grundlagen der Wärmeabgabe von „Strahlungsheizungen“ insbesondere von Elektrodirektheizungen („Infrartheizungen“) zusammengefasst. In der Gebäudeanalyse werden immer elektrische Einzelheizkörper (Heizlüfter, Radiatoren mit Thermo-Öl, fix montierte Paneele) als Zusatzheizungen auftauchen, die fallweise (z.B. in Kälteperioden im Sommer) oder lokal begrenzt (z.B. Keller, WC) besondere Spitzenbelastungen oder Schwachstellen ausgleichen.

Mit sehr geringen Preisen von 5 – 20 €/kW für Heizlüfter (keine Installationskosten) und 200 – 500 €/kW für Wandgeräte (Fix-Installation oder Steckdose) lassen sich üblich benötigte Heizleistungen in gut gedämmten Häusern mit einem Bruchteil der Investitionskosten von Warmwasserzentralheizungen realisieren.

Beispiel 12-7: Kostenvergleich für Ganzhausheizung mit elektrischen Einzelheizkörpern

Ein zum Niedrigenergiehaus saniertes Altgebäude (HWB 40 kWh/m².Jahr, Heizlast 4 kW, 150 m² Energiebezugsfläche), das bisher mit Einzelöfen beheizt wurde, soll entweder mit elektrischen Heizkörpern (Wandpaneele, 500 €/kW, Jahresnutzungsgrad 100 %, Strompreis gesamt 0,21 €/kWh, Nutzungsdauer 10 Jahre) oder mit einer herkömmlichen Öl-Zentralheizung (Jahresnutzungsgrad 80 %, Kostenvoranschlag € 20.000,-, Ölpreis 0,09 €/kWh, Nutzungsdauer 20 Jahre) versorgt werden. Das Geld ist vorhanden, es werden keine Zinsen (weder für Kredit noch für andere Investition) berücksichtigt.

Gesamtkosten Zentralheizung (Energiekosten + jährlicher Anteil der Investitionskosten):

$$40 \cdot 150 \cdot 0,09 / 0,8 + 20.000 / 20 = € 1.680,-/Jahr$$

Gesamtkosten elektrische Direktheizung:

$$40 \cdot 150 \cdot 0,21 + 500 \cdot 4 / 10 = € 1.460,-/Jahr$$

Je nach dem konkreten Verhältnis der Energiepreise (es gibt Energieversorgungsunternehmen, die Heizungsstrom für unter 0,1 €/kWh anbieten) und der Investitionskosten können Elektrodirektheizungen auch unter Einrechnung kürzerer Lebenszeiten wirtschaftliche Alternativen der Ganzhausheizung darstellen.

12.9.2. Umweltaspekte und Behaglichkeit

In der Energieberatung sind die folgenden Themen zu erwarten und entsprechend zu behandeln:

Herkunft des Heizstroms und Effizienz der Stromerzeugung

Die relevante Frage ist: Was ändert sich, wenn (viele) neue Infrarotheizungen an Heiztagen zusätzlich Strom benötigen. Welche Kraftwerke (Speicher) werden dann zugeschaltet?

Schon jetzt wird an Heiztagen Strom importiert, da die Produktion in Österreich zu gering ist und zudem weniger Erneuerbarer Strom produziert wird als im Jahresschnitt. Während der Heizperiode wird daher Strom vor allem aus Tschechien (10 TWh/Jahr) und Deutschland (14 TWh/Jahr) importiert. Nettostromimport 2014: 13,5 %, das sind ca. 10 TWh/Jahr

Dieser Strom stammt zu einem großen Teil aus Kohle- und Atomkraftwerken und ist somit nicht nur mit hohen CO₂ Emissionen sondern auch mit der Erzeugung von radioaktivem Abfall verbunden. Mit der Tatsache, dass neue Stromheizungen die Abschaltung der ineffizienten Kraftwerke (keine Fernwärmeauskopplung) verhindern, muss der Primärenergieaufwand somit mit ca. 3 (kWh/kWh) angesetzt werden.

Schlussfolgerung: Für die Bewertung der Beheizung mit Strom (auch Wärmepumpe) durch Energieberatung sowie die Erarbeitung von Empfehlungen sollten Primärenergie- und CO₂-Konversionsfaktoren verwendet werden, die den tatsächlichen Verhältnissen in der Betriebszeit entsprechen und die auch die Effektivität durch Veränderungen der Stromnachfrage berücksichtigen.

Nutzung der eigenen Photovoltaikanlage

Aus der eigenen PV-Anlage ist in den Wintermonaten ein monatlicher Ertrag von etwa 30 kWh/kWp zu erwarten, mit einer 5 kWp Anlage (ca. 40 m²) kann in der Zeit also nicht einmal der Haushaltsstrombedarf gedeckt werden.

Schlussfolgerung: Heizen mit PV-Strom vom Hausdach ist damit auch mit üblichen Batteriespeicherung nicht realistisch.

Mögliche Einsparung durch Senkung der Raumtemperatur

Eine ganze Reihe von Heizsystemen arbeitet mit Wärmeabgabeflächen, die einen relativ hohen Strahlungsanteil aufweisen. Elektro-Direktheizungen sind hier nicht gesondert hervorzuheben.

Die Argumentation der Anbieter: Durch die gerichtete Wärmestrahlung auf Personen können subjektiv angenehme Konditionen bei niedrigeren Luft-Temperaturen erreicht werden, wodurch die Innenraumlufttemperatur etwa 2 bis 3 Grad kälter gehalten werden kann, was die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste reduziert. Dieser Effekt wird zum Beispiel bei Industriehallen genutzt und kann energiesparend wirken, weil die Innentemperatur niedrig bleiben kann.

In Wohnräumen erreicht die alleinige Beheizung mit elektrischen Paneelen die heute erwarteten Komfortbedingungen nicht. Ohne direkt gefühlte Bestrahlung liegen die Raumtemperaturen deutlich zu niedrig. Die Positionierung und der Abstand der Paneele zu den Personen ist somit ein heikler Punkt. Direkte Bestrahlung ist nur kurzfristig angenehm, da der menschliche Körper Wärme abgeben muss (ebenfalls ca. 49 % Strahlungsanteil!).

Schlussfolgerung: Zur Ermittlung des Energieverbrauchs bei gleichem Komfort muss für Elektro-Direktheizungen mit den üblichen Innentemperaturen gerechnet werden. Werden nur einzelne Gebäudeteile temperiert, so ist das ein bewusster Komfortverzicht („Teilbeheizung“), der nicht in einem betriebswirtschaftlichen Vergleich berücksichtigt werden kann.

Behandlung der „Infrartheizung“ in der Energieberatung

Da es zurzeit noch keine anerkannten Richtlinien für den Einsatz von elektrischen Direktheizungen gibt, sind die Aussagen der Anbieter mit Vorsicht zu behandeln. Für die Dimensionierung wird die normgemäße Heizlastberechnung (EN 12831, ÖNORM H7500-1) als ungeeignet bezeichnet, stattdessen werden meist Heizleistungen pro Quadrat- oder Kubikmeter angegeben, ohne Berücksichtigung von Transmissions- und Lüftungsverlusten. Das direkte Anstrahlen von Fenstern und Außenwänden ist zu vermeiden, da sich dabei sogar erhöhte Wärmeverluste ergeben können.

Da Infrartheizsysteme meist auf einzelnen, individuell schaltbaren Modulen beruhen, kann ihre Heizwirkung kurzfristig ein- beziehungsweise ausgeschaltet werden. Somit könnten gezielt ausgerichtete Strahlungsheizungen, die lediglich für kurze Zeit (z. B. einige Minuten nach dem Duschen aber auch wenig genutzte Ferienhäuser oder einzelne Räume) pro Tag benötigt werden, in Verbindung mit geringeren Lüftungswärmeverlusten, Einsparungen im Vergleich mit konventionellen Heizsystemen, die den Raum durchgehend beheizen, bringen.

Schlussfolgerung: „Infrartheizungen“ sind genauso zu dimensionieren wie andere Heizsysteme und bevorzugt dort einzusetzen, wo kurzzeitige und räumlich begrenzte Wärmezufuhr von Vorteil ist. Zu beachten sind: erforderliche Leistung, Fläche, Anzahl der Paneele, Oberflächentemperaturen, genaue Berechnung der Raumheizlasten.

12.10. Eigenstromerzeugung und Stromeinspeisung mit Photovoltaik

Um diese Frage im Rahmen einer Beratung zu beantworten, können Sie folgende Grobabschätzung gemeinsam mit dem Beratungskunden vornehmen.

- 70 % des Jahresertrags werden in unseren Breiten im Sommerhalbjahr (April - September) erzielt. Im Dezember trifft nur 20 % der Strahlung eines guten Sommermonats auf die Module.
- Die Jahressumme der Globalstrahlung liegt in Österreich je nach Region zwischen 900 und 1300 kWh/m²a, 1050 bis 1100 kWh/m²a kann als Globalstrahlung in den meisten Tieflagen in Österreich angenommen werden.
- Bei netzparallelen Anlagen mit kristallinem Silizium und guter Ausrichtung wird eine elektrische Ausbeute von ca. 1000 kWh/kWp erreicht. Für 1 kWp installierte Leistung wird eine Fläche von ca. 7 bis 8 m² benötigt (bei kristallinen Silizium-Modulen).

Tabelle 12-5: Ertragsrechnung für eine PV - Anlage

Parameter für die Berechnung	Beispiel ⁴⁹	Hinweis
Globalstrahlung [kWh/m ² a]	1.050	Referenzstandort wählen (Tabelle 4-4)
Ausrichtung und Dachneigung [-]	0,95	Anteil der Einstrahlung vom Optimum (Tabelle 12-6)
Beschattung [-]	0,9	1: keine, 0,9: leicht, 0,8: mäßig
Wirkungsgrad (Modulart) [-]	0,13	Monokristallin/Polykristallin/Dünnschicht
Modulfläche [m ²]	32	Gewählte PV-Modulfläche
Stromertrag PV [kWh/a]	3.789	Produkt der ersten bis fünften Zeile
Strombedarf Haushalt [kWh/a]	4.000	Stromrechnung
Strompreis [€/kWh]	0,2	Stromrechnung
Eigenbedarfsdeckung [-]	0,3	Zuordnung Faktor: 0,3 - 0,5 (Tabelle 12-8)
Eigenbedarfsdeckung [kWh/a]	1.200	Strombedarf mal Faktor 0,3
Ertrag Eigenstrom [€/a]	240	Stromertrag – Eigenbedarf gedeckt
Stromeinspeisung [kWh/a]	2.589	Stromertrag - Eigenbedarfsdeckung
Einspeisevergütung [€/kWh]	0,08	Durchschnittlicher Wert in Österreich
Ertrag Stromeinspeisung [€/a]	180	
Gesamtertrag [€/a]	420	
Anschaffungskosten [€] inkl. MwSt.	8.000	Richtwert: 2.000 €/kWp (Tabelle 11-4)
Förderung [€]	1.500	z.B. Klima und Energiefonds (375 Euro/kWp)
Amortisation statisch [a]	15,5	(Anschaffungskosten - Förderung)/Ertrag pro Jahr

- Im Mittel können etwa 30 % des Ertrags in einem Haushalt selbst genutzt werden. Dieser Anteil kann durch geeignete Steuerungsmaßnahmen und zusätzliche Speichermöglichkeiten auf bis zu über 50 % gesteigert werden. Eine Wirtschaftlichkeit derartiger Maßnahmen ist selten gegeben.
- Für genaue Berechnungen steht eine steigende Anzahl von Online-Tools zur Verfügung.⁵⁰

⁴⁹ Typische Anlage für Einfamilienhäuser

⁵⁰ www.pvaustria.at/daten-fakten/technologie/pv-auslegung/

Tabelle 12-6: Relativer jährlicher Ertrag von Photovoltaikanlagen in Prozent⁵¹

Neigung	Himmelsrichtung				
	Süd	Südost / Südwest	Ost / West	Nordost / Nordwest	Nord
0	100	100	100	100	100
30	115	110	95	90	70
60	105	100	80	55	40
90	80	75	55	35	20

Tabelle 12-7: System-Wirkungsgrade von PV Anlagen

Modulart	Wirkungsgrad (%)	Spezifischer Ertrag (kW _p /m ²)
Monokristalline Photovoltaik Module	15	0,16
Polykristalline Photovoltaik Module	13	0,14
Dünnschichtzellen	7	0,08

Die Tabellenwerte berücksichtigen einen Wirkungsgrad von 95 % für den Wechselrichter (5 % Verluste).

Tabelle 12-8: Abschätzung der Eigenbedarfsdeckung durch eine PV Anlage

Einsatzmöglichkeiten von PV zur Deckung des Strombedarfs	Eigenbedarfdeckungsgrad (%)
Eigenbedarfsdeckung bei 3 kWp PV Anlage ohne weitere Maßnahmen	30
Mögliche Einbindung bei optimalem Lastmanagement	Zusätzliche Deckung
Waschmaschine (Zeitsteuerung) 70 %	3
Geschirrspüler (Zeitsteuerung) 70 %	3
Trockner (Zeitsteuerung) 70 %	5
Gefrieren (Gezieltes Kühlen tagsüber, weniger Strombedarf nachts) 50 %	1
E-Fahrrad	bis 5
E-Auto	bis 20
Batterie (3 kWh)	15-20

Hinweis: Die Anschaffung einer Batterie ist derzeit nicht wirtschaftlich. Im Beispiel in **Tabelle 12-8** ergeben sich Stromkosten von ca. 0,40 – 0,60 €/kWh über die Lebensdauer der Batterie. Das könnte sich in den nächsten Jahren durch niedrigere Einspeisetarife bei steigenden Strompreisen, gezielte Förderungen oder neue billige Produkte („Tesla Powerwall“, angekündigt um \$ 3.500,- für 10 kWh) ändern.

⁵¹ <http://www.photovoltaik-web.de/dacheignung/dachneigung.html>

Beispiel 12-8: Wirtschaftlichkeit der PV Anlage aus Tabelle 12-5

Einspeiseerlös: $3789 \text{ kWh} \cdot 0,7 \cdot 0,08 \text{ €/kWh} = 212 \text{ €/a}$

Einsparung: $3789 \text{ kWh} \cdot 0,3 \cdot 0,18 \text{ €/kWh} = 205 \text{ €/a}$

Ertrag: 417 €/a

Amortisation statisch: $6.500 \text{ €} / 417 \text{ €/a} = 15,5 \text{ Jahre}$

Amortisation dynamisch mit 2 % Verzinsung (Eigenkapital) und 15 (20) Jahren Nutzungsdauer: $a = 0,078$ (0,061):

$6.500 \cdot 0,078$ (0,061) = € 507,- (€ 397,-) pro Jahr

Im Vergleich zum Sparbuch rechnet sich die Anlage bei gleichbleibenden Energiepreisen nur, wenn sie annähernd 20 Jahre betrieben werden kann.

