

Elektroheizungen

Sanierung und
Ersatz



Impulsprogramm RAVEL
Bundesamt für Konjunkturfragen

Trägerorganisation

INFEL Informationsstelle für Elektrizitäts-
anwendung
Lagerstrasse 1
8021 Zürich

Das Projektteam

Hp. Meyer, DURENA AG, Lenzburg (Leitung)
E. Ursenbacher, Amt für Bundesbauten Bern (Referent)
H. Weibel, Störi-Mantel, Wädenswil (Referent)
Firma SORANE SA, Lausanne (Untersuchungen,
Grundlagen)

Gestaltung

APUI, Hochfeldstrasse 113, 3000 Bern 26

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, April 1992
Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe
erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen-
und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.346 d)

Inhaltsverzeichnis

I	Vorwort RAVEL	5
<hr/>		
II	Einleitung	7
<hr/>		
1	Auslöser, Beweggründe	11
1.1	Energiekosten	12
1.2	Gebäudesanierungen	12
1.3	Richtwerte für Investitionen	12
<hr/>		
2	Energetischen Überblick gewinnen	15
2.1	Einleitung	16
2.2	Wärmetechnische Gebäudesanierung (WTG)	16
2.3	Die Grobanalyse (GA)	18
<hr/>		
3	Ist-Zustand ermitteln	19
3.1	Gebäude: Ist-Zustand	20
3.2	Heizanlage: Ist-Zustand	22
3.3	Energielieferbedingungen	27
3.4	Benutzeranforderungen (Komfortstand, Verbesserungsansprüche)	27
3.5	Tatsächlicher Energieverbrauch Heizung «ist» der letzten Jahre	29
<hr/>		
4	Heizstromverbrauch beurteilen	33
4.1	Energiebedarf Heizung «soll»	34
4.2	Schätzung des Energiebedarfs Heizung «soll» mit statistischen Kennzahlen	35
4.3	Statistische Energie-Kennzahlen	36
4.4	Vergleich: E-Bedarf Heizung «soll», E-Verbrauch Heizung «ist»	37
<hr/>		
5	Massnahmenkatalog	41
5.1	Allgemeines	42
5.2	Gebäudehülle	43
5.3	Heizanlageanteile isolieren	43
5.4	Benutzerverhalten	43
5.5	Einzelmassnahmen	43
5.6	Sanierung der Heizanlagensteuerung	43
5.7	Zusatzheizungen	47
5.8	Ersatz der Elektroheizung	49

6	Wirtschaftlichkeit	59
6.1	Allgemeines	60
6.2	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	6
6.3	Wirtschaftlichkeit verschiedener Energiesysteme	64
6.4	Total der mittleren jährlichen Kosten	66
<hr/>		
7	Massnahmenplan festlegen	71
7.1	Allgemeines	72
7.2	Ausgangslage	72
7.3	Vorgehen zur Planerstellung	72
7.4	Planungs-Leitlinie: Zentralheizsystem vorhanden	73
7.5	Planungs-Leitlinie: Einzelspeicher	75
<hr/>		
8	Anhang	77
8.1	Literaturverzeichnis	78
8.2	Anhänge A2 bis A7	80
8.3	Tabellen/Checklisten	102
8.4	Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL	115
<hr/>		

I Vorwort RAVEL

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990–1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- BAU – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energiequellen

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitskapital.

Im Zentrum der Aktivität von RAVEL steht die Verbesserung der fachlichen Kompetenz, Strom rationell zu verwenden. Neben den bisher im Vordergrund stehenden Produktions- und Sicherheitsaspekten soll verstärkt die wirkungsgradorientierte Sicht treten. Aufgrund einer Verbrauchsmatrix hat RAVEL die zu behandelnden Themen breit abgesteckt. Neben den Stromwendungen in Gebäuden kommen auch Prozesse in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich zum Zuge. Entsprechend vielfältig sind die angesprochenen Zielgruppen: Sie umfassen Fachleute auf allen Ausbildungsstufen wie auch die Entscheidungsträger, die über stromrelevante Abläufe und Investitionen zu befinden haben.

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos usw.

Umgesetzt werden sollen die Ziele von RAVEL durch Untersuchungsprojekte zur Verbreiterung der Wissensbasis und – darauf aufbauend – Aus- und Weiterbildung sowie Informationen. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Es ist vorgesehen, jährlich eine RAVEL-Tagung durchzuführen, an der jeweils – zu einem Leitthema – umfassend über neue Ergebnisse, Entwicklungen und Tendenzen in der jungen, faszinierenden Disziplin der rationellen Verwendung von Elektrizität informiert und diskutiert wird. Interes-

senten können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint zwei- bis dreimal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich. Jedem Kurs- oder Veranstaltungsteilnehmer wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache aus der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3003 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionierte Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations- und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch Spezialisten auch die Beachtung der Schnittstellen im Bereich der Stromanwendung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten, die den rationellen Einsatz der Elektrizität anstreben, sicher. Branchenorganisationen übernehmen die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben.

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorliegende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die Autoren freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der verantwortliche Redaktor/Kursleiter entgegen.

Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

März 1992

Dr. H. Kneubühler
Stv. Direktor des Bundesamtes
für Konjunkturfragen

II Einleitung

Stellenwert der Elektroheizung

Die VSE-Statistik Elektrizitätsverbrauch [1] der Schweiz 1990 gibt den Anteil des Stromverbrauchs für Raumheizung mit 7,1% an. Auf elektrische Widerstandsheizungen entfallen 6,3% und 0,8% werden zum Wärmepumpenantrieb genutzt.

Mit elektrischen Widerstandsheizungen werden rund 180'000 Wohneinheiten beheizt; mit elektrischen Wärmepumpenanlagen etwa 21'000.

Umwelt schonen, Alternativen nutzen

Jede Energienutzung ist mit Einflüssen auf die Umwelt verbunden. Bei der Raumheizung ergibt sich zu deren Minimierung folgende Reihenfolge:

- Verbrauch/Bedarf senken (Wärmedämmung, keine Verschwendung)
- Erneuerbare Energien nutzen (aus Umwelt, Holz ...)
- Notwendigen Endenergieeinsatz optimieren (Hohe Nutzungsgrade, angepasste Systemintegrationen)

Da das vorliegende Projekt ausschliesslich von bestehenden Elektro-Widerstandsheizungen ausgeht, entstehen unterschiedliche Bearbeitungstiefen für die drei Punkte. Bei allen behandelten Analysen und Massnahmen darf aber die Gesamtbeurteilung nie ausser Acht gelassen werden:

- Verbrauch/Bedarf senken:
 1. Wärmedämmung ist sicher langfristig die wichtigste Massnahme überhaupt. Bei bestehenden Bauten – und um die geht es hier ausschliesslich – liegen dabei die Einschränkungen in der vorhandenen Bausubstanz (bauphysikalischer Aufbau, historische Gebäude, Ortsbild ...) und bei der Relation Wärmedämmkosten/Energiepreisniveau. Für eine Wärmedämmung von Dach und Aussenhülle der hier grösstenteils vorliegenden Einfamilienhausbauten ist mit Kosten von Fr. 45'000.— bis Fr. 110'000.— zu rechnen (Richtpreise pro Quadratmeter aus [3]).
 2. Verschwendungen abbauen durch benutzungsgerechte Heizung (nur voll heizen, wo und wann es notwendig ist), klimagerechte Regelungen (Thermostatventile, Optimierende Heizungsregler ...).

- Erneuerbare Energien nutzen.

1. Die Wärmepumpe ist eine der breit und standardmässig einsetzbaren Möglichkeiten dazu. Sie ist als Hauptalternative im Projekt behandelt. Für bestehende Bauten sind dabei zwei Hauptkriterien entscheidend: Eine Umweltwärmequelle muss vorhanden und nutzbar sein, und das Wärmeverteilsystem im Gebäude muss mit niedrigen Temperaturen betrieben werden können.

Für die Installation einer Luft/Wasser WP-Anlage (12 kW Wärmeleistung, einfaches System) in bestehenden Einfamilienhäusern muss mit Kosten zwischen

Fr. 25'000.— und 40'000.— gerechnet werden.

2. Zusatzöfen mit Holzfeuerung können als individuelle Systeme zur Verminderung des Stromverbrauchs für die Raumheizung beitragen. Sie stellen gewisse Anforderungen an den Wohnstil und an Lebens- und Komfortgewohnheiten. Aufgrund der vielen individuellen Systeme ist von einem einfachen Zimmer-Anstellofen bis zu integrierten Kachelöfen ein Preisspektrum zwischen Fr. 5'000.— und 30'000.— vorhanden.

- Als Endenergiearten für die Raumheizung kommen die fossilen Rohstoffe Heizöl, Gas und der Energieträger Strom in Frage.

Durch ihre Nutzung wird die Umwelt beeinflusst:

- Öl, Gas: Emissionen, CO₂, Treibhauseffekt, Luftreinhaltung
- Strom: Radioaktive Abfälle, Gewässer- und Landschaftsschutz

Aussichten

Längerfristig können – vermehrt unabhängig von Marktpreissituationen – Überlegungen zur Wertigkeit der Energie (ihrem möglichen Arbeitsvermögen) ihrem Rohstoffcharakter (Endlichkeit der Ressourcen) ihrer Lagerfähigkeit (Öl) bzw. Netzabhängigkeit (Gas, Strom) an Bedeutung gewinnen.

Die Preisrelationen der vergangenen Jahre und absehbare Entwicklungen für die nächste Zeit lassen – mit allen Vorbehalten – folgende Überlegungen zu:

- Die Energiekosten werden steigen
- Beim Oel sind Preissprünge möglich
- Die Gaspreise sind bisher verzögert den Ölpreisen gefolgt
- Die Strompreise werden je nach Netz- und Produktionsauslastung differenzierter: In der für die Elektroheizung relevanten Winterperiode wird – insbesondere bei den Niedertarifen – die grösste Kostensteigerung zu erwarten sein.

Bestehende Elektroheizungen

Das Projekt geht ausschliesslich von bestehenden elektrischen Widerstandsheizungen aus. Anlagen aus den Siebzigerjahren sind sowohl altersbedingt als auch von den Systemen her am ehesten sanierungsbedürftig; dort sind in erster Linie Verbesserungen zu suchen. Dieser Umstand hat zur Konzeption der Themen beigetragen und deren Tiefe wesentlich bestimmt.

Vier Unterscheidungsmerkmale haben eine zentrale Bedeutung für die Sanierungs- oder Ersatzmöglichkeiten:

Zentralspeicherheizungen mit einem konventionellen Warmwasser-Heizverteilsystem lassen am meisten Spielraum offen.

Einzelraumspeicherheizungen, die mit dem Gebäudebau geplant und eingebaut wurden, sind wegen des fehlenden Heizverteilsystems speziell steuerungsseitig und bezüglich Zusatzsystemen zu bearbeiten.

Direktheizungen, die korrekt funktionieren, können nur im Zusammenhang mit weiteren Systemen (Speicher- oder Zusatzheizungen) optimiert werden, ihre bedarfsgerechte Steuerung ist maximal zu nutzen.

Elektroheizungen, die als Zusätze in älteren oder historischen Gebäuden vorhanden sind, können bestenfalls steuerungsseitig optimiert werden. Energetische Gesichtspunkte sind dabei architektonischen und benutzungsspezifischen Gegebenheiten oft unterzuordnen.

Projektziele, Vorgehen

Das Hauptziel ist, **in bestehenden Elektroheizungen nur das absolute Minimum an Strom zu verbrauchen.**

Um dies zu erreichen, wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- Zuerst werden Grundlagen zusammengestellt und ein folgerichtiger Arbeitsablauf entwickelt. Damit sind Systembeurteilungen möglich und es können individuell angepasste, energetisch sinnvolle Vorschläge für Verbesserungen ausgearbeitet werden.
- Zu jedem Schritt im Beratungsablauf werden die wichtigen Angaben gemacht, damit die entscheidenden Kriterien mit minimalem Aufwand bearbeitet werden können.
- Der Ablauf ist ausgerichtet auf ältere, meist einfach gesteuerte Elektroheizungen; deshalb wird auf eingehende Erklärungen von Grundlagen und Randbedingungen verzichtet. Mit Hinweisen auf Kostenkonsequenzen bereits bei der Datenermittlung soll eine aussagekräftige Anwendbarkeit erreicht werden.

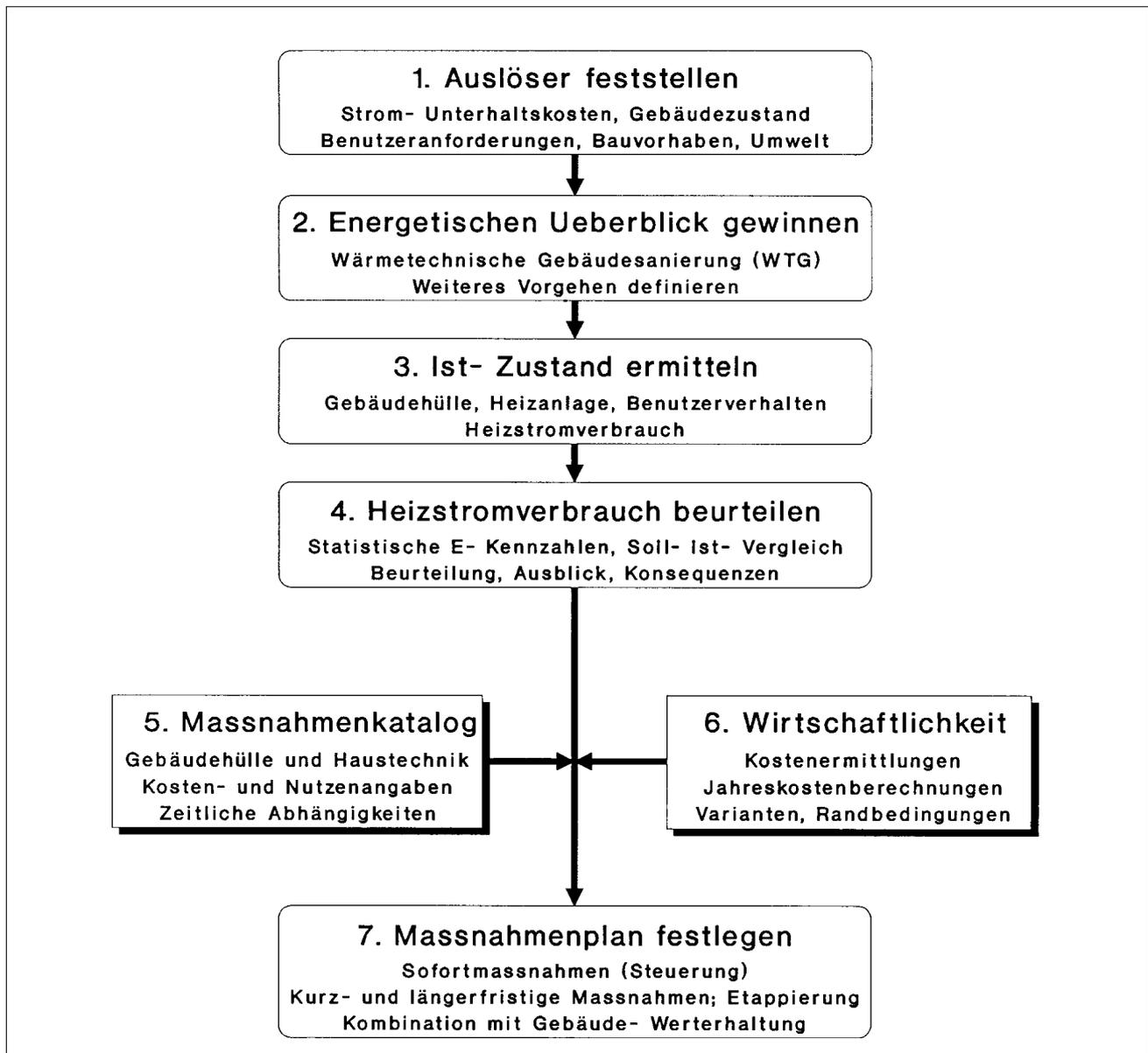
Gliederung

Die Gliederung der vorliegenden Dokumentation entspricht dem Vorgehen bei einer Beratung.