12.11. Thermische Solaranlage oder PV + Wärmepumpe zur Brauchwassererwärmung

Der Ersatz ineffizienter Heizanlagen (Nutzungsgrad im Sommer wegen geringer Einschaltzeiten und hohen Bereitschaftsverlusten nur ca. 70 % des Wertes im Winter, **Tabelle 9-5**) zur sommerlichen Warmwasserbereitung war das erste Einsatzgebiet thermischer Solaranlagen vor ca. 40 Jahren. Deren Wirtschaftlichkeit muss heute unter neuen Gesichtspunkten betrachtet werden:

- Bessere Heizanlagen (Dimensionierung, Dämmung, Kesseltemperaturen)
- Erneuerbare Alternative durch effiziente Hackgut- und Pelletheizungen
- Geringere Personendichte / Familiengröße und damit geringerer Warmwasserverbrauch
- Effiziente Waschmaschinen und Geschirrspüler mit Wärmerückgewinnung machen den Betrieb mit Warmwasser wirtschaftlich uninteressant und haben sich nicht durchgesetzt
- Der sommerliche Warmwasserverbrauch wird prinzipiell meistens überschätzt (um bis zu 100 %), wenn mit einem Jahresdurchschnittswert gerechnet wird (Abwesenheit durch Urlaub, geringeres Wärmebedürfnis)
- Angebot effizienter Brauchwasserwärmepumpen

In der Energieberatung wird immer öfter gefragt, ob die Kombination einer Wärmepumpe mit einer eigenen Photovoltaikanlage wirtschaftlicher für die Warmwasserbereitung ist als eine thermische Solaranlage. Da beide Technologien ausschließlich mit erneuerbarer (kostenloser) Energie betrieben werden (allerdings ca. 6 % Pumpenstrom für eine Solaranlage), muss die Entscheidung ausschließlich über eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit erfolgen. Dabei ergeben sich die folgenden Überlegungen:

- Energieüberschüsse im Sommer können von der PV Anlage eingespeist werden, für die thermische Solaranlage senken sie den Nutzungsgrad.
- Zur Nutzung als Zusatz- oder Alleinheizung in der Übergangszeit (März-April sowie September-Oktober) sind beide Systeme geeignet, es müssen die entsprechenden Möglichkeiten (Abstimmung des Gesamtsystems geschaffen werden. Für die thermische Solaranlage ist ein effizienter Parallelbetrieb mit einem Heizkessel deutlich problematischer (Steuerung, Temperaturschichtung im Speicher).
- Der Nutzungsgrad der thermischen Wärmeerzeugung sinkt im Winter sehr schnell ab, der Wirkungsgrad einer Photovoltaikanlage steigt mit sinkender Temperatur.

- Eine komplette Eigenversorgung ist mit thermischen Kollektoren nur mit hohem Aufwand (Saisonspeicher) und niedrigem Nutzungsgrad (Sommerüberschüsse, Speicherverluste) erreichbar, eine PV Anlage kann beliebig groß sein, da Überschüsse eingespeist werden können.

Beispiel 12-9: Vergleich PV / Wärmepumpe und thermische Solaranlage Anlage

Ausgangssituation: Beispiele 9-1 und 9-2, Tabelle 12-5

Zeitraum: Mai-September, ca. 65 % der Globalstrahlung, mittlerer Lagefaktor: 1,0 $\eta_{PV} = 10 \%$

Energiebedarf: 3.000 kWh

Einsparung Solaranlage = € 260,- Jahr

Ungefähre Kosten (mit Speicher): € 6.000,-

K/N = ca. 23 (Jahre)

Strombedarf Wärmepumpe ($\beta = 2,8$): $3.000 / 2,8 = ca. 1.700 kWh$

*Energieertrag PV (Tabelle 4-4 und Tabelle 4-6): $1.105 * 0,65 * 1,0 * 0,1 * 32 = 2.300 kWh$*

Dieser Energieertrag kann zu 100 % im Haushalt im Haushalt genutzt werden, rechnerisch kann die Wärmepumpe (gut steuerbar, daher sinnvolle Strategie zur Eigennutzung) komplett mit Eigenstrom betrieben werden.

Einsparung PV = € 300,- pro Jahr

Ungefähre Kosten L/ W Wärmepumpe (mit Speicher): € 4.000,-

Anteilige Kosten PV Anlage: € 3.000,-

K/N = ca. 23 Jahre

Das Ergebnis zeigt in erster Näherung eine ähnliche Situation. Ein seriöser Vergleich der beiden Technologien ist nur mit genauer Kalkulation und Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen möglich.

12.12. Ökologischer Vergleich von Heizsystemen

Einen ökologischen Vergleich kann man auf drei Ebenen versuchen:

- **Primärenergieaufwand:** Berücksichtigt alle Verluste (umgerechnet in % des Energieinhaltes) im Produktionssystem eines Energieträgers von der Prospektion (z.B. Suche nach neuen Öl- und Gasvorkommen) über die Förderung, den Transport, die Veredelung zum handelbaren Endenergieträger.
- **Schadstoffemissionen in der Nutzung:** Vergleicht Energieversorgungsanlagen anhand der bei der Verbrennung entstehenden traditionellen Schadstoffe (z.B. über eine Gewichtung, die sich an Vorgaben zur maximal zulässigen Konzentration an Arbeitsplätzen orientiert). Für die fossile Stromerzeugung können diese Emissionen mitberücksichtigt werden. Zu diesen Schadstoffen zählen Stickoxide (aus Stickstoff in Brennstoffen und aus der Luft), Schwefeldioxid (Kohle und schwere Heizölsorten) sowie Staub und Schwermetalle.
- **Emission von Treibhausgasen:** Bei der Verbrennung von Kohlenstoff (Biomasse und fossile Energieträger) entsteht CO_2 , das als menschliche Ursache der beobachteten Verstärkung des Treibhauseffektes (Anstieg der atmosphärischen CO_2 -Konzentration auf inzwischen über 400 ppm oder 0,04 %). Mit CH_4 wird ein weiteres Treibhausgas in der Förderung und Verteilung (Leckagen) fossiler Brennstoffe emittiert.

- **Ökologischer Fußabdruck:** Fiktive Fläche in gha (global hectares, produktive Landfläche im globalen Durchschnitt), die eine Einheit (z.B. eine Person) benötigen würde, um alle benötigten Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen (im Hintergrund sehr stark mit den Algorithmen zur Ermittlung von Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen verknüpft). Ein großer Unterschied ergibt sich in den online verfügbaren Berechnungsprogrammen in der Berechnung des Flächenverbrauchs von fossilen Energieträgern. Nur ein an der TU Graz entwickeltes Programm geht von der Fähigkeit der Erde aus, Kohlenstoff zu re-mineralisieren, ein Prozess, der um ein Vielfaches langsamer abläuft, als die derzeitigen Emissionen.⁵² In **Tabelle 12-11** sind die entsprechenden Rechenwerte zusammengefasst.

In den folgenden Tabellen sind zwei Versuche zusammengefasst welche eine relative Beurteilung von Wärme- und Stromversorgungsanlagen mit physikalisch und technisch begründeten, am Ort der Entstehung allerdings fiktiven, Werten ermöglichen. **Tabelle 12-9** ermittelt jenes Luftvolumen in m³, mit dem das Abgas zur Erzeugung von 1 kWh Nutzenergie verdünnt werden müsste, um für jeden enthaltenen Schadstoff die maximal zulässige Konzentration am Arbeitsplatz zu unterschreiten (Kombinationseffekte von Schadstoffen sowie CO₂ sind dabei nicht berücksichtigt).

Die folgenden Schadstoffe wurden in die Bewertung aufgenommen: SO₂, NO₂, CO, Staub, F, Cl, HCHO, Pb, Cd, aromatische Kohlenwasserstoffe (Verwendung von Mittelwerten).

Tabelle 12-9: Relative Emissionskennzahlen von Heizsystemen (Spitzer, 1988)

Energieträger	Wärmeversorgungsanlage				
	Einzelofen	Etagenheizung	Zentralheizung	Fernwärme	
				Kleine FW	Große FW
Scheitholz (Altanlage, Durchbrand)	241	159	138	---	---
Scheitholz (Neuanlage, Untenabbrand)	139	102	94,5	---	---
Hackgut (Altanlage, Vorofen)	---	---	28,9	---	---
Hackgut (Neuanlage, Retorte)	---	---	9,1	12,3	---
Steinkohle (0,6% Schwefel)	322	250	178	---	8,9
Braunkohle (0,5% Schwefel)	174	144	98,3	41,9	---
Briketts (0,3% Schwefel)	161	132	89	---	---
Koks (0,6% Schwefel)	53,9	50,7	46	---	---
Heizöl	0,1% Schwefel	3,6	2,7	2,8	---
	0,5% Schwefel	---	---	---	9,1
	1% Schwefel	---	---	---	---
Erdgas	1,3	1,3	1,5	1,7	0,5
Strom-Direktheizung	Alte Kraftwerke	49	---	---	---
	Moderne Kraftwerke	18,8	---	---	---
Strom-Wärmepumpe	Alte Kraftwerke	---	---	49	---
	Moderne Kraftwerke	---	---	18,8	---
	Mit Spitzenlastkessel Heizöl 0,1% ^{*)}	---	---	30,5	---
Erdgas – BHKW – Motor	---	---	---	4,3	---
Erdgas – BHKW – SK	---	---	---	1,6	---

^{*)} Deckungsgrad der Wärmepumpe: 60 %

Kleine FW: kleine Fernwärmenetze zur Ortsversorgung

Große FW: große Fernwärmenetze mit Heizwerk oder Heizkraftwerk

Mit **Tabelle 12-10** wurde in Vorarlberg versucht, neben dem Primärenergieaufwand, einen Emissionsfaktor zu definieren, der die Schadstoffe aus **Tabelle 12-9** mit den CO₂-Emissionen kombiniert. So sind vier Klassen von

⁵² www.fussabdrucksrechner.at

Heizsystemen entstanden, was eine Qualitative Erstbeurteilung ermöglicht. In diesem Fall wird zwar für Biomasse ein Bereitstellungsaufwand von 2-5 % berücksichtigt, die CO₂-Emissionen aber vernachlässigt.

Tabelle 12-10: CO₂ Emissionen und Primärenergieaufwand (Gmeiner H., 1994)

Heizungsart		Emissionsbewertungszahl (Nm ³ /kWh)	CO ₂ Emission (kg/kWh)	Summe ¹⁾ (-)	Emissionsfaktor ²⁾ (-)	Primärenergiefaktor	
Heizöl		3	0,31	34	1,00	1,15	
Erdgas / Flüssiggas		2	0,20	22		1,09	
Hackgut		10	0,00	10		1,02	
Pellets		5	0,00	5		1,05	
KWK Erdgas		4	0,12	16		1,09	
Strom	Winter	15	0,34	49		3,00	
	Sommer	4	0,10	14		1,00	
	Mittelwert	10	0,24	34		2,20	
Scheitholz zentral		95	0,00	95		1,05	1,02
Koks		50	0,44	94			1,10
Scheitholz Einzelofen		140	0,00	140	1,10	1,02	
Braunkohle zentral		100	0,36	136		1,08	
Braunkohle Einzelofen		175	0,36	211	1,20	1,08	
Steinkohle		180	0,34	214		1,08	

¹⁾ Fiktiver Wert: Emissionsbewertungszahl + 100 * CO₂ Emission

²⁾ Fiktiver Wert zum ökologischen Vergleich von Maßnahmen

Anmerkungen zur CO₂-Neutralität von Biomasse:

- Diese gilt genau nur dann, wenn der Energierohstoff nachhaltig produziert wird. In jedem Fall ist dieses energie- und umweltpolitische Ziel umso leichter zu erreichen, je geringer der Verbrauch von Biomasse ist. Jede Einsparmaßnahme trägt somit zur möglichen CO₂-Neutralität bei.
- In Abhängigkeit von Transportdistanzen (z.B. Holzheizung in Ballungsgebieten) und Verarbeitungstiefe (z.B. Pellets) sind fossile Treibstoffe und Strom nötig, um Biomasse als Energieträger nutzbar zu machen. Besonders hoch ist dieser Zusatzaufwand bei der Bereitstellung von Treibstoffen auf pflanzlicher Basis (z.B. Pflanzenöl, Ethanol, Biogas).

Tabelle 12-11: Fußabdruck und CO₂-Emissionen mit Berücksichtigung der CO₂-Rücklagerung

Energieträger für Heizung und Warmwasser		Fußabdruck (m ² /kWh)	CO ₂ Emission (kg/kWh)
Pellets, Holzbricketts		28,8	0,098
Hackschnitzel		7,9	0,014
Stückholz		2,6	0,009
Solarthermie		23,7	0,105
Fernwärme (Biomasse)		16,1	0,055
Fernwärme (fossil)		65,0	0,395
Erdgas		72,5	0,475
Heizöl		59,8	0,368
Kohle		255,4	1,759
Strom (direkt)	Jahreswert	196,0	0,660
Strom (Wärmepumpe, β=4,0)	Jahreswert	50,4	0,170

13. Neue Themen in der Energieberatung

Immer häufiger werden in der Energieberatung Fragen angesprochen, die auf eine Optimierung des gesamten direkt persönlich beeinflussbaren Energieverbrauchs abzielen. Während für den Strombedarf im Haushalt ähnliche Datenquellen und Vorgehensempfehlungen existieren wie für den Wärmebedarf, ist das für die Handlungsfelder Mobilität und Konsum, mit besonderer Berücksichtigung der Ernährung, entweder erst in Ansätzen möglich oder wird von anderen Beratungsinstitutionen und –initiativen angeboten.

Ganz überschlägig zeigt die folgende Darstellung die relative Bedeutung von Mobilität und Ernährung in einer Gesamtsicht des persönlichen Energiekonsums. Insgesamt werden in diesem Fall ca. 17.000 kWh an Endenergie konsumiert, davon ca. 40 % für die Mobilität, 35 % für die Energieversorgung der Wohnung und 25 % für die Ernährung (inklusive des konsumierten Nährwertes). Umgerechnet auf die benötigte Dauerleistung sind das fast genau 2.000 Watt.

Tabelle 13-1: Beispiel für den privaten Energiekonsum einer typischen Lebensweise

Vergleichsgröße	Heizung + WW	Elektrizität	Auto	Ernährung
	Niedrigenergiehaus, 4 Bewohner, 130 m ² , Erdgas	Typischer Haushalt und Strommix	2 Personen, 20.000 km, 7 lt/100 km	Durchschnitt Österreich + Produktionskette
Nutzenergiebedarf (kWh/Person.Jahr)	1.500	1.000	700	1.400
Endenergieverbrauch (kWh/Person.Jahr)	2.500	3.000	7.000	4.500
Systemnutzungsgrad	60%	30%	10%	30%

In den folgenden Kapiteln wird der Versuch gemacht, erste Informationen für die Energieberatung bereitzustellen und Empfehlungen für den Einsatz zu formulieren.

13.1. Mobilität

13.1.1. Physikalische Grundlagen und Verkehrsmittelwahl

Der Nutzenergiebedarf für Mobilität ist kaum physikalisch beschreibbar. Versucht man, das Zurücklegen eines Weges durch eine Person zugrunde zu legen, können zwei Bezugspunkte gewählt werden: Auf einer ebenen Strecke entsprechen sowohl eine Gehgeschwindigkeit von ca. 6 km/h als auch eine Fahrgeschwindigkeit mit dem Fahrrad von ca. 18 km/h einer Arbeitsleistung von ca. 150 Watt und einem Kalorienverbrauch von ca. 500 kcal/Stunde. Beide Geschwindigkeiten liegen auch in einem flachen Energieminimum und sind somit die für einen Menschen effizientesten Fortbewegungsmöglichkeiten.

Umgerechnet auf einen Kilometer zurückgelegte Distanz bedeutet das für die minimal benötigte Nutzenergie:

Zu Fuß: ca. 25 Wh/km Nutzenergie (physikalischer Energiebedarf) und ca. 100 Wh/km Endenergie („verbrannte Kalorien“)

Mit dem Fahrrad: 8,5 Wh/km Nutzenergie und ca. 32 Wh/km Endenergiebedarf.