Es ist in jeder Phase notwendig, das System: Gebäude – Elektroheizung – Benutzer als ganzes zu sehen. Erst aufgrund einer entsprechenden Analyse wird es möglich, abgestimmte Einzelmassnahmen vorzuschlagen, die systemkomform sind. Obwohl die Schritte in Kapitel gegliedert sind, ist der Systemüberlegung als Kern immer Rechnung zu tragen.

Aufbau

Der Beratungsablauf ist im nachstehenden Ablaufschema dargestellt. Die Dokumentation ist nach diesem Schema aufgebaut und die einzelnen Kapitel sind entsprechend nummeriert.



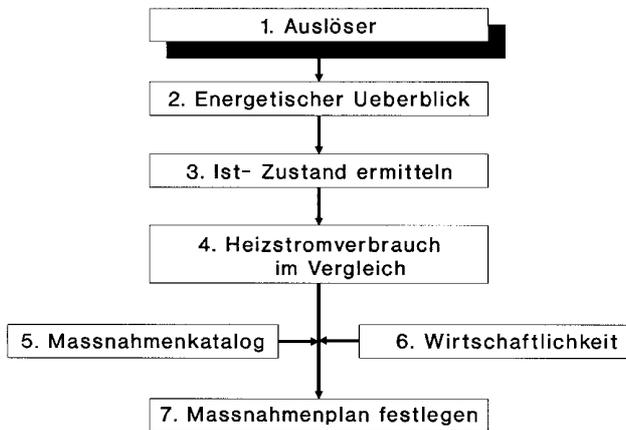
Am Anfang des Kapitels ist ein vereinfachtes Ablaufschema eingefügt. Der jeweils aktuelle Schritt ist dort mit einem Schatten hervorgehoben.

Der **Anhang** umfasst vertiefte Informationen und Detailangaben zu den entsprechenden Kapiteln sowie Tabellen mit Berechnungsangaben, leere Arbeitsblätter für Beratungen und ein Literaturverzeichnis.

1 Auslöser, Beweggründe

1.1	Energiekosten	12
1.2	Gebäudesanierungen	12
1.3	Richtwerte für Investitionen	12

1 Auslöser, Beweggründe



1.1 Energiekosten

Für Elektroheizungsbetreiber sind die steigenden Energiekosten sicher einer der Hauptgründe, energieseitig «etwas zu tun». Beim Kaufentscheid waren Strompreise von 6–9 Rp./kWh die Entscheidungsgrundlage. Heute liegen die Tarife bei etwa 9–12 Rp./kWh und zukünftig ist mit Strompreiserhöhungen auf 12–18 Rp./kWh zu rechnen. Besonders die Kosten im Winter werden steigen!

1.2 Gebäudesanierungen

Eine **Sanierung am Gebäude** oder an der Haustechnik kann aus verschiedenen **Beweggründen** notwendig oder sinnvoll sein:

- Erreichen der Lebensdauer, Abnützungerscheinungen an Installationen
- Bauphysikalische oder statische Schäden
- Veränderte Benützeransprüche und Umweltbedingungen
- Mangelnde Behaglichkeit oder gefährdete Gesundheit
- Unwirtschaftlicher Betrieb (Gebäudehülle und/oder Haustechnikanlagen)
- Wunsch nach grösserer Versorgungssicherheit
- Behördliche Auflagen (z.B. Vorschriften wie die Luftreinhalteverordnung)
- Ausbau und Erweiterungen

Bei jeder Sanierung sollten **energietechnische, physiologische und wirtschaftliche Aspekte** mitberücksichtigt werden; zum Beispiel:

- Energie sparen
- nicht erneuerbare Energien substituieren
- Behaglichkeit und Gesundheit sichern
- Betriebskosten senken
- Versorgungssicherheit erhöhen

1.3 Richtwerte für Investitionen

Als erste Anhaltspunkte für Kosten von Sanierungen dienen die nachfolgenden Angaben. Es handelt sich um Durchschnittswerte, die nicht auf jeden Einzelfall anwendbar sind:

- Gebäudeunterhalt EFH:

- Allgemeine Reparaturen ca. Fr. 2 000.–/Jahr
- Renovation/Unterhalt ca. Fr. 5–10 000.–/Jahr

- Aussenwärmedämmung

Wenn ohnehin in den Bereichen Dach, Fassaden, Fenster Unterhaltsarbeiten notwendig sind und wenn der Ersatz der Elektroheizung aus Platzgründen oder installationstechnisch problematisch werden könnte, kommt eine besonders gute Wärmedämmung in Frage. Insbesondere mit dem eher teuren Energieträger Strom dürften in diesem Zusammenhang auch wirtschaftlich akzeptable Lösungen möglich sein.

Als Beispiel diene folgender Ansatz:

Kleines EFH mit 150 m² Fassadenfläche und 140 m² Dachfläche,
Heizenergieverbrauch 28 000 kWh/a

Kostengrössenordnung Wärmedämmung (m²-Preise aus [3])

Fassaden: 150 m ² · Fr. 300.–/m ²	= Fr. 45 000.–
Dach: 140 m ² · Fr. 120.–/m ²	= Fr. 16 800.–
Fenster: pauschal	Fr. 25 000.–
<hr/>	
Total Wärmedämmung ca.	Fr. 86 800.–

Energiekosten

Bisher: 28'000 kWh/a · Ø 10 Rp./kWh = Fr. 2 400.—/a

Neu, gut isoliert, Einsparung 30%

zu zukünftig höheren Energiekosten

von angenommen 15 Rp./kWh:

Energiekosteneinsparung:

8 400 kWh/a · Ø 15 Rp./kWh = Fr. 1 260.—/a

Diese einfachste Kostenschätzung zeigt, dass die Energiekosteneinsparung nur einen Beitrag an die Kapitalkosten für die Wärmedämmung leisten kann. Wenn aber, wie eingangs erwähnt, so oder so Aussenrenovierungen notwendig sind, kann diese Überlegung wichtig sein. Überdies dürfte damit der Wohnkomfort entscheidend verbessert werden können. In diesem Zusammenhang sind auch steuerliche Erleichterungen fallweise abzuklären. Je nach kantonalen Gesetzen sind namhafte Beträge abzugsberechtigt.

- WP-Heizung als Ersatz

Als Vergleich und zur Vervollständigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind auch die Möglichkeiten von Ersatzheizungen hier kurz zu streifen: Als minimale Voraussetzung für eine Wärmepumpenheizung muss ein hydraulisches Wärmeverteilsystem vorhanden sein.

Für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit 12 kW Heizleistung wird mit Kosten zwischen Fr. 25 000.— und Fr. 40 000.— zu rechnen sein.

- Öl- oder Gasheizungen als Ersatz

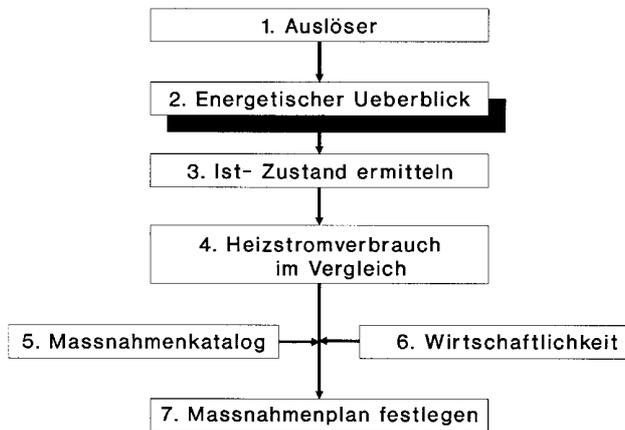
Als weitere Möglichkeiten kommen Öl- oder Gasheizungen in Frage. Wenn Räume für Kamin und Tank freigemacht werden können, dürften die Investitionen etwa 3/4 der WP-Angaben betragen (Kamin, Tankraum).

Diese unvollständigen, rudimentären Angaben sollen hier nur als Hinweise für die erste Grobbeurteilung dienen. Wesentlich ist, im weiteren Bearbeitungsverlauf realistische Alternativen weiterzuverfolgen und als definitive Entscheidungsgrundlage vertieft auszuarbeiten.

2 Energetischen Überblick gewinnen

2.1	Einleitung	16
2.2	Wärmetechnische Gebäudesanierung (WTG)	16
2.3	Die Grobanalyse (GA)	18

2 Energetischen Überblick gewinnen



2.1 Einleitung

Bevor die rationelle Verwendung von Elektrizität – RAVEL – und die Verwendung von Energie überhaupt angegangen wird, ist es entscheidend, den Energieverbrauch zu analysieren und zu minimieren.

Für bestehende Bauten eignet sich dazu das Vorgehen, wie es im Handbuch «Planung und Projektierung wärmetechnischer Gebäudesanierungen» [6] beschrieben ist; d.h. ein schrittweises Vorgehen, welches sowohl den Baukörper wie die gesamte Haustechnik umfasst.

Das **Resultat** der wärmetechnischen Untersuchung ist ein **Konzept**, das dem Auftraggeber die Grundlagen für seine Entscheide bezüglich Projektierung und Ausführung der empfehlenswerten Sanierungsmassnahmen liefert.

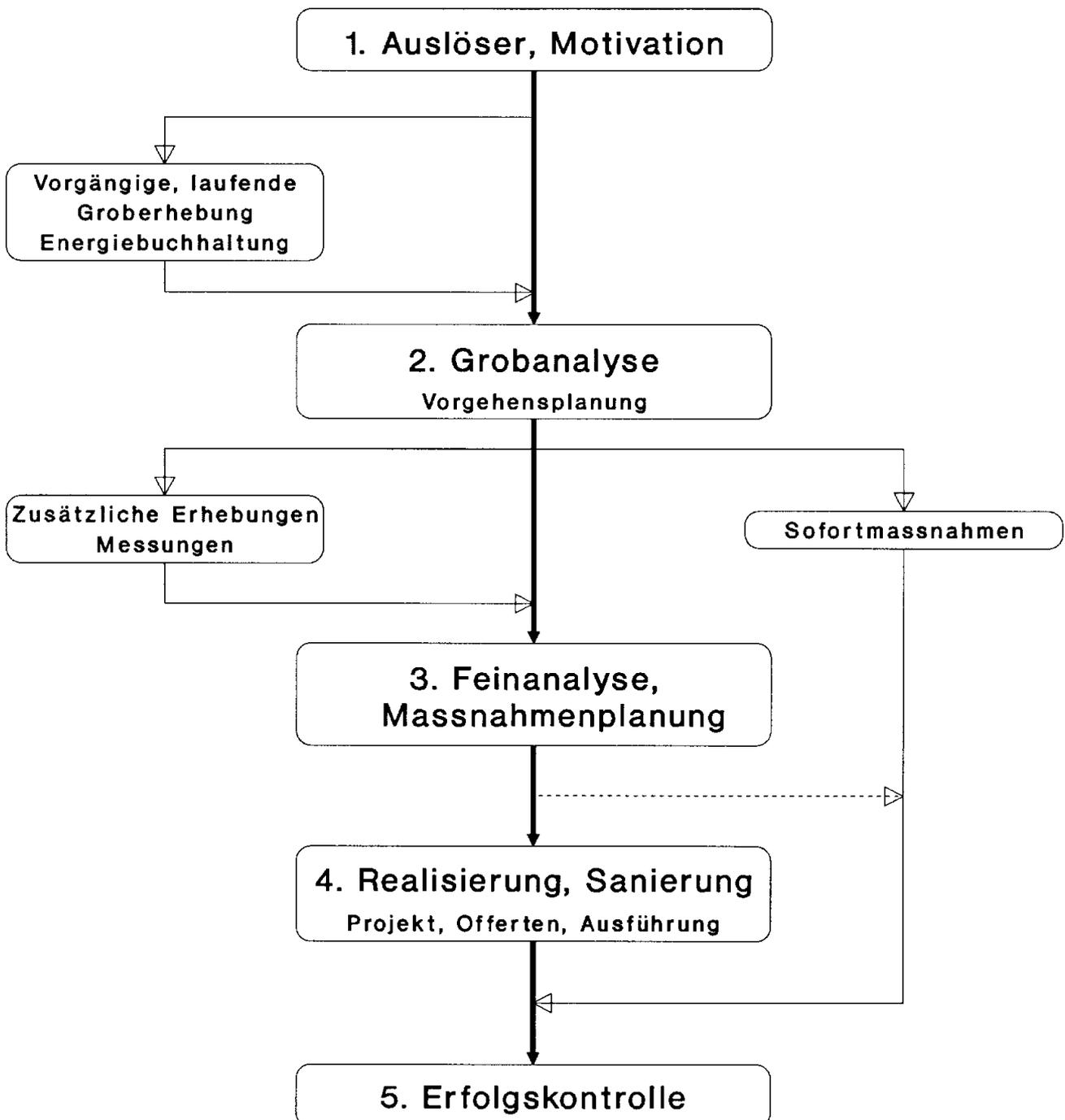
Für die bestehenden Gebäude mit sanierungsbedürftigen Elektroheizungen wird als Ausschnitt aus der ganzen wärmetechnischen Gebäudesanierung die Grobanalyse ausgearbeitet, mit Schwerpunkt auf der Heizungsinstallation.

2.2 Wärmetechnische Gebäudesanierung (WTG)

Eine **vollständige wärmetechnische Gebäudesanierung** ist im nachfolgenden Ablaufplan dargestellt

Die Wärmetechnische Gebäudesanierung

Vorgehen: Ablaufplan



In kleineren Gebäuden kann eventuell die Grobanalyse und die Feinanalyse/Massnahmenplanung zusammengefasst werden. Hingegen muss bei komplexeren Anlagen oft ein zusätzlicher Zwischenschritt – Messungen – eingefügt werden.

Der Ablauf für die vorliegende Aufgabenstellung ist wesentlich einfacher. Sollten einmal Probleme auftreten, ist es hilfreich, auf die vollständige Unterlage zurückzugreifen. Zur Weiterbearbeitung wird hier nachfolgend nur eine Grobanalyse durchgeführt. Auf die Heiztechnik mit der bestehenden Elektroheizung wird vertieft eingegangen.

2.3 Die Grobanalyse (GA)

Das Ziel der Grobanalyse im Rahmen dieser Beratung kann wie folgt umschrieben werden:

- Beurteilung des Energie-Verbrauches (Ist-Zustand) aufgrund der Energie-Kennzahl (E-KZ): Das theoretische Sparpotential wird über statistische Werte vergleichbarer Gebäude ermittelt.
- Sofortmassnahmen werden aufgezeigt und realisiert. Sofortmassnahmen sind Massnahmen, welche ohne oder mit nur geringen Kosten Einsparungen ermöglichen.
- Weitere Sanierungs-Möglichkeiten werden aufgrund einer Besichtigung aufgelistet und grob bewertet. Für die Elektroheizung werden, als Hauptziel dieser Publikation, detaillierte Vorschläge ausgearbeitet.
- Das weitere Vorgehen wird aufgezeigt; z.B.: Messkonzept, Realisierung von Einzelmassnahmen, Feinanalyse/Massnahmenplanung

Als Grundlage für die Erstellung der Grobanalyse dient die IST-ZUSTANDSAUFNAHME.