Der Nutzungsgrad der Wärmekraftmaschine Mensch beträgt somit, ähnlich wie jener für ein thermisches Kraftwerk ohne Abwärmenutzung, 25-30 %. Das unterstreicht die Bedeutung der Personenabwärme in der Wärmebilanz von Niedrigenergiehäusern.

Tabelle 13-2: Wärmeleistung (Endenergieeinsatz) für Gehen und Radfahren

Fortbewegung	Intensität	Wärmeleistung (W)	Energiebedarf (Wh/Pkm)
Gehen	langsam (2 km/h)	118	59
	mittel (4 km/h)	217	54
	schnell (6 km/h)	372	62
bergauf 5%	5 km/h	547	109
bergauf 10%	5 km/h	993	199
bergab 5%	5 km/h	153	31
bergab 15%	5 km/h	133	27
bergab 25%	5 km/h	232	46
Laufen	4 km/h	700	175
	12 km/h	798	67
	15 km/h	917	61
	20 km/h	1.610	81
Fahrradfahren	10 km/h	197	20
	15 km/h	328	22
	20 km/h	547	27
Autofahren	innerorts	167	7

Im Vergleich zu den oben beschriebenen Werten liegt der Endenergiebedarf für die Fortbewegung in einem PKW mit ca. 160 Wh/km (Elektroauto) bis ca. 500 Wh/km (Kleinwagen) um etwa den Faktor 10 höher.

Für die Berechnung des persönlichen Energieverbrauchs (in weiterer Folge auch der Umweltauswirkungen) sowie den Vergleich verschiedener Mobilitätslösungen sind zwei Einflussbereiche entscheidend:

- **Form der Kraftübertragung und Energieversorgung:** Muskelkraft (Ernährung), Elektromotor (thermische oder erneuerbare Umwandlung), Verbrennungsmotor (fossile oder biogene Treibstoffe).
- **Anzahl der Personen, die ein Verkehrsmittel gleichzeitig nutzen:** Zwischen einer (z.B. Fahrrad, oft auch PKW) bis zu ca. 1.500 (großer Intercity Zug). In diesem Zusammenhang ist vor allem die Auslastung von Interesse (tatsächliche Personenanzahl / maximale Personenanzahl).

Für eine energieeffiziente und nachhaltige Gestaltung der persönlichen Mobilität sind somit vier Grundsätze, in absteigender Priorität, von Bedeutung:

1. Weg durch Entscheidungen im Vorfeld kurz (z.B. Nutzung von Nahversorgung, Wahl des Wohnortes) und selten halten (z.B. Einkaufsplanung, Nutzung von Telekommunikation).
2. Möglichst viele Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurücklegen.
3. Öffentliche Verkehrsmittel mit möglichst vielen anderen Personen gleichzeitig benutzen.
4. Elektrische Antriebe jenen mit Verbrennungsmotoren vorziehen.

13.1.2. Datengrundlagen der Mobilität für die Energieberatung

Während der Energieaufwand für Fahrzeuge, die im eigenen Besitz sind, leicht zu berechnen und auch auf die Anzahl der diese nutzenden Personen aufzuteilen ist, muss für die Bewertung der Nutzung des öffentlichen Verkehrs eine Entscheidung darüber getroffen werden, welcher Anteil einer Person zuzurechnen ist.

In Informationsquellen zum Einfluss des Verkehrs auf den Gesamtenergieverbrauch wird meistens mit einer durchschnittlichen Auslastung der Verkehrsmittel gerechnet. Für die Statistik ist diese Herangehensweise ausreichend, für die Energieberatung hat sie gravierende Nachteile. Es ist z.B. offensichtlich, dass es Sinn macht, einen nicht gut ausgelasteten Regionalbus zu benutzen und somit besser auszulasten. Die Umlegung des durchschnittlichen Wertes auf den zusätzlichen Fahrgast erscheint in diesem Fall nicht zielführend.

In **Tabelle 13-3** wurde eine Spalte angefügt, mit der der zusätzliche Energiebedarf pro Passagier abgeschätzt werden kann, wenn man annimmt, dass das Fahrzeug ohnehin unterwegs sein würde. Für diese Abschätzung

gibt es nur für LKW Daten, die für Vollbeladung einen ca. 20 % höheren Energieverbrauch gegenüber einem leeren Fahrzeug ergeben. Für eine erste Abschätzung wurde dieses Verhältnis auf alle Verkehrsmittel übertragen. Das stimmt annähernd genau nur, wenn man zwei Annahmen trifft: Die relative Zuladung ist etwa gleich große, und die unterschiedlichen Motorenarten und Fahrtwiderstände (Rollwiderstand, Lagerreibung und Luftwiderstand, letzterer ist unabhängig vom Gewicht und dominiert ab Geschwindigkeiten über 80 km/h) werden nicht berücksichtigt. In der Realität wird der tatsächliche Mehraufwand der meisten Verkehrsmittel darunter liegen, außer z.B. ausschließlich im Stadtverkehr (geringe Geschwindigkeit, häufige Beschleunigung).

Tabelle 13-3: Direkter Energieeinsatz von Verkehrsmitteln (Brauner, 2010)

Verkehrsmittel	Direkter Energieeinsatz (kWh/Fkm)	Direkter Energieeinsatz (kWh/Pkm)	Sitzplätze	Mittlere Passagierzahl	Mittlere Auslastung in %	Zusätzlicher Energieeinsatz bei Zustieg (Wh/Pkm)
PKW-normal	0,55	0,46	5	1,2	24	0,028
PKW-sparsam	0,40	0,33	5	1,2	24	0,020
E-Auto	0,18	0,15	5	1,2	24	0,009
Regionalbus	3,60	0,45	40	8	20	0,018
Stadtbus	4,00	0,13	80	30	38	0,010
Stadt-/Regionalbahn	18,00	0,18	500	100	20	0,007
Straßenbahn	10,00	0,25	150	40	27	0,013
U-Bahn	19,00	0,16	600	120	20	0,006
Fernzug	37,00	0,18	700	210	30	0,011
Flugzeug A320-200	35,00	0,33	150	105	70	0,047

Speziell für Einrichtungen des öffentlichen Verkehrs ist oft nur der Gesamtenergieeinsatz (GEV), der alle für den Betrieb und die Infrastruktur nötigen zusätzlichen Energieverbräuche berücksichtigt, bekannt (**Tabelle 13-4**). Dieser ist um einen Faktor von 1,5 bis ca. 4 höher, je nach gewählter Systemgrenze. Für die Energieberatung wurde auf diese Darstellung verzichtet, um im persönlichen Gespräch direkt die selbst beeinflussbaren und Messgrößen zu erörtern.

Beispiel 13-1: Jährlicher Energieverbrauch für Mobilität

Verkehrsmittel	Energieeinsatz (kWh/Pkm)	Zurückgelegte Strecke (km/Jahr)	Direkter Energieeinsatz (kWh/Jahr)	(Zusätzlicher) Energieeinsatz (kWh/Pkm)	Direkter zusätzlicher Energieeinsatz (kWh/Jahr)	Nach Zweitauto-Verzicht (kWh/Jahr)
Zu Fuß	0,025	1.000	25	0,025	25	25
Fahrrad	0,01	1.500	15	0,01	15	15
Moped	0,3	-	-	0,3	-	-
PKW	0,45	10.000	4.500	0,45	4.500	1.350
Regionalbus	0,45	600	270	0,018	11	11
Regionalbahn	0,18	10.000	1.800	0,007	70	35
Straßen-/U-Bahn	0,15	800	120	0,01	8	8
Fernzug	0,18	3.000	540	0,011	33	33
Flugzeug	0,33	8.000	2.640	0,047	376	376
Summe		34.900	9.910		5.038	1.853

Diese Darstellung des direkten Energieeinsatzes (Energiebedarf) zeigt eine typische Situation für jemanden, der täglich mit der Bahn zur Arbeit pendelt (ca. 60 km/Tag) und den PKW meistens alleine nutzt.

Ersetzt diese Person z.B. 5.000 km der PKW Strecken (Verzicht auf das Zweitauto) durch die Regionalbahn und benutzt ein vorhandenes zweites Auto für 5.000 km zu zweit, so kann der Energieverbrauch um ca. 60 % reduziert werden.

Tabelle 13-4: Gesamtenergieverbrauch (GEV) von Mobilitätssystemen

Verkehrsmittel	DEV Fahrzeug (kWh/Fkm)	Besetzungs-Grad	Kapazität (Personen)	Mittlere Auslastung	DEV bei mittlerer Auslastung (kWh/Pkm)	Zusätzlicher DEV bei Zustieg (kWh/Pkm)	GEV (kWh/Pkm)	Zusätzlicher GEV bei Zustieg (kWh/Pkm)
PKW benzin	0,65	1,18	5	24%	0,55	0,03	1,38	0,08
PKW diesel	0,53	1,18	5	24%	0,45	0,03	1,10	0,06
PKW autogas	0,73	1,18	5	24%	0,62	0,04	1,82	0,11
PKW hybrid (benzin)	0,48	1,18	5	24%	0,41	0,02	1,08	0,06
PKW hybrid (diesel)	0,40	1,18	5	24%	0,34	0,02	0,88	0,05
PKW elektrisch	0,20	1,18	5	24%	0,17	0,01	0,53	0,03
Kleinbus (bis 3,5t)	1,12	7	13	54%	0,16	0,02	0,37	0,04
Motorrad	~	k.a.	2	k.a.	k.a.	~	0,50	~
Motorroller/Scooter	0,28	1,10	2	55%	0,26	0,06	0,44	0,10
Elektromoped	0,04	1,10	2	55%	0,04	0,01	0,12	0,03
e-Scooter	0,03	1,10	2	55%	0,03	0,01	0,15	0,03
e-Bike	0,01	1	1	100%	0,01	~	0,09	~
Fahrrad	0,02	1	1	~	0,02	~	0,02	~
zu Fuss	0,06	1	1	~	0,06	~	0,06	~
Sammeltaxi	1,12	7	13	54%	0,16	0,02	0,37	0,04
Linienbus (ÖV stadt)	~	k.a.	100	k.a.	k.a.	~	0,13	~
Reisebus	3,0	21	50	42%	0,14	0,01	0,24	0,02
Strassenbahn	~	k.a.	140	k.a.	k.a.	~	0,08	~
U-Bahn	~	k.a.	600	k.a.	k.a.	~	0,02	~
S-Bahn	~	k.a.	250	k.a.	k.a.	~	0,04	~
Zug (regional)	7,9	95	271	35%	0,08	0,01	0,20	0,01
Zug (intercity)	12	93	309	30%	0,13	0,01	0,34	0,02
Zug (hochgeschwindigkeit)	25	308	669	46%	0,08	0,01	0,30	0,03
Schiff	~	k.a.	k.a.	k.a.	k.a.	~	k.a.	~
Passagierflugzeug Europa	52	98	150	65%	0,53	0,07	0,69	0,09
Passagierflugzeug Interkontinental	107	319	380	84%	0,34	0,06	0,45	0,08

13.2. Ernährung

Der Nutzenergiebedarf für die Ernährung kann von zwei Kennzahlen hergeleitet werden, eine direkt aus der Ernährungslehre (Empfehlung der täglichen Kalorienzufuhr – 2000 kcal + Zusatzbedarf je nach Tätigkeit) und die andere aus dem Energieumsatz des Menschen (Metabolismus = 80 W Grundumsatz + 40 – 120 W je nach Tätigkeit).

Beispiel 13-2: Jährlicher Nutzenergiebedarf für Ernährung bei durchschnittlicher Betätigung

Grundumsatz = 80 W = ca. 1,9 kWh/Tag = 700 kWh/Jahr

Mittlere Aktivität = 80 W, somit mittlerer Gesamtumsatz = 3,8 kWh/Tag = 1400 kWh/Jahr

Tabelle 13-5: Beispielhafte Erhebung des Lebensmittelkonsums

Lebensmittel	Mittlerer Konsum (kg/Woche)	Jährlicher Konsum (kg)	Nährwert (kJ/kg)	Nährwert konsumiert (kWh/Jahr)	Graue Energie Produktion (kWh/kg)	Graue Energie konsumiert (kWh/Jahr)	Energieverbrauch Ernährung (kWh/Jahr)
Getreide, Teigwaren und Pflanzenfette							
Mais	0,1	5,2	15000	22	0,3	2	23
Reis	0,1	5,2	15000	22	1	5	27
Obst und Obstprodukte							
Äpfel	1	52	2200	32	0,3	16	47
Gemüse und Hülsenfrüchte							
Kartoffeln	0,8	41,6	3600	42	0,2	8	50
Tomaten	0,5	26	700	5	2,1	55	60
Bohnen	0,3	15,6	2800	12	0,4	6	18
Milchprodukte und Ei							
Milch	2	104	1950	56	0,7	73	129
Eier	0,2	10,4		0	6,9	72	72
Butter	0,2	10,4	30600	88	5,3	55	144
Fleischprodukte und Fisch							
Wurst	0,3	15,6	10000	43	20	312	355
Schweinfleisch	0,5	26	8000	58	8,8	229	287
Geflügel	0,3	15,6	9000	39	8,3	129	168
Getränke							
Bier	4	208	1700	98	0,8	166	265
Fruchtsaft	10	520	1500	217	1,3	676	893
Wein	0,5	26	3400	25	1,3	34	58
Gebäck und Süßspeisen							
Roggenbrot	1	52	10000	144	1,6	83	228
Kuchen	0,5	26	18000	130	2,5	65	195
Fertigprodukte							
Gesamtmenge	1,5	78	10000	217	3	234	451
Summen	24	1238	143450	1249	65	2220	3469

Dieses Beispiel zeigt die grundsätzliche Richtung für eine „Energieberatung“, welche das Ernährungsverhalten mit einbezieht:

- Fleischprodukte und Getränke verursachen, relativ zu ihrem Beitrag zur Energieversorgung des Körpers (Nährwert / Ernährung) den höchsten Energieverbrauch im Lebensmittelsystem. Die

Reduktion des Fleischkonsums, den Verzicht auf alkoholische und zuckerhaltige Getränke zugunsten des Wassers (Kohlenhydrate kann man über andere Nahrungsmittel zuführen) haben somit auch den größten Effekt.

- Die Verringerung von Transportwegen und der Anzahl von Verarbeitungsschritten ist dort leicht möglich, wo es eine regionale Versorgungsstruktur mit effizienter Logistik gibt. Dabei ist zu bedenken, dass der Energieaufwand für den Individualverkehr in der Beschaffung von Lebensmitteln einen besonders hohen Stellenwert hat (z.B. frische Semmeln mit dem Auto beim Bäcker holen).

Die folgenden Tabellen (Taylor, 2000) geben einen Überblick über Rechenwerte üblicher Lebensmittel und ermöglichen so eine erste Orientierung in diesem Themenbereich aus der Sicht des Energieverbrauchs. Für die tatsächliche Integration des Themas in eine Energieberatung gibt es derzeit noch kaum Beispiele. Die Wahrscheinlichkeit ist aber groß, dass Fragen der Rohstoff- und Energieeffizienz (z.B. Verringerung der Lebensmittelabfälle) der Lebensmittelversorgung in den nächsten Jahren stärker in das Bewusstsein dringen werden.

Tabelle 13-6: Kennwerte Getreide, Teigwaren und Pflanzenfette (Taylor, 2000)

Getreide, Teigwaren und Pflanzenfette	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Weizenmehl	14000	0,8	280
Haferflocken	14000	1,2	410
Vollgetreide	13000	0,6	230
Mais	15000	0,3	130
Reis	15000	1,0	4140
Reis verarbeitet	15000	7,4	11230
Teigwaren	15000	1,1	360
Margarine	22000	1,4	360
Rapsöl	30000	1,7	540

Tabelle 13-7: Kennwerte Obst und Obstprodukte (Taylor, 2000)

Obst und Obstprodukte	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Erdbeeren	1350	0,5	110
Kirschen	2640	0,8	210
Zwetschgen	1930	0,4	120
Weintrauben	2900	0,7	170
Äpfel	2200	0,3	60
Orangen	2000	0,7	180
Trockenobst	10000	7,3	2340
Kompott	3000	1,6	500

Tabelle 13-8: Kennwerte Gemüse und Hülsenfrüchte (Taylor, 2000)

Gemüse und Hülsenfrüchte	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Tomaten Feiland	700	0,1	90
Treibhaus	700	4,7	1570
Blumenkohl	1000	0,6	180
Broccoli	1500	0,4	120
Kohl	1100	0,2	40
Karotten	1500	0,2	70
Rote Rüben	1100	0,1	30
Spargel	800	1,6	430
Zwiebel	1700	0,3	90
Lauch	1300	0,7	190
Salat	800	0,2	50
Kartoffeln	3600	0,2	50
Spinat	1000	0,4	110
Sellerie	750	0,3	80
Bohnen	2800	0,4	80
Erbsen	3500	0,3	80
Soja	6150	0,5	120

Tabelle 13-9: Kennwerte Milchprodukte und Ei (Taylor, 2000)

Milchprodukte und Ei	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Mittelwert Milchprodukte	3000	0,9	780
Milch	1950	0,7	550
Joghurt, Buttermilch	2500	1,1	890
Sahne, Kondensmilch	12500	3,3	2770
Käse	15000	8,0	6640
Topfen	4000	2,0	1660
Butter	30600	5,3	4430
Ei	6800	6,9	2470

Tabelle 13-10: Kennwerte Fleisch und Fleischprodukte (Taylor, 2000)

Fleisch- und Fischprodukte	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Kochwurst	10000	13,9	8000
Rohwurst	12000	38,9	14190
Schinken	8000	22,9	6430
Rindfleisch	8800	15,7	10690
Kalbfleisch	8200	14,3	4540
Schweinefleisch	8000	8,8	3120
Geflügel	9000	8,3	2920
Zuchtforelle	6300	4,3	1250
Fischkonserve	8000	4,6	1330

Tabelle 13-11: Kennwerte Getränke (Taylor, 2000)

Getränke	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Obstsaft	1.500	1,3	410
Multivitaminensaft	2.000	1,6	490
Gemüsesaft	100	1,1	430
Fruchtsaftnektar	2.200	1,4	430
Multivitaminnektar	2.000	1,6	510
Diätnektar	200	1,0	330
Limonade	1.500	1,0	320
Wein, Sekt	3.400	1,3	430
Bier	1.700	0,8	350
Spirituosen	10.000	5,1	2.770
Mineralwasser	0	0,2	50
Kaffee	50	1,0	360
Tee	100	0,7	260

Tabelle 13-12: Kennwerte Gebäck und Süßspeisen (Taylor, 2000)

Gebäck und Süßspeisen	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Roggenbrot	10000	1,6	470
Weizenbrot	10000	1,7	490
Kuchen	18000	2,5	850
Torte	14000	2,4	980
Salzgebäck	12000	5,2	1430
Keks	18000	2,2	690
Knäckebrot	15000	5,1	1400
Eis	9000	2,3	680
Zuckerln	17000	5,1	1530
Zucker	17000	4,2	1310
Marmelade	8000	4,1	1160

Tabelle 13-13: Kennwerte Fertigprodukte (Taylor, 2000)

Fertigprodukte	Nährwert (kJ/kg)	Primärenergie und Emissionen (pro kg Produkt)	
		PE (kWh)	CO ₂ (g)
Kartoffelpüree	15000	8,4	2500
Pizza ohne Fleisch	7000	3,1	1050
Pizza mit Fleisch	9000	5,4	2180
Suppe ohne Fleisch	1500	0,1	30
Suppe mit Fleisch	2500	3,8	1720
Eintopf ohne Fleisch	2500	0,1	40
Eintopf mit Fleisch	3000	1,7	740
Soße	8000	0,2	80
Feinkostsalat ohne Fleisch	3000	1,2	340
Feinkostsalat mit Fleisch	2500	19,2	8620
Salatdressing	10000	1,6	540
Mayonnaise	30000	5,0	1470
Sauerkraut	600	0,8	190
Sauergemüse	600	8,8	2910
Tofu	3000	10,1	5270

14. Ausgangssituation und Projektabwicklung

14.1. Das Original aus dem Jahr 1989: HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

Das ursprüngliche HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER stützte sich auf einen Prototyp, den DI Arch. Konrad Frey 1981 verfasst und immer wieder ergänzt hat (Frey, 1981). Die siebenjährigen Erfahrungen mit dessen Anwendung durch die Energieberatungsstelle beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung sowie neuester Erkenntnisse aus der Energieberatung sowie der physikalisch-technischen Beschreibung von Baukörper und Wärmeversorgung in Österreich, der Schweiz und Deutschland sind verarbeitet worden. Die Autoren waren in den späten 70er-Jahren am Aufbau einer Energieberatung in der Steiermark maßgeblich beteiligt und haben u.a. Sanierungsprojekte, wie das von der Wohnbauforschung und dem Land Steiermark geförderte Forschungsprojekt „Kritische Erprobung von Energiesanierung an Altbaubauten“, durchgeführt.

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER wurde in der Zeit von September 1986 bis Dezember 1988 am Institut für Energieforschung im JOANNEUM RESEARCH mit Förderungsmitteln der Wohnbauforschung des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Angelegenheiten erstellt. Es wurde angestrebt, im nunmehr vorliegenden Werk den international letztgültigen Erkenntnisstand zu verarbeiten. Eine zweckmäßige Gliederung der Vorgangsweise bei der Beratung, sowie gewisse Rechenmethoden sind neu entwickelt worden.

In den Jahren danach sind einige punktuelle Aktualisierungen durchgeführt worden (z.B. Anpassung der Preise und Kosten). Im Jahr 2004 wurde das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER allen Nutzern und Nutzerinnen kostenlos zur Verfügung gestellt und in weiterer Folge vom Institut für Energieforschung nicht mehr bearbeitet. Einige der mit Energieberatung betrauten Organisationen haben laufend für den eigenen Gebrauch einzelne Datenblätter aktualisiert und ergänzt.

14.1.1. Zielsetzung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER ist eine Sammlung von Berechnungshilfen und technisch/betriebswirtschaftlichen Daten zu allen Faktoren, die die Wärmeversorgung von Gebäuden bestimmen. Es gestattet energiewirtschaftliche Berechnungen zur Bautechnik und Heizungstechnik von Alt- und Neubauten unter Berücksichtigung des Benutzerverhaltens. Die dazu notwendigen Investitionskosten wurden in Zusammenarbeit mit allen Innungen ermittelt und firmenunabhängig angegeben. Der durch Energieeinsparung erzielbare Nutzen kann somit in guter Näherung abgeschätzt werden.

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER ermöglicht es einem Nutzer und einer Nutzerin mit gewissen Grundkenntnissen in der Bau- und Heizungstechnik,

- Berechnungen zur Wärmeversorgung von Gebäuden bis zu etwa 100 kW Heizlast durchzuführen,
- Altbauten zu beurteilen und Verbesserungsvorschläge mit Kosten und Nutzen zu machen, sowie
- für Neubauten Ausführungsvarianten vorzuschlagen und diese mit Kosten und Nutzen zu belegen und zu vergleichen.

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER richtete sich nicht nur an Personen und Organisationen, die Energieberatung durchführen, sondern grundsätzlich an alle Personen und Organisationen, die mit Planung und Abwicklung von Neubauten bzw. Altbauberesserungen befasst sind. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Benutzung sind gewisse Grundkenntnisse der Bau- und Heizungstechnik. Auch aus diesem Grund entwickelte sich das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER zu einer Grundlage für die Ausbildung von Energieberatern und Energieberaterinnen.

14.1.2. Einsatzbereich und Grenzen des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER war angelegt für Wohnnutzung in kleineren Gebäuden (bis zu ca. 20 Wohneinheiten), das hieß:

- Benötigte Heizleistung ≤ 100 kW, einfache Konzepte der Wärmeteilung und Regelung
- Fensterlüftung, keine Kühlung, keine Abwärmenutzung, keine Wärmerückgewinnung
- Personendichte $20\text{-}25$ m² pro Person, Innentemperatur in der Heizperiode (T_i) ~ 20 °C
- Heizmittelpreise/Tarife, Anlagen- und Baukosten für kleine, private Verbraucher
- Für den Wohnbau übliche Bauweise, Geräteausstattung und Beleuchtung entsprechend Wohnnutzung

In **Tabelle 14-1** sind für mehrere Nutzungsarten von Gebäuden typische Abweichungen gegenüber der Wohnnutzung in kleineren Gebäuden zusammengestellt und nach der Behandlung der einzelnen Bereiche im Handbuch geordnet. Ein Kreis bedeutet jeweils, dass die entsprechende Gebäudeart bezüglich dieses Bereiches Abweichungen aufweist.

Tabelle 14-1: Typische Abweichungen anderer Nutzungstypen (Frey, 1981)

Typische Abweichung bei anderen Nutzungen	Großes MFH	Verwaltungsgebäude	Geschäftshäuser	Hotels und Gaststätten	Unterrichtsgebäude	Theater und Kirchen	Krankenhaus	Werkstätten	Schwimmbäder
Energiekennzahl		○	○	○	○	○	○	○	○
Benutzungszeiten		○	○	○	○	○	○	○	○
Heizgrenztemperatur						○	○	○	○
Raumtemperaturen – Betriebsniveau		○	○			○	○	○	○
– Absenkung – Nacht		○	○	○	○	○	○	○	○
– Wochenende		○	○		○	○		○	
– Aufwendige Regelung			○	○	○		○		○
Lüftung – Anzahl Personen		○	○	○	○	○	○	○	○
– Schadstoffanfall			○	○		○	○	○	○
– Entfeuchtung				○		○	○		○
– Strömungsverhältnisse im Gebäude	○	○	○	○	○	○	○	○	○
– mechanische Lüftung		○	○	○		○	○	○	○
Fremdwärme – Personen -Anzahl		○	○	○	○	○	○	○	○
– Geräte, Maschinen, Beleuchtung		○	○	○	○	○	○	○	○
Abwärmenutzung/Wärmerückgewinnung			○	○		○		○	○
Kühlenergie			○	○		○			
Warmwasserbedarf		○	○	○	○	○	○	○	○
Energieverbrauch für Geräte, Maschinen, Beleuchtung		○	○	○		○		○	○
Einfluß der Wärmeverteilung und Regelung	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Nutzungsgrade des Heiz- und BW-Systems							○	○	○
Fachkundige Betreuung der Heizanlage nötig	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Heizmittelkosten (Rabatte, höhere, niedrigere Tarife)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Bau- u. Anlagenkosten (aufwendige o. rationellere Bauweise)	○	○	○	○	○	○	○	○	○

14.1.3. Verständnis der Energieberatung im HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

Die Autoren sahen das Ziel der individuellen Energieberatung darin, in Summe Energieeinsparungen in einer volkswirtschaftlich messbaren Größenordnung herbeizuführen. Um bei Kunden und Kundinnen die Schwelle zur Realisierung zu überwinden, muss die Energieberatung auf jeden speziellen Fall eingehen, dabei

insbesondere die Wirtschaftlichkeit verschiedener Investitionen bewerten und vergleichen können, und dies mit so geringem zeitlichen Aufwand wie möglich.

Energieberatung ist nach Meinung der Autoren erst dann erfolgreich, wenn mit individuellen und überzeugenden Informationen die Inangriffnahme von energiesparenden Maßnahmen durch den Beratenen eingeleitet wird. Ergebnisse der Beratung sollten dem Beratenen in Form eines Protokolls mitgegeben werden, dem er die für seinen Fall empfohlenen Maßnahmen mit Kosten und Nutzen in Schilling⁵³ entnehmen kann. Dieses Protokoll ist Grundlage für Detailprojektierung und Angebotslegung durch Fachfirmen und kann dem Berater und der Beraterin für statistische Zwecke dienen. Um diese hohen Ansprüche zu befriedigen, muss die Energieberatung allmählich das Niveau einer hochwertigen Dienstleistung erlangen. Neben geeigneten Arbeitshilfen sind dafür Fachkompetenz und psychologische Eignung der Berater Voraussetzung.

14.1.4. Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER als Werkzeug

Eine Energieberatung, die eine Abschätzung des Nutzens von Verbesserungsmaßnahmen und den Vergleich von Ausführungsvarianten ermöglicht, basiert immer auf einer Ermittlung des Energiebedarfes eines Gebäudes und des Ausmaßes seiner Veränderung durch bestimmte Maßnahmen. Für die Analyse und Prognose des Energiebedarfs von Gebäuden werden im Wesentlichen zwei Strategien angewendet:

- Die einfache Strategie stützt sich in der Regel auf die Berechnung des Jahresenergiebedarfs mittels einfacher Kennzahlen und Faustwerte (damals z.B. der Heizlast und der Hilfsgröße Vollbenutzungsstunden). Diese Methode berücksichtigt Fremdwärmegewinne pauschal, wobei individuelle Unterschiede bei Bausubstanz, Wärmeversorgung und Benutzerverhalten nicht berücksichtigt werden. Dies ergibt Werte für die Prognose von Einsparungen, die im Allgemeinen von der Wirklichkeit allzu weit abweichen.
- In der aufwendigeren Strategie wird der Jahresenergiebedarf über eine Wärmebilanz mit Hilfe von umfangreichen Rechenprogrammen ermittelt. Erst mit einer Wärmebilanz können das Zusammenwirken von Baukörper und Wärmeversorgung berücksichtigt und die Fremdwärmegewinne ermittelt werden. Viele der hierfür einzugebenden Daten sind im Allgemeinen nicht verfügbar oder nicht wirklichkeitsnah anzugeben und die Berechnung ist zeitaufwendig.

Es war daher das Ziel der Autoren, eine Strategie anzubieten, die zwischen diesen Extremen angesiedelt ist. Für grobe Abschätzungen sollte weiterhin die Methode der Vollbenutzungsstunden verwendet werden. Wo für Investitionsentscheidungen genauere Prognosen erforderlich sind, werden vereinfachte Wärmebilanzrechnungen durchgeführt. Darüber hinaus werden umfangreiche Kosteninformationen bereitgestellt, um aus den Berechnungen konkrete Vorgehensempfehlungen ableiten zu können. Daraus ergibt sich eine gewisse Komplexität und ein gewisser Zeitaufwand, die jedoch nach Auffassung der Autoren nicht vermieden werden können.

Trotz des erforderlichen Tiefganges sollte die Handhabung der Arbeitsunterlagen so einfach wie möglich und der Umfang so gering wie möglich gehalten werden. Hierzu sind in allen Teilen des HANDBUCHES FÜR ENERGIEBERATER wesentliche und zahlreiche Vereinfachungen getroffen worden, die in den Erläuterungen nachvollziehbar dargestellt sind. Die Daten und Rechenverfahren sind auf durchschnittliche, überwiegend auftretende Verhältnisse ausgerichtet. Wie sich aus zahlreichen Testrechnungen ergeben hat, sind die Rechenergebnisse bei Anwendung des HANDBUCHES FÜR ENERGIEBERATER ausreichend genau, um technische und betriebswirtschaftliche Entscheidungen darauf zu begründen.