Dabei wird in erster Linie festgestellt, ob verbrauchsseitig grössere «Leaks» bestehen: Mangelhafte Isolation, Bauteilübergänge, Wärmebrücken, Fenster, Türen usw.

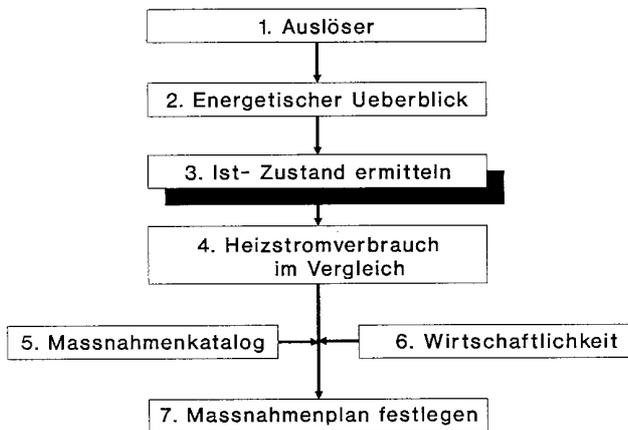
Anmerkung:

In elektrisch beheizten Wohnungen wird das **Warmwasser** überwiegend in separaten Elektroboilern bereitet. Die weiteren Ausführungen beziehen sich deshalb ausschliesslich auf die Gebäudeheizung. Wenn im Zusammenhang mit der Sanierung oder dem Ersatz der Elektroheizung eine Kombination von Warmwasserbereitung und Gebäudeheizung möglich ist, sind frühzeitig Schnittstellen und Koordinationsfragen zu klären [4].

3 Ist-Zustand ermitteln

3.1	Gebäude: Ist-Zustand	20
3.2	Heizanlage: Ist-Zustand	22
3.3	Energielieferbedingungen	27
3.4	Benutzeranforderungen (Komfortstand, Verbesserungsansprüche)	27
3.5	Tatsächlicher Energieverbrauch Heizung «ist» der letzten Jahre	29

3 Ist-Zustand ermitteln



3.1 Gebäude: Ist-Zustand

Einleitung

Als Grundlage zur wärmetechnischen Beurteilung des Gebäudes dienen tabellarische Ist-Zustandsaufnahmen. Sie bilden den hier bearbeiteten Auszug aus der WTG.

Ist-Zustandsaufnahme: Notwendige Unterlagen

Für die nachfolgend beschriebene Ist-Zustandsaufnahme sind durch den Kunden folgende Unterlagen bereitzustellen, bzw. Fragen zu beantworten:

-> Unterlagen

- Energierechnungen/Energiebuchhaltung: Für Elektroheizungen Stromrechnungen über die letzten 3 bis 5 Jahre
- Baupläne und Baubeschriebe, bzw. Angaben zur Gebäudehülle, Dach, Fenster, insbesondere aus Sanierungen
- Aktuelle Stromtarife und Anschlussbedingungen des EW (HT/NT, Lade-/Sperrzeiten ...)

-> Weitere Angaben

- Aus-/Umbauabsichten
- Beurteilung Komfort
- Komfortansprüche für die Zukunft
- Benutzerverhalten/-Struktur

Tabellarische Aufnahmen

Die Ist-Zustandsaufnahmen und Grobbeurteilungen «auf Sicht» umfassen die Bereiche Bauhülle, Haustechnik und Benutzerverhalten/Betrieb/Komfort. Als Darstellungsart hat sich die Tabellenform als geeignet erwiesen. Vorgeschlagene Massnahmen werden am besten durchnumeriert (bauliche Massnahmen: B1, B2, B3..., Heizungsmassnahmen : H1, H2, H3..., usw.), und diese Numerierung wird auch für die Feinanalyse/Massnahmenplanung beibehalten.

Gebäude-Ist-Zustandsaufnahme

Bauteil	Beschrieb	Beurteilung Mängel	Mögliche Verbesserungen	Nr.

Datum: _____

Visum: _____

Bauhülle

Folgende Bauteile sind für die Beurteilung der Bauhülle relevant und deshalb in die Tabelle aufzunehmen:

- Böden gegen unbeheizt
- Aussenwände und Böden gegen Aussenluft
- Aussenfenster und -türen
- Decken gegen unbeheizt und Schrägdach
- Flachdach
- Innenwände gegen unbeheizt

Der Beschrieb umfasst den Schichtaufbau, soweit dieser klar ist; hingegen werden in der Grobanalyse keine k-Wert-Berechnungen verlangt.

Die Grobbeurteilung umfasst Zustand (sichtbare Schäden und Mängel) und eine grobe Beurteilung betreffend Wärmedämmung und Luftdichtigkeit (ungenügend oder genügend). Mögliche Vorschläge für Sanierungen sind dem Massnahmenkatalog Wärmedämmung im Anhang A3.1 zu entnehmen.

**3.2 Heizanlage:
Ist-Zustand**

Einleitung

Zur Erfassung des Ist-Zustandes der Heizanlage ist festzustellen, um welches System oder um welche Systemkombinationen es sich handelt. Bei bestehenden Bauten, die eventuell in mehreren Etappen erstellt wurden, kann diese Aufgabe schwierig sein.

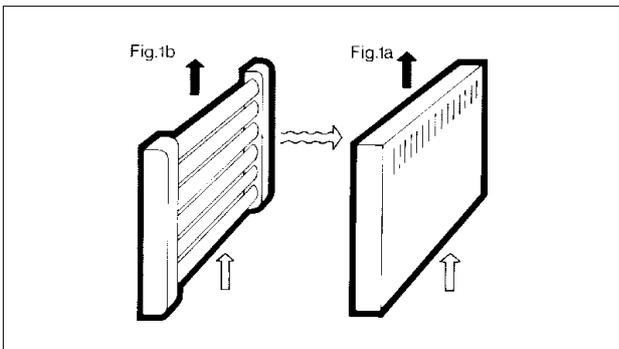
In solchen Fällen können die Systemübersichten über Geräte und Steuerungen, die den ersten Teil des Kapitels bilden, als Einteilungshilfe dienen. Mit den Gerätebeschrieben, Bedienungsanleitungen und allenfalls Angaben, die in der EW-Anschlussbewilligung stehen, ist es in den meisten Fällen möglich, das System zu definieren.

Systemübersicht

Die Systemübersicht dient als Einteilungshilfe. Sie enthält Grundlageninformationen, die in Gerätebeschrieben oft fehlen. Aus beiden Quellen sollte es möglich sein, das System zu definieren.

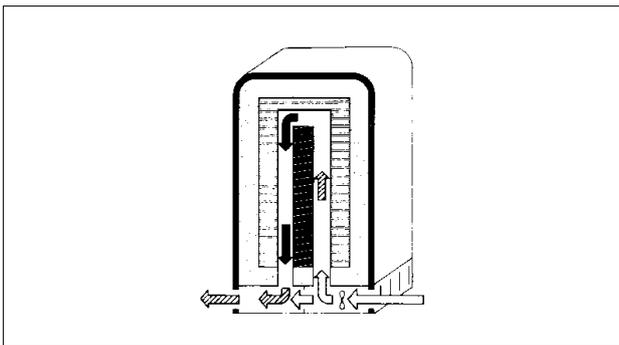
	Einzelraumheizungen	Zentralheizungen
Direkte	Konvektor Heizwand Rohrheizkörper Schnellheizer mit Gebläse Hochtemperaturstrahler Fussbodenheizung Unterflur-Konvektor	Durchlauferhitzer Luftherhitzer
Speicher	Statische Speicher Dynamische Speicher Mischheizspeicher Fussbodenheizung	Wasserspeicher Feststoffspeicher

Die Bilder und Kurzbeschreibungen enthalten die Hauptmerkmale charakteristischer Geräte.