⁵³ Publikation 1989!

14.1.5. Mitwirkende Personen und Institutionen

Wertvolle Unterstützung bei der Strukturierung des Projektes bzw. bei der Datenermittlung und –korrektur, insbesondere für die Kostendaten (Material und Arbeit), kam dabei von folgenden Institutionen, Firmen und Personen:

Landesinnungen des Baugewerbes: Rauchfangkehrer (Innungsmeister F. Rappold), Baumeister (Innungsmeister R. Paschek), Installateure (Innungsmeister J. Franz), Dachdecker und Spengler (Innungsmeister H. Lintschinger), Zimmerer (J. Löcker)

Öffentliche Energieberatungsstellen: Energiebeauftragter des Landes Steiermark (H. Zankel), Energieberatungsstelle des Landes Steiermark (E. Platzer), Energiesparverein Vorarlberg, Energieverwertungsagentur Wien, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft im Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (F. Schörghuber), Grazer Energieinformation und Kommunale Energiesparagentur, Landesenergieverein Steiermark (G. Ulz), Salzburger Stadtwerke und Energieberatung des Landes Salzburg (E. Six), WIEN ENERGIE

Bildungs- und Forschungseinrichtungen: Austrian Solar and Space Agency, ASSA (Dr. M. Bruck, Univ. Prof. Dr. G. Faninger), Prof. DI R. Jauschowitz (HTL Pinkafeld), Univ. Prof. Dr. P.J. Jansen und Univ. Prof. Dr. E. Panzhauser (TU Wien)

Unternehmen (alphabetisch): AQUA-SOLAR, Biber-Bau Kaminbau GmbH, DSV-Dämmsysteme GmbH, EMFA GmbH, Eternitwerke L. Hatschek, Hinteregger-Estec GmbH, Hoval GmbH, IDEAL-Baustoffe, Internorm, Elektrobau Konrad, Mea, Olymp-Werke, Riku-Solar, Roth, Schaffer, Solkav-Solartechnik, Waeco-GmbH

14.1.6. Einsatz in der Energieberatung, Aus- und Weiterbildung seit 1989

Die ersten Schulungen mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER wurden 1989 in Graz (Stadtwerke Graz), in Linz (im Rahmen des ersten österreichischen Lehrgangs für Energieberatung am BFI und in Vorarlberg (Energiesparverein Vorarlberg) abgehalten.

1991 wurden die ersten modellhaften Lehrgänge nach dem noch heute üblichen Modell des „A“ (Anfänger und Anfängerinnen, ca. 50 Kurseinheiten) und „F“ (Fortgeschrittene, ca. 120 Kurseinheiten plus angeleitete Beratungspraxis) Kurses in Vorarlberg organisiert. Die Gestaltung der Kurseinheiten war sehr stark an das Konzept des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER, Energiekennzahl – Grobanalyse – Feinanalyse – Maßnahmenbewertung, angelehnt und verwendete die im Handbuch enthaltenen Algorithmen und Datensätze. Mithilfe der ausgebildeten Energieberater und Energieberaterinnen wurde die persönliche und umfassende Energieberatung im Sinn der Zielsetzungen des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER neu organisiert und seither erfolgreich abgewickelt.

In fast allen österreichischen Bundesländern entstanden vergleichbare Initiativen, welche das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER in unterschiedlicher Intensität und Ausprägung für die Ausbildung und Beratung einsetzen und einsetzen. Besondere Erwähnung verdienen z.B.

- die Energieberatung in Salzburg, die in den ersten Jahren konsequent mit der Software-Version EBSYS alle Grobanalysen abgewickelt hat, da daraus die Eigenentwicklung besser auf die Anforderungen des Landes abgestimmter Software-Pakete für Beratung, Förderung und detailliertere Berechnungen entstand;
- der Energiesparverband Oberösterreich, der nach Freigabe des Dokumentes durch das Institut für Energieforschung der Joanneum Research eine adaptierte Version für den eigenen Gebrauch erstellte und seither einsetzt;
- die Energieberatung der Energie- und Umweltagentur Niederösterreich, die das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER bis dato in allen Ausbildungen als Grundlage einsetzt und mit dieser Erfahrung wesentliche Beiträge zu dieser Aktualisierung leistet.

14.2. Arbeit mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

Da sich das vorliegende Werk bewusst möglichst eng an die ursprüngliche und erfolgreiche Version eines Handbuchs aus dem Jahr 1989 anlehnt, wird im folgenden Kapitel kurz die Arbeitsweise mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER zusammengefasst (Frey, 1981). Anschließend werden die wichtigsten Änderungen in der Handhabung, die sich im Rahmen der Aktualisierung ergeben haben, beschrieben.

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER war nur für Wohngebäude konzipiert, die zudem eine bestimmte Größe nicht überschreiten. Grenzen und Möglichkeiten seiner Anwendbarkeit oder von Teilen daraus für andere Objekte waren in einem Anhang angeführt. Dadurch wurde klargestellt, dass einerseits bestimmte Elemente bearbeitbar sein könnten und andererseits derartige Objekte im Normalfall einer ingenieurmäßigen Analyse bedürfen.

14.2.1. Benutzungsanleitung

Der Aufbau des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER ergab sich aus einer Abfolge von Formblättern, durch welche durch eine umfassende Energieberatung geführt wurde. Der nötige Aufwand für die Durchführung hat in der Praxis, je nach Aufgabenstellung und Beratungssituation, eine sehr große Bandbreite. Eine Kurzberatung mit Ermittlung der Energiekennzahl und/oder Aushändigung von Merkblättern und Informationsmaterial kann so in 10 Minuten abgeschlossen sein. Eine umfassende Beratung unter Ausschöpfung aller Möglichkeiten des Handbuchs kann fünf Stunden oder länger dauern. Es wurde daher darauf geachtet, schrittweise vorzugehen und bewusste Entscheidungsebenen einzuführen

Die ERFASSUNG DER GRUNDDATEN (ein benötigtes Formblatt) musste für jedes Beratungsgespräch durchgeführt werden. Sie ermöglicht eine grobe Abschätzung der Charakteristik der durchgeführten Beratung und dient darüber hinaus deren statistischer Erfassung. Daher sollte nach Beendigung einer Beratung auch das Ergebnis in Kurzform auf derselben Seite wie die Grunddaten dokumentiert werden. Durch die Erfassung der Grunddaten kann auch schnell festgestellt werden, ob der Energieberater oder die Energieberaterin für die Beantwortung der Fragen und die Erfassung des Objektes ausreichend kompetent ist, oder ob der Beratungsfall an eine andere Institution weitergeleitet werden müsste (z.B. starke Abweichung von der Wohnnutzung).

Durch die Ermittlung der ENERGIEKENNZAHLE als Verbrauchskennzahl sollten zu Beginn das betroffene Objekt mit dem Gebäudebestand verglichen und mögliche Einsparungspotenzial ermittelt werden. Durch die Verwendung der Endenergie (Brennstoffenergie) war diese Einschätzung direkt in finanzielle Überlegungen übersetzbar. Eine niedrige Energiekennzahl bedeutet immer ein niedriges Einsparpotenzial, erlaubt aber noch keine Aussage über die Gebäudequalität (z.B. kann die Ursache dafür eine geringe mittlere Raumtemperatur durch Teilnutzung sein).

Eine GROBANALYSE ist ohne vorherige Vereinbarung (z.B. an einem Messestand) innerhalb einer Stunde durchführbar. Sie dient dazu, die verschiedenen Einflüsse auf den Energieverbrauch (Klima, Baukörper, Raumwärmeverversorgung, Warmwasserversorgung, Benutzerverhalten, Haushaltsgeräte) in ihrer relativen Bedeutung abzuschätzen und so die Entscheidung über das „ob“ und „wie“ einer Feinanalyse einzelner Themenbereiche bzw. der weiterführenden Umsetzungsberatung zu treffen.

Auf eine Grobanalyse sollte nur dann verzichtet werden, wenn nach Erhebung der Grunddaten keine weiteren Berechnungen erforderlich oder erwünscht sind (wenn z.B. nur Informationsmaterial mitgegeben wird).

Eine Beratung kann nach der Grobanalyse beendet werden,

- wenn die Bewertung der Energiekennzahl einen derart niedrigen Energieverbrauch ergibt, dass wenig Einsparungen zu erwarten sind. (Es sollte aber jedenfalls durch Abfragen der einzelnen Verlustquellen eine Erklärung für den niedrigen Verbrauch gesucht werden.),
- wenn hoher Verbrauch nicht durch Mängel an Baukörper oder Wärmeverversorgung begründet werden kann (z.B. bei bewusst anspruchsvollem Benutzerverhalten),

- wenn nach Durchführung der Grobanalyse bereits Vorschläge möglich sind und/oder der Beratene an andere Stellen verwiesen werden kann.

Die FEINANALYSE ist in den meisten Fällen nicht ohne genauere Unterlagen und/oder eine Besichtigung des Objektes möglich. Dadurch kann sich der Beratungsaufwand erheblich erhöhen. Baukörper und Wärmeversorgung werden getrennt analysiert. Werden Maßnahmenpakete aus beiden Bereichen gebildet, so können Einsparungen nur nach Berechnung der Wärmebilanz abgeschätzt werden.

Der Aufwand für diese Vorgangsweise ist dadurch gerechtfertigt, dass die oft geübte Abschätzung des Jahresnutzwärmebedarfs (bzw. von Einsparungen) mit Hilfe von einfachen Faustregeln wie den Vollbenutzungsstunden nicht selten um 50% und mehr falsch ist. Will man durch eine Energieberatung Aussagen treffen, die ausreichend genau sind, sodass Kunden und Kundinnen daraufhin Investitionsentscheidungen treffen können, ist dieser Aufwand unvermeidlich. Je nach Beratungsart wurden für die Feinanalyse und Maßnahmenplanung einzelne Formblätter ausgewählt und eingesetzt. Für die Durchführung dieser Arbeiten sind allerdings durch den Einsatz einschlägiger Softwarepakete deutliche Vorteile geboten.

Die FINANZIERUNGSANALYSE ermöglichte den Vergleich von Maßnahmenpaketen auf der Basis einer stark vereinfachten dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse unter Berücksichtigung der Förderungsbedingungen und der rechnerischen Nutzungsdauer der Maßnahmen. Dasselbe Rechenverfahren wurde zum Vergleich von Einzelmaßnahmen und von Maßnahmenpaketen eingesetzt.

14.3. Projekt der Aktualisierung zum HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG

14.3.1. Auftrag und Projektinhalt

Das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG wird, unter Beibehaltung der Ausrichtung (Wohngebäude und vergleichbare Nutzung, bis ca. 1000 m² beheizte Nutzfläche, Schwerpunkt in der thermischen Sanierung) in der Struktur, in den Checklisten, den Datenblätter und Erläuterungen überarbeitet und den derzeitigen und in den nächsten Jahren zu erwartenden Anforderungen angepasst. In Kooperation mit Beratungseinrichtungen wird eine Grobversion während der Projektlaufzeit in der Schulungs- und Beratungspraxis erprobt und bei Bedarf adaptiert. In dieser Kooperation wird die laufende zukünftige Aktualisierung wichtiger Daten sichergestellt.

Kern des aktualisierten HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG (HfE2013) bleibt ein Druckwerk mit allen für die persönliche Energieberatung von Gebäuden mit zumindest wohnungsähnlicher Nutzung (z.B. Bildungseinrichtungen, Tourismusbetriebe, Bürogebäude) benötigten Checklisten (dem tatsächlichen Ablauf einer Beratung folgend), Algorithmen, Daten und Erläuterungen. Das bestehende Handbuch wird, unter Einbindung der beteiligten Beratungseinrichtungen, geprüft, gegebenenfalls gekürzt, adaptiert oder um Elemente ergänzt, die seit der Erstausgabe Bedeutung in der Beratung gewonnen haben.

Im Rahmen des Projektes wurden vier gleichwertige Bereiche bearbeitet:

- (1) Überprüfung und Adaptierung noch immer aktueller Teile des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER als Basis für das HfE2013 (z.B. Vereinfachung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung);
- (2) Einbau oder Ausweitung fehlender oder nur angedeuteter Bereiche (z.B. Lüftung, Kühlung, Stromverbrauch, Eigenstromerzeugung, ökologische und High-Tech Maßnahmen, Energieverbrauch für andere Lebensbereiche, neue Kennzahlen und Gesamtkonzepte wie Passivhaus, Plus-Energie-Haus, ökologischer Fußabdruck und verwandte Initiativen);
- (3) Einbau in ein Gesamtpaket zum direkten Einsatz in der Beratung (Vorbereitung für Softwareunterstützung und mobile Applikationen für einfache Berechnungen, Berücksichtigung unterschiedlicher Typen von Kunden und Kundinnen und eines gesamtheitlichen Blicks auf die Beratungssituation);

(4) Definition der Nahtstellen zu anderen Initiativen und Werkzeugen (z.B. Ausbildung von Energieberater n und Energieberaterinnen, Energieausweis, Passivhausberechnung).

Um die oben formulierten Ziele zu erreichen wurde das Konsortium so gewählt, dass Erfahrung mit der Erstellung des ursprünglichen Handbuchs, mit der Übersetzung der Grobanalyse in aktuelle Software (K60), mit neuesten F&E Ergebnissen und mit der Gestaltung von Ausbildungsmodulen integriert sind. Durch einen Beirat aus direkt mit der Energieberatung befassten Organisationen, die sich auch in die Erprobung, den Vertrieb und die laufende Wartung des Handbuchs einbringen werden, ist der direkte Austausch mit der Beratungs- und Schulungspraxis sichergestellt.

14.3.2. Mitwirkende Personen

Projektteam

DI Johannes Fechner, 17&4 Organisationsberatung: Verantwortung für die Integration aktueller Forschungs- und Entwicklungsergebnisse (Haus der Zukunft, Klima:Aktiv) sowie nationaler und internationaler Entwicklungen in der Gestaltung von Richtlinien, Zertifizierungen und der Integration von Energieberatung in dieselben.

DI Johannes Haas, Energie und Umwelt Unternehmensberatung: Co-Autor des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER im Jahr 1989 und Mitgestalter der Aktivitäten des Energiesparverein Vorarlberg in den Jahren 1990 bis 1996 und Lektor in einer Reihe von Lehrgängen mit dem Fokus der Einführung in die Arbeit mit dem HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER.

DI Franz Kuchar, IT for Energy: Energieberater für die Energie- und Umweltagentur Niederösterreich und Projektleiter des Projektes K60, der Umsetzung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER in eine Software-Version mit MS Excel.

Projektmitarbeiter und –mitarbeiterinnen

DI Ulrike Tröppel, Die Energieberaterin

DI(FH) Daniel Berger:

Projektbeirat:

DI Dr. Eckart Drössler, Energieinstitut Vorarlberg: Kommunikation zu den Energieberatern und Energieberaterinnen in Vorarlberg

DI Wolfgang Jilek, Landesenergiebeauftragter Steiermark: Kommunikation zu den Energieberatern und Energieberaterinnen in der Steiermark

DI Kurt Königshofer, Joanneum Research: Bereitstellung der ursprünglichen Dokumente aus der Erstellung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

Ing. Karl Lummerstorfer, Energieinstitut: Einbringen persönlicher Erfahrung aus der Beratung und aus der Ausbildung von Energieberatern und Energieberaterinnen

14.3.3. Projektabwicklung

Das Projekt wurde in mehreren Phasen abgewickelt:

- Sichtung und Adaptierung der aus der Erstellung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER bei Joanneum Research verfügbaren Datensätze und Hintergrundinformationen. In den meisten Fällen mussten diese neu generiert werden, da Urdaten wegen fehlender Kompatibilität der Soft- und Hardware nicht mehr lesbar und bearbeitbar waren.
- Definition des Umfangs der Bearbeitung, der Gestaltung des Produktes „Handbuch“ und der Vorgehensweise gemeinsam mit dem Beirat.

- Auswahl der einzubeziehenden Datenblätter und Betrachtungsweisen sowie der wichtigsten in der Beratungspraxis vorkommenden Fragen und Anlassfälle für die Beispielsammlung mit Energieberatern und Energieberaterinnen in den beteiligten Bundesländern Steiermark, Vorarlberg und Niederösterreich.
- Überarbeitung aller Datensätze, um sie an neue Anforderungen und verfügbare Technologien anzupassen. Dazu zählte vor allem die Nachrechnung bzw. Neuerstellung von Tabellen und Grafiken mit der für die „60 Minuten Energieberatung“ entwickelten Software.
- Erarbeitung von Vorschlägen, wie neue Themen in die bestehende Beratungsstruktur eingebaut werden können.
- Gemeinsame Verfassung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG.

Als Bearbeitungszeitraum war ursprünglich ein Jahr (März 2013 bis Februar 2014) vereinbart. Eine Verlängerung um ein Jahr aufgrund beruflicher Umstände des Projektleiters wurde im Jahr 2014 genehmigt und das Projekt mit Februar 2015 (Abgabe des Endberichtes Ende Mai 2015) abgeschlossen.

14.3.4. Wartung und Aktualisierung

Mit der Arbeitsgemeinschaft Energieberatung (Arge EBA)⁵⁴ wurde vereinbart, dass, anstelle einer finanziellen Beteiligung während der Erarbeitung des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG, die nachhaltige Wartung der wichtigen sich ändernden Daten, sowie die laufende Anpassung an die tatsächliche Praxis der Aus- und Weiterbildung und der Beratung, nach Projektabschluss hauptverantwortlich übernommen bzw. finanziert wird.

⁵⁴ Netzwerke der Energieberater und Energieberaterinnen der Energievereine der Länder und der Energieversorgungsunternehmen; siehe z.B. <http://www.enu.at/bedeutung-der-arge-eba>

15. Anhang

15.1. Umrechnungsfaktoren für physikalische Einheiten

VORSILBEN														
Faktor	10 ⁻¹⁵	10 ⁻¹²	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹⁵
Symbol	f	p	n	μ	m	c	d	da	h	k	M	G	T	P
Vorsilbe	Femto	Pico	Nano	Mikro	Milli	Centi	Deci	Deka	Hekto	Kilo	Mega	Giga	Tera	Peta
ENERGIE														
										J [Ws]	kWh	kcal	Btu	
										1	2,78 · 10 ⁻⁷	2,39 · 10 ⁻⁴	9,48 · 10 ⁻⁴	
										3,60 · 10 ⁶	1	860	3,41 · 10 ³	
										4,19 · 10 ³	1,163 · 10 ⁻³	1	3,97	
										1,055 · 10 ³	2,93 · 10 ⁻⁴	0,252	1	
LEISTUNG														
												W	kcal/h	
												1	0,860	
												1,163	1	
WÄRMELEITFÄHIGKEIT (λ)														
												W/m·K	kcal/m·h·°C	
												1	0,860	
												1,163	1	
WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT (U)														
												W/m ² ·K	kcal/m ² ·h·°C	
												1	0,860	
												1,163	1	
DRUCK														
	Pa [N/m ²]	mbar	bar	at [kp/cm ²]	mm WS [kp/m ²]	atm	mmttg (Torr)	Psi (lb/in ²)						
	1	10 ⁻²	10 ⁻⁵	1,020 · 10 ⁻⁵	0,1020	9,87 · 10 ⁻⁶	7,5 · 10 ⁻³	1,45 · 10 ⁻⁴						
	10 ²	1	10 ⁻³	1,020 · 10 ⁻³	10,20	9,87 · 10 ⁻⁴	0,75	1,45 · 10 ⁻²						
	10 ⁵	10 ³	1	1,020	1,020 · 10 ⁴	0,987	7,5 · 10 ²	14,5						
	9,81 · 10 ⁴	981	0,981	1	10 ⁴	0,968	7,36 · 10 ²	14,22						
	9,81	9,81 · 10 ⁻²	9,81 · 10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	1	9,87 · 10 ⁻⁵	7,36 · 10 ⁻²	1,422 · 10 ⁻³						
	1,013 · 10 ⁵	1013	1,013	1,033	1,033 · 10 ⁴	1	760	14,7						
	1,333 · 10 ²	1,333	1,333 · 10 ⁻³	1,360 · 10 ⁻³	13,60	1,316 · 10 ⁻³	1	1,934 · 10 ⁻²						
	6,89 · 10 ³	6,89	6,89 · 10 ⁻²	7,03 · 10 ⁻²	7,03 · 10 ²	6,8 · 10 ⁻²	51,7	1						

15.2. Verwendete Symbole und Begriffe

Symbol	Bezeichnung	Einheit
a	Annuitätenfaktor / Annuitätsfaktor	—
a	Absorptionsfaktor (für Strahlung)	—
a ₁	Linearer Verlustfaktor thermischer Kollektoren	—
A	Bauteilfläche	m ²
A _S	Äquivalente Strahlungsfläche	m ²
A/N	Annuität/Nutzen Verhältnis	—
BF	Benutzungsfaktor	—
BGF	Bruttogrundfläche	m ²
BRI	Bruttorauminhalt	m ³
c	Spezifische Wärmekapazität	Wh/kg.K
C _D	Wasserdampfkonzentration gesättigter Luft	g/m ³
COP	Coefficient of Performance (z.B. Leistungszahl Wärmepumpen)	—
d	Schichtdicke	m
D	Wärmedurchlasswiderstand	m ² K/W
D _{WS,eff}	effektiver Wärmedurchlasswiderstand des temporären Wärmeschutzes	m ² K/W
E _{CO2}	Emissionsfaktor CO ₂	kg/kWh
E _{Heiz}	Energieverbrauchskennzahl (Endenergie) für Heizung	kWh _(Hu) /m ² a
E _{Raumwärme}	Energieverbrauchskennzahl-Raumwärme (Abzug Warmwasser)	kWh _(Hu) /m ² a
EBF	Energiebezugsfläche (meistens Bruttogrundfläche)	m ²
EBZ	Emissionsbewertungszahl	Nm ³ /kWh
EKW	Emissionskennwert	Nm ³ /a
f	Außentemperatur-Korrekturfaktor (für Pufferräume)	—
f	Rückgewinnungsfaktor für Kaminabwärme	—
f _B	Betriebszeitfaktor Wärmeerzeuger	—
f _{CO}	CO-Verlustfaktor	—
f _{DIM}	Dimensionierungsfaktor Wärmeerzeuger	—
f _F	Fremdwärmeanteil	—
f _{GK}	Größenkorrekturfaktor für den Energieverbrauch	—
f _{HT}	Korrekturfaktor für die Heizperiodenlänge	—
f _{KK}	Klimakorrekturfaktor für den Energieverbrauch	—
f _T	Temperaturkorrektur aus dem Heizverhalten	—
f _V	Fremdwärmeverlustfaktor	—
f ₁	Temperaturkorrekturfaktor Raumtemperatur	—
f ₂	Temperaturkorrekturfaktor Heizungsunterbrechung	—
f ₃	Temperaturkorrekturfaktor Nachtabsenkung	—
f ₄	Temperaturkorrekturfaktor Teilbeheizung	—
fm	Festmeter (Holz)	m ³
frm	Raummeter (Holz, geschlichtet)	m ³
fsrm	Schüttraummeter (Holz, Abfälle, Hackgut)	m ³
g	Gesamtenergiedurchlassgrad	—
G	Globalstrahlung	kWh/m ² a
G _{HT}	Globalstrahlung während der Heizperiode	kWh
H	Beschattungsfaktor	—

Symbol	Bezeichnung	Einheit
H _o	Oberer Heizwert (mit Rückgewinnung latenter Wärme, "Brennwert")	kWh/Einheit
H _u	Unterer Heizwert (ohne Rückgewinnung latenter Wärme)	kWh/Einheit
HGT	Heizgradtage	Kd
HT	Heiztage	d
HWB	Heizwärmebedarf (Nutzenergiekennzahl - Heizung)	kWh/m ² _{BGF} K
L	Gebäudeleitwert / stündlicher Wärmeverlust pro K	W/K
L _e	Transmissionsleitwert zur Außenluft	W/K
L _u	Transmissionsleitwert zu unbeheizten Räumen	W/K
L _g	Transmissionsleitwert zum Erdboden	W/K
L _T	Transmissionsleitwert	W/K
L _V	Lüftungsleitwert	W/K
L _ψ	Transmissionsleitwertzuschlag für Wärmebrücken	W/K
n _L	stündlicher Luftwechsel	h ⁻¹
n _p	Bewohner-(Benutzer-) Zahl	—
n _x	Infiltrationsluftwechselrate bei Normalbedingungen	h ⁻¹
n ₅₀	Messwert des stündlichen Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz	h ⁻¹
ND	Rechnerische Nutzungsdauer	a
NGF	Nettogrundfläche = Wohnnutzfläche	m ²
p	Zinssatz (Kredite, Sparformen)	%
p _L	Wärmeverlust durch Lüftung pro 1K	W/K
p _T	Wärmeverlust durch Transmission pro 1K	W/K
p _{tot}	Gesamtwärmeverlust pro 1K	W/K
P	Personenanzahl	—
PN	Nennleistung Wärmeerzeuger	kW
P _{Spez}	Spezifische Heizlast	W/m ² _{BGF} K
P _{tot}	Gebäudeheizlast	kW
q _B	Spezifischer Bereitschaftsverlust Wärmeerzeuger	—
q _E	Heizungsbeitrag durch Haushaltsgeräte	kWh/d
q _P	Heizungsbeitrag durch Personen	kWh/d
Q _A	Abgasverluste	%
Q _{Ab}	Abwärme	kWh
Q _{E,RW}	Endenergieverbrauch (-bedarf) für Raumwärmeversorgung	kWh/a
Q _F	Fremdwärme	kWh
Q _G	Fremdwärmegewinne	kWh/a
Q _H	Energieeinsatz in der Heizanlage	kWh _(Hu) /a
Q _{H,WW}	Energieeinsatz in der Heizanlage f. d. Warmwasserversorg.	kWh _(Hu) /a
Q _L	Wärmeverluste durch Lüftung	kWh/a
Q _{L1}	Wärmeverluste durch Fugenlüftung	kWh/a
Q _{L2}	Wärmeverluste durch Fensterlüftung	kWh/a
Q _{L3}	Wärmeverluste durch physiologischen Luftbedarf	kWh/a
Q _N	Nutzwärmebedarf für Heizung	kWh/a
Q _P	Personenwärme	kWh
Q _S	Sonneneinstrahlung	kWh

Symbol	Bezeichnung	Einheit
Q_T	Wärmeverluste durch Transmission	kWh/a
Q_V	Gesamtwärmeverluste	kWh/a
Q_{WBR}	Zusätzlicher Wärmeverlust durch Wärmebrücken	kWh/a
Q_{WV}	Wärmeverteilungsverluste	kWh/a
rF	Relative Luftfeuchte	%
R	Lagefaktor / Transpositionsfaktor	—
R	Wärmedurchgangswiderstand	m ² K/W
$R_s = 1/\alpha$	Wärmeübergangswiderstand	m ² K/W
RI	Rücklufttemperatur	°C
T_A	Abgastemperatur	°C
T_e	Außentemperatur	°C
T_H	Heiztemperatur (heiße Seite) von Wärmepumpenheizungen	°C
T_{HG}	Heizgrenztemperatur	°C
T_i	Berechnungsraumtemperatur / Innentemperatur	°C
T_l	Heizraumtemperatur	°C
T_m	Mittlere (Heiz)Wassertemperatur	°C
T_{min}	Minimale innere Oberflächentemperatur (Kondensationsgefahr)	°C
T_{ne}	Normaußentemperatur	°C
T_{oben}	Abgastemperatur an der oberen Putzöffnung	°C
T_Q	Quellentemperatur (kalte Seite) von Wärmepumpenheizungen	°C
T_V	Vorlauftemperatur	°C
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/m ² K
U_{eff}	effektiver U-Wert	W/m ² K
U_m	mittlerer U-Wert	W/m ² K
V_l	Vorlauftemperatur	°C
V_L	Lüftungsvolumen (Nettovolumen)	m ³
w_f	Wärmeverlustkoeffizient für Fugenverluste	W/m ² K
α	Wärmeübergangskoeffizient	W/m ² K
β	Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe	—
ΔT	Berechnungstemperaturdifferenz	K
ΔT_A	Abkühlung des Abgases im Rauchfang	K
ϵ	Leistungszahl (COP) einer Wärmepumpe	—
ϵ	Emissionsgrad von Verglasungen	—
η_G	Fremdwärmenutzungsgrad	—
η_{PE}	Primärenergienutzungsgrad von Energiesystemen	—
η_{RW}	Jahresnutzungsgrad der Raumwärmeversorgung	—
η_{Sol}	Wirkungsgrad thermischer Kollektoren	—
η_T	Technischer Wirkungsgrad von Wärmepumpen	—
η_0	Optischer Wirkungsgrad (Konversionsfaktor) thermischer Kollektoren	—
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/mK
ρ	Spezifisches Gewicht / Dichte	kg/m ³
σ	Siebertfaktor	1/K
μ	Diffusionswiderstandsfaktor	—
ψ	Wärmebrückenverlustkoeffizient	W/mK

15.3. Quellensammlung aus der Erstausgabe des HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER

15.3.1. Klima, Bautechnik und Benutzung

Meteorologische Daten und Berechnungsverfahren ASSA, Zentralanstalt f. Meteorologie und Geodynamik, 1983, ZAMG

Katalog für empfohlene Wärmeschutzrechenwerte von Baustoffen und Baukonstruktionen, Bundesministerium für Bauten und Technik, 1979

k-Werte alter Bauteile, Schriftenreihe der RG-Bau, 1983 (bearbeitet im Inst.f.Bauforschung, Hannover)

V.Nikolic, L.Rouvel, Bauteilkartei, Verlag TÜV-Rheinland

K. Gertis, Bauphysik 5/6 (1983) 183

H.Werner, IBP-Mitteilungen 110 (1986), Dunkle Wandoberflächen – ihr Einfluß auf den Wärmeverlust.