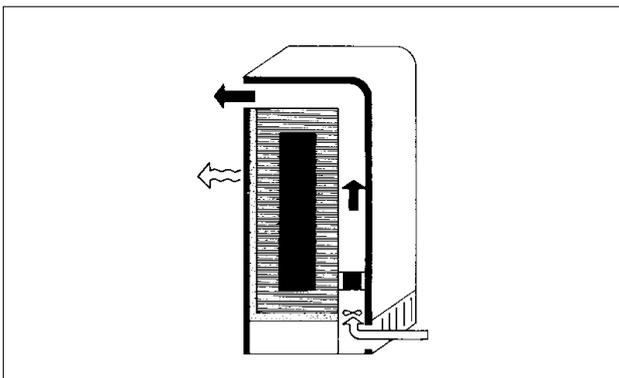
Die Direktheizung

Sie ist in Einzelräumen als Rohrwandheizkörper (Bild 1b) oder als Konvektor (Bild 1a) montiert. Bei beiden besteht die Heizwirkung aus Konvektion (Wärmeübertragung durch bewegte Luft) und aus Strahlung. Direktheizgeräte sind technisch einfach aufgebaut, ihre Wärmeabgabe ist leicht zu regulieren. Sie verbrauchen mehr Energie zu Hochtarifzeiten als andere Geräte. Sie haben keine Speicherluste.



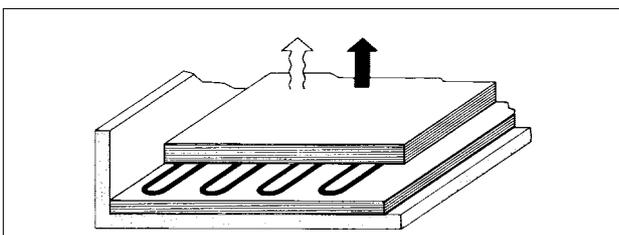
Der dynamische Speicher

Ein Feststoff-Wärmespeicher wird im Gerät vorwiegend zu Niedertarifzeiten elektrisch aufgeheizt. Ein thermostatisch gesteuerter Ventilator fördert die im Speicherkern erwärmte Luft in den Raum.



Der Mischheizspeicher

Er stellt eine Kombination von Speicher- und Direktheizung dar. Der Speicherteil gibt seine Wärme durch Strahlung und natürliche Konvektion ab. Dieser statische Speicherteil deckt die Grundlast der Heizung zu etwa 70%. Der Direktheizanteil dient zur Deckung des Spitzenbedarfes und zur Temperaturregulierung.



Der Fußbodenspeicher

Er wird meist in Kombination mit einer Zusatz-Direktheizung eingesetzt und stellt somit eine Art Mischheizung dar.

Der Zentral- oder Blockspeicher

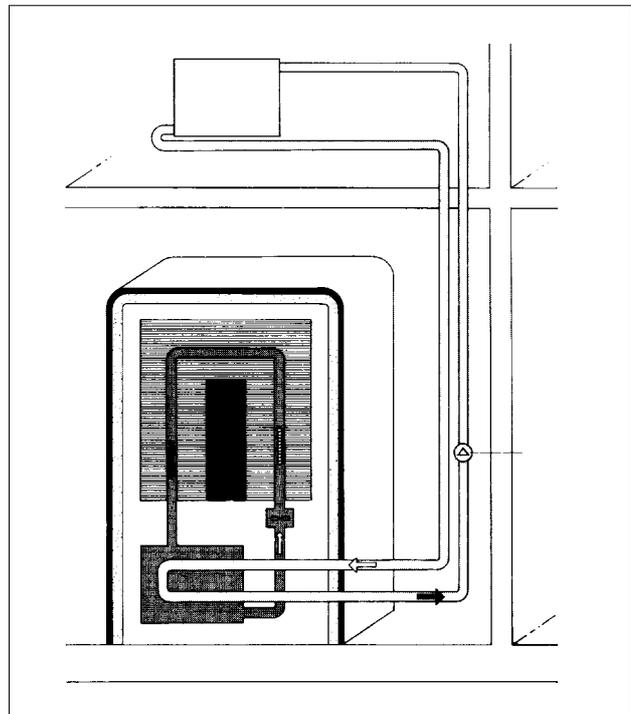
Als Wärmeträger dient Warmwasser in Radiatoren oder Warmluft in Luftheizungen. Der Wärmeträger wird direkt oder über Wärmetauscher im zentralen Speicher aufgeheizt. Als Speichermaterial dient meist Magnesit, das auf mehrere hundert Grad Celcius aufgeheizt wird.

Neben dem oben beschriebenen zentralen Feststoffspeicher gibt es solche mit Speicherwasser. Da diese Speicher nur auf ca. 100 °C aufgeheizt werden, verringern sich die Anforderungen an die Isolation. Das Speichervolumen wird jedoch größer.

Bei einem allfälligen Ersatz ist die Weiterverwendung des Wasserspeichers zu prüfen!

Die gemischte Heizung

Sie ist das am häufigsten verwendete Heizsystem. Die Haupträume werden mit Voll- oder Mischheizspeichern, die Nebenräume mit Direktheizgeräten ausgerüstet. Der Anteil direkt beheizter Räume ist je nach Objekt und Region verschieden.



Übersicht Steuer- und Regelgeräte

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Heizgeräte brauchen für den Betrieb Steuer- und Regelgeräte. Ausser bei den Direktheizgeräten enthalten praktisch alle eine Aufladesteuerung, die im Zusammenhang mit Tarif- und Sperrzeiten den Stromkonsum steuert und eine Entladeregelung, die die gespeicherte Wärme bedarfsgerecht an den Raum abgibt.

Direktheizgeräte

Bei den Direktheizgeräten erfolgt die Energieaufnahme und die Wärmeabgabe praktisch gleichzeitig. Die Regelung von Direktheizgeräten ist deshalb sehr einfach. Sie erfolgt entweder automatisch über einen Raumthermostat oder manuell (Ein/Aus-Schalter).

Zentralspeicher

- Aufladesteuerung

Die Aufladesteuerung hat die Aufgabe, die Speicher in der Niedertarifzeit möglichst optimal zu laden. Aufgrund der Aussentemperatur wird ein Sollwert für die Ladung bestimmt, dabei muss noch vorhandene Restwärme im Speicher berücksichtigt werden.

- Entladeregelung

Für die Entladung werden im Prinzip die gleichen Regler wie bei andern Heizsystemen eingesetzt. Sie sind meist aussentemperaturabhängig geführt. Zusätzlich können Raumreferenztemperaturen berücksichtigt werden.

Neuere Gerätegenerationen fassen die beiden Funktionen Aufladung und Entladung in einem einzigen Apparat zusammen. Sie sind meistens selbstoptimierend.

Einzelraumspeicher

- Aufladesteuerung

Die Aufladesteuerung funktioniert im Prinzip gleich wie beim Zentralspeicher, mit dem Unterschied, dass die Restwärme von jedem Speichergerät individuell berücksichtigt werden muss.

- Entladeregelung

Die Entladung für dynamische Einzelraumspeicher sowie die Ergänzungsheizung bei Mischheiz-

speichern wird durch Raumthermostaten geregelt. Der Raumthermostat ist entweder an einer Wand des Raumes oder im Gerät selber angebracht.

Tabellarische Aufnahmen

In den nachfolgenden Tabellen werden die installierten Geräte eingetragen. Es ist für das Verständnis der Anlage wichtig, diese gemäss Systemübersicht zu identifizieren und die Funktionen der Steuer- und Regelgeräte in der Übersichtstabelle zu definieren. Vorhandene Geräteunterlagen, Bedienungsanleitungen usw., sind dazu gute Helfer.

Heizanlage-Ist-Zustandsaufnahme

Geräte	Typ	Hersteller	System	Leistung	Baujahr
Wärmeerzeuger Zustand Einstellungen Bemerkungen					
Aufladesteuerung Zustand Einstellungen Bemerkungen					
Entladeregulung Zustand Einstellungen Bemerkungen					
Andere Anlageteile Zustand Bemerkungen					

Datum: _____

Visum: _____

3.3 Energielieferbedingungen

Diese Tabelle dient zur Erfassung der Energielieferbedingungen. Dabei ist besonders zu beachten, dass für die Einstellung der Aufladesteuerung die aktuellen Daten verwendet werden. Diese können seit der Inbetriebnahme geändert haben.