Bundesministerium für Bauten und Technik, Katalog für empfohlene Wärmeschutzrechenwerte von Baustoffen und Baukonstruktionen, 1979

SIA- Publikation 35/1987 „Zur Bedeutung des Fensters“

Fraunhofer-Inst.f.Bauphysik; Forschungsbericht EB. 15/1986; H. Schaube „Untersuchungen über Wärmeübergangskoeffizienten an Fenstern mit und ohne Wärmeschutzeinrichtungen unter natürlichen Klimabedingungen“

Bauphysikalische Grundlagen, Feuchtelehre, Vorlesungsskript Bauphysik I und II, UNIVERSITÄT GESAMTHOCHSCHULE KASSEL, FACHGEBIET BAUPHYSIK, UNIV.-PROF. DR.-ING. GERD HAUSER,

ÖNORM B 8110-6 Wärmeschutz im Hochbau

Recknagel, Sprenger, Hönnmann, „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik“, Ausgabe 86/87

Erich Panzhauser, TU Wien; „Die Luftwechselzahlen in österr. Wohnungen“, F827 (siehe Grafik unten)

H. Künzel, Fraunhofer Inst. für Bauphysik, „Lüftung in Wohnungen“, FBW-Blätter 5/1982

P. Hartmann, EMPA-Bericht 41645/1

B. Geiger, L.Rouvel, HLH 38/4 (1987) 185; Lüftung im Wohnungsbau-Fensterlüftung“

15.3.2. Haustechnik

J. Wildburger (Diss): „Vergleichende Untersuchung der Nutzungs- und Wirkungsgrade von Einzelraumheizungssystemen“, TU Wien, 1986

Recknagel, Sprenger, Hönnmann: „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik“, Ausgabe 1986/87

Handbuch der Holzheizung, Studie Nr. 38, Schriften des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Bern 1986

H. Brötzenberger: „Einfluß der Beratungstätigkeit auf die Verbesserung des Betriebswirkungsgrades von Heizsystemen des Hausbrandes“, Beiträge zur regionalen Energiepolitik Österreichs, Band 5, 1978

Rendement des chaufferies à mazout, Schweizer Energieforschungsprogramm, 1983 Lausanne

VDI Richtlinie 2067 (Raumheizung)

Typenprüfung von Festbrennstoffkesseln; Wieselburg

Auswahlliste für Heizkessel und Gebläsebrenner, Schweizer Impulsprogramm Haustechnik, 1986

Lothar Brenner: Optimierung von Heizungsanlagen, AT-Verlag Aarau 1981

Handbuch Schweiz „Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen“, 1983

Haustechnik heute, Schweizer Impulsprogramm Haustechnik, 1986

K. Frey, W. Stanzel, J. Spitzer: „Kritische Erprobung von Energiesanierung an Altbauwohnungen“, 1986, F639

Konsument 6(1979); Marktübersicht Wärmepumpen

ASSA; „Marktübersicht 1982“

IEA Heat Pump Center: „Wärmepumpen zur Gebäudeheizung“ 1984 – 1987

„Wärmepumpen zur Hausheizung“ Förderungsgesellschaft Techn. Ausbau, Bonn 1982

Publikationen des Institutes für Wärmetechnik, TU Graz; Doz. Halozan

15.4. Abbildungen

Abbildung 1-1: Energieberatung im energiepolitischen Kontext	14
Abbildung 1-2: Energieberatung im Bauprozess	16
Abbildung 2-1: Erfassung der Restlebensdauer von Bauteilen	31
Abbildung 2-2: Datenabgleich mit Energiekennzahlen	36
Abbildung 3-1: Checkliste für die Erhebung des Stromverbrauchs einer Wohnung	45
Abbildung 3-2: Checkliste für die Abfrage der Grunddaten für die Grobanalyse	47
Abbildung 3-3: Überschlägige Ermittlung der spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)	54
Abbildung 3-4: Spezifische Heizlast von Wohnungen in % des Gebäudewertes (Haas, 2015)	55
Abbildung 3-5: Tatsächliche Heizgradtage (x) in Abhängigkeit der Seehöhe und spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)	56
Abbildung 3-6: Tatsächliche Heiztage (x) in Abhängigkeit der spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)	57
Abbildung 3-7: Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Seehöhe und spezifischen Heizlast (Kuchar, 2015)	58
Abbildung 3-8: Heizwärmebedarf und spezifische Heizlast – Niedrigenergiehaus (Kuchar, 2015)	58
Abbildung 3-9: Fehlermöglichkeiten in der Energieberatung (Berben, 2004)	65
Abbildung 4-1: Entwicklung der mittleren jährlichen HGT 20/12 in Österreich	68
Abbildung 5-1: Ziel-U-Werte für den Mindestwärmeschutz nach Sanierung (ÖNORM_B8110, 2007)	74
Abbildung 5-2: Formblatt U-Wert Ermittlung (Frey, 1981)	75
Abbildung 5-3: Rechenwerte Wärmeübergangswiderstände am Beispielhaus	76
Abbildung 5-4: Typische Wärmebrücken in der Gebäudehülle	86
Abbildung 5-5: Bauteil-Detail aus einem Wärmebrückenkatalog (BFE, 2004)	87
Abbildung 5-6: Übliche Stellen mit Undichtheiten in der Gebäudehülle	93
Abbildung 5-7: Temperaturkorrekturen für die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle (ÖNORM_B8110, 2007)	95
Abbildung 6-1: Lüftungsverhalten in Abhängigkeit der Außentemperatur	106
Abbildung 6-2: Wassergehalt gesättigter Luft	108
Abbildung 6-3: Feuchteabfuhr durch Dampfdiffusion	109

Abbildung 6-4: Gleichgewichts-Wassergehalt von Baustoffen	109
Abbildung 8-1: Zugbedarf von Wärmeerzeugern (Frey, 1981)	122
Abbildung 8-2: Wärmerückgewinnung und Kondensation in ungedämmten Rauchfängen (Frey, 1981)	126
Abbildung 8-3: Wärmerückgewinnung und Kondensation in gedämmten Rauchfängen (Frey, 1981)	126
Abbildung 8-4: Ökodesign – Energie-Label	131
Abbildung 8-5: Diagramm zur Aufnahme von Heizkurve und mittlerer Wassertemperatur (Frey, 1981)	132
Abbildung 9-1: Energieflüsse an einem thermischen Kollektor ((Quaschnig, 2010).....	142
Abbildung 12-1: Sommerliche Überwärmung - Beispiel für ein ausgefülltes Erhebungsblatt	167
Abbildung 12-2: Mittlere monatliche Lufttemperaturen in Juli	168
Abbildung 12-3: Eignungsmatrix Heizanlage / Gebäudeklasse (vgl. Tabelle 3-18)	179

15.5. Tabellen

Tabelle 1-1: Typische Varianten von Energieberatung	15
Tabelle 2-1: Besichtigung Umgebung und Außenflächen	21
Tabelle 2-2: Besichtigung Eingang und Stiegenhaus	21
Tabelle 2-3: Besichtigung Kellerabgang und Kellerräume.....	21
Tabelle 2-4: Besichtigung Haustechnik	22
Tabelle 2-5: Besichtigung Dach und Dachraum	22
Tabelle 2-6: Besichtigung Wohnraum - allgemein	23
Tabelle 2-7: Besichtigung Wohnraum - Nassräume	23
Tabelle 2-8: Besondere Umstände.....	23
Tabelle 2-9: Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten	30
Tabelle 2-10: Größenordnung der Kosten von Maßnahmen	31
Tabelle 2-11: Synergien von Energieeinsparung und Gebäudeerhaltung.....	32
Tabelle 2-12: Bedeutung der Datenerhebung in der Energieberatung.....	33
Tabelle 3-1: Energieträgerrechenwerte (Frey, 1981).....	38
Tabelle 3-2: Holz als Energieträger (Frey, 1981)	39
Tabelle 3-3: Bewertung von Energieverbrauchskennzahlen (Frey, 1981)	42
Tabelle 3-4: Interpretation der Bewertung des Energieverbrauchs	42
Tabelle 3-5: Annuitätsfaktoren zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmenpaketen.....	43
Tabelle 3-6: Stromverbrauch im Ein- und Zweifamilienhaus in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße	45
Tabelle 3-7: Stromverbrauch im Mehrfamilienhaus in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße (co2online, 2015).....	46
Tabelle 3-8: U-Werte von erdanliegenden Fußböden in Altbauten (Frey, 1981)	48
Tabelle 3-9: U-Werte von erdanliegenden Wänden in Altbauten (Frey, 1981)	48
Tabelle 3-10: U-Werte von Decken zu nicht beheizbarem Keller in Altbauten (Frey, 1981)	48

Tabelle 3-11: U-Werte von Außenwänden in Altbauten (Frey, 1981)	49
Tabelle 3-12: U-Werte von Decken zu nicht beheizbarem Dachraum in Altbauten (Frey, 1981)	50
Tabelle 3-13: U-Werte von Wänden zu nicht beheizbarem Dachraum in Altbauten (Frey, 1981)	50
Tabelle 3-14: U-Werte von Dachschrägen in Altbauten (Frey, 1981)	51
Tabelle 3-15: U-Werte von Flachdächern und Terrassen in Altbauten (Frey, 1981)	51
Tabelle 3-16: U-Werte von Decken über Außenluft in Altbauten (Frey, 1981)	51
Tabelle 3-17: U-Werte von Fenstern (Frey, 1981)	52
Tabelle 3-18: Kategorien der thermischen Qualität der Gebäudehülle (Kuchar, 2015)	53
Tabelle 3-19: Jahresnutzungsgrad von Wärmeerzeugungsanlagen (Frey, 1981)	59
Tabelle 3-20: Jahresnutzungsgrade von Kesselanlagen (Kuchar, 2015)	61
Tabelle 3-21: Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpenheizungen (Kuchar, 2015)	62
Tabelle 3-22: Brennstoffverbrauch pro Person für die Warmwasserversorgung	63
Tabelle 3-23: Einflussgrößen und Schwankungsbreiten	65
Tabelle 4-1: Mittelwerte der monatlichen HGT 20/12 (Frey, 1981)	68
Tabelle 4-2: Anteilige HGT 20/12 für verschiedene Heizperiodenlängen (Frey, 1981)	69
Tabelle 4-3: Monatliche Mittelwerte der Außentemperatur (Frey, 1981)	69
Tabelle 4-4: Monatliche Globalstrahlung in % der Jahressumme (Frey, 1981)	70
Tabelle 4-5: Korrektur der Globalstrahlung für besondere Nebellagen (Gmeiner H., 1994)	70
Tabelle 4-6: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen unter 350 m (ÖNORM_B8110, 2007)	71
Tabelle 4-7: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen zwischen 350 und 750 m (ÖNORM_B8110, 2007)	71
Tabelle 4-8: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen zwischen 750 und 1250 m (ÖNORM_B8110, 2007)	71
Tabelle 4-9: Monatliche Lagefaktoren für Seehöhen zwischen 1250 und 1750 m (ÖNORM_B8110, 2007)	71
Tabelle 4-10: Abschätzung der Heizgrenztemperatur (Frey, 1981)	73
Tabelle 5-1: Rechenwerte Wärmeübergangswiderstände an Bauteilen (ÖNORM_B8110, 2007)	76
Tabelle 5-2: Baustoffkennwerte von Mauersteinen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	77
Tabelle 5-3: Baustoffkennwerte Mörtel und Beton (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	78
Tabelle 5-4: Baustoffkennwerte von Dämmstoffen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	78
Tabelle 5-5: Baustoffkennwerte von Putzen und Tapeten (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	79
Tabelle 5-6: Baustoffkennwerte von Holz und Bauplatten (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	79
Tabelle 5-7: Baustoffkennwerte von Deckenkonstruktionen und Schüttungen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011) ..	80
Tabelle 5-8: Baustoffkennwerte von Bodenbelägen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	80
Tabelle 5-9: Baustoffkennwerte von Einzelbaustoffen (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	81
Tabelle 5-10: Wärmedurchlasswiderstände von Luftschichten (Frey, 1981) (Wernhart, 2011)	81
Tabelle 5-11: U-Werte und g-Werte von Verglasungen (Frey, 1981)	82
Tabelle 5-12: U-Werte üblicher Rahmenkonstruktionen (Frey, 1981)	83

Tabelle 5-13: U-Werte und g-Werte von Sonderverglasungen (Frey, 1981)	83
Tabelle 5-14: Effektive Wärmedurchlasswiderstände von Vorrichtungen zum temporären Wärmeschutz (Frey, 1981)	84
Tabelle 5-15: Korrekturkoeffizienten für typische Wärmebrücken (ÖNORM_B8110, 2007)	86
Tabelle 5-16: Berechnung des zusätzlichen Wärmeverlustes einer Balkonplatte	88
Tabelle 5-17: Beispiel einer Wärmebrückenberechnung für ein Gebäude.....	88
Tabelle 5-18: Kondensationsbereiche an Außenbauteilen für verschiedene U-Werte bei $T_A = -10\text{ °C}$ (Frey, 1981)	89
Tabelle 5-19: Oberflächentemperaturen und Grenzfeuchte an Wärmebrücken bei $T_e = -10\text{ °C}$ (Frey, 1981).....	90
Tabelle 5-20: Abschätzung der Luftdurchlässigkeit von Fugen (Frey, 1981).....	91
Tabelle 5-21: Abschätzung des Wärmeverlustkoeffizienten (w_f) von Fenstern und Türen (Frey, 1981) (Kuchar, 60 Minuten Energieberatung, 2012).....	92
Tabelle 5-22: Korrekturfaktoren für Temperaturdifferenzen zu unbeheizten Gebäudeteilen (Frey, 1981).....	96
Tabelle 5-23: Korrekturfaktor zur Ermittlung der Globalstrahlung für verschiedene Heizperiodenlängen (Frey, 1981)	97
Tabelle 5-24: Mittlere Lagefaktoren für verschiedene Heizperiodenlängen für senkrechte Flächen (Frey, 1981)	98
Tabelle 5-25: Mittlere Lagefaktoren für verschiedene Heizperiodenlängen für geneigte Flächen (Frey, 1981) ..	98
Tabelle 5-26: Einfluss der Wandfarbe opaker Bauteile auf die Transmissionsverluste (Frey, 1981)	100
Tabelle 5-27: Einfluss der Besonnung auf die Transmissionsverluste (Frey, 1981)	100
Tabelle 6-1: Spezifischer Heizungsbeitrag aus Personenabwärme (Frey, 1981).....	102
Tabelle 6-2: Spezifischer Heizungsbeitrag durch Haushaltsgeräte (Frey, 1981)	103
Tabelle 6-3: Temperaturkorrekturfaktoren für den Energiebedarf (Frey, 1981)	104
Tabelle 6-4: Luftwechsel bei unterschiedlichen Fensterstellungen	104
Tabelle 6-5: Mittlerer Luftwechsel in der Heizperiode durch verschiedene Lüftungsarten (Frey, 1981)	105
Tabelle 6-6: Wirkungsgrad von Luft / Luft Wärmetauschern der kontrollierten Be- und Entlüftung.....	107
Tabelle 7-1: Fremdwärmeverlustfaktor f_v zur Ermittlung der Fremdwärmegewinne (Frey, 1981)	116
Tabelle 8-1: Übliche Rechenwerte zur Ermittlung der Jahresnutzungsgrade der Wärmeerzeugung (Frey, 1981)	119
Tabelle 8-2: Beiwerte zur Berechnung der Abgasverluste (Frey, 1981).....	121
Tabelle 8-3: Zusätzliche Abgasverluste durch zu hohen Rauchfangzug (Frey, 1981).....	122
Tabelle 8-4: Verhältnis von Kesseloberfläche und Nennleistung (Frey, 1981).....	123
Tabelle 8-5: Abschätzung des spezifischen Auskühlverlustes über die Kesseloberfläche (Frey, 1981)	123
Tabelle 8-6: Spezifischer Auskühlverlust über den Rauchfang (Frey, 1981)	124
Tabelle 8-7: Korrektur der Kellertemperatur bei Vorhandensein eines Wärmeerzeugers (Frey, 1981).....	125
Tabelle 8-8: Typische Betriebswerte von Wärmepumpen über die Heizperiode (Frey, 1981).....	129