Für Sanierungen und Änderungen sind beim Energieversorger Informationen über Entwicklungstendenzen einzuholen: Sommer-, Winter-Differenzierung; andere Sperrzeiten, andere Tarifstrukturen

3.4 Benutzeranforderungen (Komfortstand, Verbesserungsansprüche)

Die Aufnahme der Benutzeranforderungen muss detailliert erfolgen. Die Aussagen sollten so präzise wie möglich sein: Es ist jeweils zu überprüfen, ob ein Zusammenhang besteht zu

- Sperr- und Ladezeiten
- Tag/Nacht
- Aussentemperaturen

Also z.B.: Ist es regelmässig zu gewissen Uhrzeiten zu kalt, oder ist die Raumtemperatur immer bei Sonnenschein schlecht eingehalten usw. Im Anhang A3.3 ist eine Tabelle zum Komfort und zur Regelfähigkeit von elektrischen Heizgeräten eingefügt.

Energielieferbedingungen-Istzustandsaufnahme

Anschlussbedingung	von	bis	Bemerkung
Hochtarif			
Niedertarif			
Sperrzeiten			
Freigabezeiten			
Bewilligte Aufladung Anschlussleistung kW
Nachladung		 kW

Datum: _____

Visum: _____

Benutzeranforderungen

Kriterien erfüllt	ja	nein	Bemerkungen
Raumtemperatur (Heizleistung) ausreichend			
Anpassung an wechselnden Wärmebedarf befriedigend			
Zeitliche und örtliche Temperaturanpassung			
Betriebssicherheit			
Behaglichkeit			
Regelung/Steuerung automatisch			
Platzbedarf für Heizgeräte			
Verbesserungswünsche			

Datum: _____

Visum: _____

Die Benutzerbemerkungen sind Punkt für Punkt mit den übrigen Ist-Zustandsaufnahmen zu vergleichen. Möglicherweise finden sich dabei aus übereinstimmenden Fakten Hinweise auf Störungen.

Besonders zu prüfen ist auch, ob sich bezüglich dem Komfortstand im Laufe der Zeit Änderungen ergeben haben, oder ob seit einer EW-Tarif- und Anschlussrevision Veränderungen aufgetreten sind.

3.5 Tatsächlicher Energieverbrauch Heizung «ist» der letzten Jahre

Allgemeines

Die Kontrolle des Energieverbrauchs ist die wesentliche Grundlage für alle Diagnosen und Massnahmen bei Heizanlagen. Weil für die elektrische Energie immer Zähler vorhanden sind, ist dies je nach Methode und verfügbarer Zeit exakt und differenziert möglich. Von diesen Voraussetzungen ist in dreifacher Weise zu profitieren:

- Als Ergänzung der anderen Systemaufnahmen zur Beurteilung der Komponenten und des Energieeinsatzes;
- Bei Unstimmigkeiten oder grossen Abweichungen von erwarteten Werten durch Nachmessung während definierter Perioden;
- Nach Sanierungen/Umbauten als Basis der Erfolgskontrolle.

Die Verbrauchswerte müssen über mehrere Jahre gemittelt werden. Ist dies nicht möglich, sind Korrekturen der Heizgradtage notwendig. (Umrechnung der betrachteten Periode auf das langjährige Mittel der SMA-Angaben).

Je nach Messanordnung und vorhandenen Ablese- und Messdaten sind unterschiedliche Aussagen möglich. Wesentlich ist, dass kurzfristig mit gezielten täglichen Hoch- und Niedertarif-Zählerstandsablesungen detaillierte Beurteilungen vorgenommen werden können.

Methoden zur Bestimmung

a) Eine **separate Messung** des Stromverbrauchs für die Heizung ist nicht die Regel. Wenn man aber für die Analyse auf exakten Werten basieren will, oder wenn andere Methoden keine plausiblen Resultate liefern, kann ein «Privatzähler» installiert werden, der den Energieverbrauch der Heizung misst. Die Elektrizitätswerke stellen für solche Zwecke ausrangierte Stromzähler zur Verfügung.

b) Mit dem **eingebauten Zähler**, der den gesamten Stromverbrauch des Haushalts misst, ist eine normalerweise gute Stromverbrauchskontrolle möglich (Methode 1): Aus periodischen Zählerablesungen (monatlich, zweimonatlich oder vierteljährlich) können die Verbrauchsdaten gerechnet werden.

Bei ausgeschalteter Heizung wird der Stromverbrauch des Haushalts gemessen. Dieser darf mit genügender Genauigkeit als konstant über das Jahr angenommen werden. Die Verbrauchsdifferenz der Werte mit und ohne Heizung entspricht dem Energieverbrauch für die Heizung.

Energieverbrauch Heizung IST, Methode 1

Beschrieb	Wert/Angabe	Einheit	Bemerkung
Stromverbrauch pro Jahr EJ		kWh/a	
Verbrauch einer (Sommer)- Periode ohne Heizung	E_{SP}	kWh/SP	
Periodendauer	P_e	Tage	
Umrechnung auf 1 Jahr	E_U	kWh/a	$E_U = E_S \cdot P \cdot 365 / P_e$
Zuschlag 5% für höheren Winterallgemeinverbrauch	E_{Allg}	kWh/a	$E_{Allg} = E_U \cdot 1,05$
Energieverbrauch Heizung	E_a «IST»	kWh/a	$E_a \text{ IST} = E_J - E_{Allg}$

—> Wenn periodische Zählerablesungen fehlen, ist damit sofort zu beginnen. Für erste Schätzungen kann dann mit den Daten der Elektrizitätsrechnungen gearbeitet werden: Der dafür nachfolgend angegebene Rechnungsgang kann auch als langjährige Kontrolle dienen.

c) Schätzung des Energieverbrauchs aufgrund der Elektrizitätsrechnung (Methode 2):

Voraussetzungen: Die Zählerablesungen müssen Ende März und Ende September erfolgen, damit die Korrektur (+ 20%) für die Heizperiode stimmt.

Verbrauch in kWh im Winterhalbjahr minus Verbrauch in kWh im Sommerhalbjahr abzüglich 5%, weil der Verbrauch im übrigen Haushalt im Sommer geringer ist als im Winter und zusätzlich 20%, weil die Heizperiode länger dauert als ein halbes Jahr.

Energieverbrauch Heizung IST, Methode 2

Verbrauch Winter		kWh
Verbrauch Sommer	-	kWh
Differenz zuzüglich 15%	+	kWh kWh
Energieverbrauch Heizung E _a «IST»		kWh

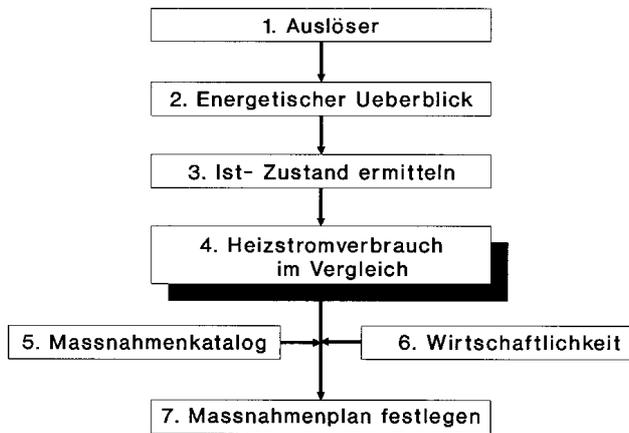
Datum: _____

Visum: _____

4 Heizstromverbrauch beurteilen

4.1	Energiebedarf Heizung «soll»	34
4.2	Schätzung des Energiebedarfs Heizung «soll» mit statistischen Kennzahlen	35
4.3	Statistische Energie-Kennzahlen	36
4.4	Vergleich: E-Bedarf Heizung «soll», E-Verbrauch Heizung «ist»	37

4 Heizstromverbrauch beurteilen



4.1 Energiebedarf Heizung «soll»

Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln in verschiedenen Schritten der IST-Zustand definiert und aufgenommen wurde, das Gebäude, seine Heizanlage und der Energieverbrauch also bekannt sind, ist eine Beurteilung notwendig.