Tabelle 8-9: Erreichbare Bestwerte für Betriebsergebnisse von Wärmepumpen über die Heizperiode (Frey, 1981)	129
Tabelle 8-10: Tägliche Wärmeverluste von Rohrleitungen und Armaturen (Frey, 1981)	133
Tabelle 8-11: Tägliche Wärmeverluste von Warmwasser- und Pufferspeichern (Frey, 1981)	134
Tabelle 8-12: Abschätzung der Oberfläche von Warmwasserspeichern	134
Tabelle 8-13: Spezifischer Reglungsverlust von Zentralheizungen	135
Tabelle 8-14: Jahresnutzungsgrade in % von Etagenheizungen und Einzelöfen (Frey, 1981)	136
Tabelle 8-15: Wärmeabstrahlung des Rauchrohres (Frey, 1981)	136
Tabelle 8-16: Erhöhter Abgasverlust in Einzelöfen durch Rauchfangzug (Frey, 1981)	137
Tabelle 8-17: Regelungsverluste von Einzelöfen (Frey, 1981)	137
Tabelle 8-18: Strahlungsanteil von Heizflächen	139
Tabelle 9-1: Täglicher Warmwasserbedarf (Frey, 1981)	140
Tabelle 9-2: Jährlicher Warmwasserwärmebedarf (Frey, 1981)	140
Tabelle 9-3: Jährliche Verluste von Warmwasserspeichern (Frey, 1981)	141
Tabelle 9-4: Verteilverluste der Warmwasserbereitung (Frey, 1981)	141
Tabelle 9-5: Nutzungsgrade von bestehenden Warmwasser-Wärmeerzeugern (Frey, 1981)	142
Tabelle 9-6: Mittlere Wirkungsgrade und Speicherbedarf von Kollektoren	143
Tabelle 9-7: Mittlere Systemnutzungsgrade von Solaranlagen (Gmeiner H., 1994)	143
Tabelle 10-1: Strombedarf für Beleuchtungskörper	145
Tabelle 10-2: Strombedarf für Elektronik und sonstige Geräte	146
Tabelle 10-3: Strombedarf für Geräte und Anlagen für Essen und Trinken	147
Tabelle 10-4: Strombedarf für Geräte für Sauberkeit und Hygiene	147
Tabelle 10-5: Strombedarf für Geräte und Anlagen der Haustechnik	148
Tabelle 10-6: Strombedarf für Luxus	148
Tabelle 11-1: Optimierungsziele der thermischen Sanierung	150
Tabelle 11-2: Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung in der Energieberatung	152
Tabelle 11-3: Investitionskosten (inkl. MwSt.) für Maßnahmen an der Gebäudehülle	155
Tabelle 11-4: Investitionskosten (inkl. MwSt.) für sonstige haustechnische Maßnahmen	155
Tabelle 11-5: Investitionskosten (inkl. MwSt.) für Maßnahmen an der Wärmeerzeugung	156
Tabelle 11-6: Annuitätenfaktoren	158
Tabelle 11-7: Rechnerische Nutzungsdauer von Maßnahmen(paketen)	160
Tabelle 12-1: Ursachen von Feuchtanreicherungen in Bauteilen	165
Tabelle 12-2: Abschätzung der Einsparung durch Maßnahmen an der Wärmeerzeugung (Frey, 1981)	174
Tabelle 12-3: Maßnahmen an Wärmeverteilung und Kamin (Frey, 1981)	175
Tabelle 12-4: Maßnahmen an Einzelraumheizungen (Frey, 1981)	175

Tabelle 12-5: Ertragsrechnung für eine PV - Anlage	182
Tabelle 12-6: Relativer jährlicher Ertrag von Photovoltaikanlagen in Prozent	184
Tabelle 12-7: System-Wirkungsgrade von PV Anlagen	184
Tabelle 12-8: Abschätzung der Eigenbedarfsdeckung durch eine PV Anlage	184
Tabelle 12-9: Relative Emissionskennzahlen von Heizsystemen (Spitzer, 1988)	187
Tabelle 12-10: CO2 Emissionen und Primärenergieaufwand (Gmeiner H., 1994).....	188
Tabelle 12-11: Fußabdruck und CO ₂ -Emissionen mit Berücksichtigung der CO ₂ -Rücklagerung	188
Tabelle 13-1: Beispiel für den privaten Energiekonsum einer typischen Lebensweise	189
Tabelle 13-2: Wärmeleistung (Endenergieeinsatz) für Gehen und Radfahren	190
Tabelle 13-3: Direkter Energieeinsatz von Verkehrsmitteln (Brauner, 2010)	191
Tabelle 13-4: Gesamtenergieverbrauch (GEV) von Mobilitätssystemen	192
Tabelle 13-5: Beispielhafte Erhebung des Lebensmittelkonsums.....	193
Tabelle 13-6: Kennwerte Getreide, Teigwaren und Pflanzenfette (Taylor, 2000)	194
Tabelle 13-7: Kennwerte Obst und Obstprodukte (Taylor, 2000).....	194
Tabelle 13-8: Kennwerte Gemüse und Hülsenfrüchte (Taylor, 2000).....	195
Tabelle 13-9: Kennwerte Milchprodukte und Ei (Taylor, 2000)	195
Tabelle 13-10: Kennwerte Fleisch und Fleischprodukte (Taylor, 2000)	196
Tabelle 13-11: Kennwerte Getränke (Taylor, 2000).....	196
Tabelle 13-12: Kennwerte Gebäck und Süßspeisen (Taylor, 2000).....	197
Tabelle 13-13: Kennwerte Fertigprodukte (Taylor, 2000).....	197
Tabelle 14-1: Typische Abweichungen anderer Nutzungstypen (Frey, 1981).....	199

15.6. Beispiele

Beispiel 3-1: Ermittlung der Energiebezugsfläche.....	37
Beispiel 3-2: Überschlägige Ermittlung des Heizwertes von Hackgut	39
Beispiel 3-3: Heizwert von Holz.....	40
Beispiel 3-4: Energiekosten	40
Beispiel 3-5: Bewertung einer Wärmepumpenheizung	41
Beispiel 3-6: Einsparpotenzial für Gesamtsanierung	44
Beispiel 3-7: Heizungsbeitrag durch Elektrogeräte in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus?	45
Beispiel 3-8: Vergleich der spezifischen Heizlast von Doppelhaus und Einzelhaus	54
Beispiel 3-9: Abschätzung der spezifischen Heizlast einer Wohnung	55
Beispiel 3-10: Ermittlung der tatsächlichen Heizgradttagzahlen und Heiztagzahlen „x“	57
Beispiel 3-11: Vergleich von spezifischer Heizlast und HWB für Gebäude unterschiedlicher thermischer Qualität	59

Beispiel 3-12: Abschätzung Endenergiebedarf	63
Beispiel 3-13: Warmwasser-Korrektur des Energieverbrauchs für den Datenabgleich	64
Beispiel 3-14: Typisches Beispiel für einen Datenabgleich	64
Beispiel 4-1: Rechenbeispiel HGT 20/12	68
Beispiel 4-2: Rechenbeispiel HGT 20/12	69
Beispiel 4-3: Abschätzung des jährlichen Energieverbrauchs aus kurzfristigen Daten	69
Beispiel 4-4: Abschätzung der Heiztage und Heizgradtage für abweichende Innentemperatur	69
Beispiel 4-5: Fensterbilanz im Winter	72
Beispiel 4-6: Einfluss der Heizgrenztemperatur auf den Energiebedarf	73
Beispiel 5-1: U-Wert eines inhomogenen Bauteils mit ähnlichen λ -Werten	77
Beispiel 5-2: Berechnung eines Verglasungs-U-Wertes	81
Beispiel 5-3: U-Wert Berechnung für ein spezifisches Fenster	84
Beispiel 5-4: Dämmwirkung eines temporären Wärmeschutzes	84
Beispiel 5-5: Abschätzung der Kondensationsgefahr an einem Bauteil	89
Beispiel 5-6: Umrechnung des w_f -Wertes in einen mittleren Luftwechsel	92
Beispiel 5-7: Abschätzung des Infiltrationsluftwechsels	94
Beispiel 5-8: Ermittlung des Korrekturfaktors für einen Pufferraum	96
Beispiel 5-9: Fenstervergleich über die Einstrahlung	99
Beispiel 5-10: Wärmebilanz für Fenster verschiedener Orientierung	100
Beispiel 6-1: Abschätzung des Heizungsbeitrags durch Personenabwärme	102
Beispiel 6-2: Abschätzung des Heizungsbeitrags durch Haushaltsgeräte	103
Beispiel 6-3: Abschätzung der mittleren Raumtemperatur bei bestimmtem Benutzungsverhalten	103
Beispiel 6-4: Wärmeabfuhr durch Querlüftung in einer Sommernacht	105
Beispiel 6-5: Umrechnung von Luftwechsel in Lüftungs-Heizlast	106
Beispiel 6-6: Abfuhr von Wärmelasten durch Nachtlüftung	106
Beispiel 6-7: Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft	107
Beispiel 6-8: Wärmebedarf für Feuchteabfuhr über Bedarfslüftung	108
Beispiel 6-9: Feuchteabfuhr durch Dampfdiffusion	109
Beispiel 6-10: Energiebedarf für Bauteiltrocknung im Passivhaus	110
Beispiel 6-11: Feuchtebilanz einer Wohnung	110
Beispiel 7-1: Energieeinsparung durch Fugendichtung	113
Beispiel 7-2: Ermittlung und Bewertung der Sonneneinstrahlung	115
Beispiel 7-3: Berechnung der Fremdwärmegewinne und des Heizwärmebedarfs	116
Beispiel 8-1: Heizlastabschätzung aus Kesselleistung und Betriebsstunden	119
Beispiel 8-2: Ermittlung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades	121

Beispiel 8-3: Bewertung des Einflusses von Zugbedarf und Zugstärke	122
Beispiel 8-4: Bereitschaftsverluste und Einsparpotenzial	124
Beispiel 8-5: Abschätzung des Transmissionsverlustes zu einem erwärmten Keller	125
Beispiel 8-6: Wärmerückgewinnung und Kondensation in Rauchfängen	127
Beispiel 8-7: Leistungszahl einer Luft-Wasser-Wärmepumpe	131
Beispiel 8-8: Verteilverluste und Einsparpotenzial	135
Beispiel 8-9: Nutzungsgrad von Einzelöfen mit Berücksichtigung des Rauchrohres.....	136
Beispiel 8-10: Primärenergienutzungsgrad (η_{PE}) für die Heizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe	138
Beispiel 9-1: Ermittlung Warmwasser-Energiebedarf	141
Beispiel 9-2: Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage	143
Beispiel 10-1: Erhebung der Stromverbraucher zur Abschätzung des Energiebedarfs	149
Beispiel 11-1: Arten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	154
Beispiel 11-2: Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung	157
Beispiel 11-3: Berücksichtigung der Inflation - Realzinsermittlung	157
Beispiel 11-4: Grenzkostenermittlung für eine Maßnahme.....	158
Beispiel 11-5: Einfluss der Nutzungsdauer auf den Wirtschaftlichkeitsvergleich von Maßnahmen.....	159
Beispiel 11-6: Wirtschaftlichkeitsvergleich von Heizungsvarianten.....	159
Beispiel 12-1: Bilanz einer Lüftungsanlage.....	170
Beispiel 12-2: Einfluss des Pufferspeichers auf den Energieverbrauch.....	176
Beispiel 12-3: Einfluss der Zirkulation auf den Energieverbrauch für Warmwasser	176
Beispiel 12-4: Energieeinsparung durch Leitungsdämmung.....	177
Beispiel 12-5: Dimensionierung eines Pufferspeichers für einen Stückholzkessel	178
Beispiel 12-6: Bivalent-parallel Wärmepumpe in der Heizanlagenverbesserung.....	180
Beispiel 12-7: Kostenvergleich für Ganzhausheizung mit elektrischen Einzelheizkörpern	181
Beispiel 12-8: Wirtschaftlichkeit der PV Anlage aus Tabelle 12-5.....	185
Beispiel 12-9: Vergleich PV / Wärmepumpe und thermische Solaranlage Anlage	186
Beispiel 13-1: Jährlicher Energieverbrauch für Mobilität.....	192
Beispiel 13-2: Jährlicher Nutzenergiebedarf für Ernährung bei durchschnittlicher Betätigung	193

15.7. Literaturverzeichnis

Berben, J. (2004). *Energy Performance Assessment*. Arnhem: EBM Consult.

BFE. (2004). *Wärmebrücken*. Bern: Bundesamt für Energiewirtschaft.

Brauner, G. (2010). *Nachhaltige Elektromobilität für den suburbanen Raum*. Graz.

- co2online. (1. März 2015). *Energiewende - Die Stromsparinitiative*. Von www.die-stromsparinitiative.de abgerufen
- Fechner, J. (2010). Grundlagen zu Wirtschaftlichkeitsberechnungen. *Kurs Thermisch Alhaussanierung - Hintergrundinformation*.
- Fechner, J. (2014). *Hochwertige Lüftungsanlagen für Wohngebäude - Ein Kooperationsprojekt Niederösterreichischer Baumeister: BM Johannes Dinobl et. al.* . St. Pölten: Energie und Umweltagentur Niederösterreich.
- Feist, W. (1999). *Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser: Protokollband Nr. 16 Wärmebrückenfreies Bauen*. Darmstadt: PHI.
- Frey, K. (1981). *HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATER*. Landesenergieverein Steiermark.
- Gmeiner H., H. J. (1994). *Energiesparhaus Vorarlberg*. Dornbirn: Energiesparverein Vorarlberg.
- Haas, J. (2015). Eigene Berechnungen.
- IBO, E. V. (2011). *klima:aktiv Bauen und Sanieren - Kriterienkatalog Wohngebäude Neubau*. Wien: ÖGUT.
- Janssen, H. P. (2010). *Energieberatung für Wohngebäude*. Köln: Rudolf Müller.
- Kastner, R. (2000). *Altbauten, Beurteilen, Bewerten*. Fraunhofer IRB Verlag.
- Kuchar, F. (2012). *60 Minuten Energieberatung*. Wien: Energiesysteme der Zukunft.
- Kuchar, F. (Februar 2015). *Berechnung für das HANDBUCH FÜR ENERGIEBERATUNG mit k60*. Wien.
- ÖNORM_B8110. (2007). *Wärmeschutz im Hochbau*. Österreichisches Normungsinstitut.
- Panzhauser, E. (1985). *Luftwechselzahlen in Österreichischen Wohnungen*.
- Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen*. (1983). Zürich.
- Pöhn, C. (2011). *Bauphysik: Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien: Springer.
- Quaschnig, V. (2010). *Regenerative Energiesysteme*.
- Spitzer, J. (1988). *Emissionsbezogene Bewertung von Energieplanungsmaßnahmen*. Graz: Forschungsgesellschaft Joanneum.
- Taylor, C. (2000). *Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren - Dissertation*. Gießen: Universität Gießen.
- Weichmann, H. (1981). *Modernisierungshandbuch für Architekten und Bauherren*. Karlsruhe: C.F. Müller Verlag.
- Wernhart, U. (2011). *Datenblätter für die Energieberatung*. St. Pölten: Energie- und Umweltagentur Niederösterreich.
- Wernhart, U. (2013). *Berufsbildbeschreibung "Energieberatung"*. St. Pölten: Energie- und Umweltagentur Niederösterreich.