Es geht nachfolgend darum, den durchschnittlich notwendigen Energieverbrauch aus statistischen Vergleichszahlen zu schätzen. Im Rahmen dieser Dokumentation wird dafür ein einfaches Rechnungsschema angegeben. Es bezieht sich auf typische Ein- und Mehrfamilienhäuser im schweizerischen Mittelland, die elektrisch beheizt sind und hauptsächlich aus den Siebzigerjahren stammen. Es stützt sich auf Publikationen, die sich ausschliesslich mit elektrisch beheizten Häusern befassen. [7]; [8]; [9]

Das Rechnungsschema gilt nur im Zusammenhang dieser Dokumentation. Für detaillierte Untersuchungen in Einzelfällen ist nach den SIA-Normen vorzugehen. Wo Vereinfachungen vorgenommen wurden, sind keine Normbezeichnungen nach SIA verwendet! Die Einfachheit des Vorgehens dürfte dies rechtfertigen.

Grundsätzlich ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass von den Statistikzahlen grosse Abweichungen möglich sind, infolge Benutzerverhalten, unbekanntem Bauteilen usw.

Als Basis zur Beurteilung des Energieverbrauchs wird nachfolgend ein Energiebedarf Heizung geschätzt. Dieser ist als Anhaltspunkt zu verstehen und im Rahmen der einleitenden Bemerkungen im Einzelfall zu überprüfen.

Als Soll-Werte dienen die statistischen Energiekennzahlen der Tabelle 4.3. Die genannten Quellen [7] [8] [9] wurden auf die vorliegenden Bauten im Sinne von Vereinfachungen angepasst.

Das Vorgehen ist tabellarisch in 4.2 dargestellt. Dabei ist es wichtig, Erkenntnisse aus der Aufnahme des Gebäude-IST-Zustandes, Kapitel 3, in die Rechnung einzubeziehen. Die Vorgaben (Zeilen 12 und 13 in Tabelle 4.2) verstehen sich als Schätzungen und als Hinweis zur Berücksichtigung dieser Bauarten. Sie sind gegebenenfalls entsprechend anzupassen, oder es können Vergleichsrechnungen mit und ohne Korrekturen erfolgen.

4.2 Schätzung des Energiebedarfs Heizung «soll» mit statistischen Energiekennzahlen

Beschrieb	Wert/ Angabe	Einheit	Bemerkung
1) Haustyp		–	EFH = Ein/Zweifamilienhaus MFH = Mehrfamilienhaus X = Andere
2) Standort/Lage		–	o = in andern Gebäuden X = Wind exponiert
3) Baujahr		–	
4) Zustand		–	Saniert: Jahr
5) Nutzung		–	Anzahl Bewohner
6) Energiebezugsfläche EBF *		m ²	
7) Heizungssystem			ZSP = Zentralspeicher ESP = Einzelspeicher D = Direktheizung X = Andere
Rechnungsgang 11 Energiekennzahl Elektroheizung E-KZ		MJ/m ² ,a	Aus Tabelle 4.3 Energiekennzahlen, Spalte 3 Elektrizität Heizung
12 Korrekturen: – Eckhaus – Zwischenhaus		MJ/m ² , a	Eckhaus: – 50 MJ/m ² , a Zwischenhaus: – 100 MJ/m ² , a
13 Berücksichtigung spez. Zustände		MJ/m ² , a	Baufällig, ungenügend isoliert: + 50 MJ/m ² , a Saniert überdurchschnittlich isoliert – 50 MJ/m ² , a
14 Total angepasste Energie- kennzahl Heizung E-KZH		MJ/m ² , a	
15 => Energiebedarf Heizung Ea «SOLL»		kWh/a	Ea SOLL = EBF x E-KZH x 0,278 = x x 0,278

* Definition im Anhang

Tabelle 4.2

4.3 Statistische Energie-Kennzahlen

Eckhäuser: ca. -50 MJ/m ² , a; Zwischenhäuser ca. -100 MJ/m ² , a				3) E-KZ Elektrizität Heizung MJ/m ² , a	4) E-KZ Elektrizität Warmwasser MJ/m ² , a	5) E-KZ Elektrizität Rest MJ/m ² , a	6) E-KZ Gesamt MJ/m ² , a
Heizung System	Warmwasser Erzeugung	1) Q _h MJ/m ² , a	2) eta -				
Ein- und Zweifamilienhäuser							
<i>Ist-Zustand:</i> best. Bauten, ohne gravierende Mängel							
el. Zentralspeicher	sep. elektr.	425	0.90	480	50	120	650
Einzelraumgeräte *)	sep. elektr.	340	1.00	340	50	120	600
<i>Soll-Zustand:</i> gute Werte nach Gesamt-Sanierung							
el. Zentralspeicher	sep. elektr.	340	0.90	380	50	100	530
Einzelraumgeräte *)	sep. elektr.	272	1.00	272	50	100	490
Mehrfamilienhäuser							
<i>Ist-Zustand:</i> best. Bauten, ohne gravierende Mängel							
el. Zentralspeicher	sep. elektr.	450	0.90	500	50	130	680
Einzelraumgeräte *)	sep. elektr.	360	1.00	360	50	130	630
<i>Soll-Zustand:</i> gute Werte nach Gesamt-Sanierung							
el. Zentralspeicher	sep. elektr.	330	0.90	370	50	120	540
Einzelraumgeräte *)	sep. elektr.	264	1.00	264	50	120	500

*) Aus Messungen in D (TU München) und CH (NEFF) geht hervor, dass bei elektr. Einzelraumheizungen mit ca. 80% der durchschnittlichen Energiekennzahlen gerechnet werden kann. (Differenzierte Einwirkungsmöglichkeiten der Benutzer durch Anschlussbeschränkungen der EW gut isolierte Häuser, vgl. «teure Energie fördert sparsamen Umgang»)

Quelle Grunddaten: «Schweizer Energie-Fachbuch» 1991
Tab. 4.3

4.4 Vergleich: Energiebedarf Heizung «SOLL» – Energieverbrauch Heizung «IST»

Allgemeines

Der Vergleich «SOLL» – «IST» muss mit den bisher ermittelten Fakten als «Wegweiser» zeigen, in welche Richtung weitergegangen werden kann oder soll. Im ersten Teil wird mit der Vergleichsrechnung eine Information bezüglich Energieverbrauch geliefert. Je nach Güte und Gründlichkeit der entsprechenden Vorarbeiten in Abschnitten 4.2 und Kapitel 3 ist dieses Resultat, im Zusammenhang mit den weiteren Beurteilungspunkten, zu gewichten.

Im zweiten Teil ist an dieser Stelle des Ablaufes zu überlegen, wie sich eine vollständige Aussenisolation kosten- und energiemässig auswirken könnte.

Als dritter Beurteilungspunkt kann bereits hier grob abgeschätzt werden, wie sich eine Zusatz- oder Ersatzheizung auswirken könnte.

Vergleichsrechnung

Aus dem Vergleich «SOLL» – «IST» beziehungsweise der prozentualen Abweichung, kann beurteilt werden, ob die Heizungsanlage im Rahmen der vorliegenden Daten und deren Genauigkeit energetisch optimal funktioniert.

Bezeichnung	Wert	Einheit	Bemerkung
1) Energiebedarf Heizung Ea SOLL	kWh/a	= 100% (aus 4.2, Pos. 15)
2) Energieverbrauch Heizung Ea IST	kWh/a	(aus 3.5)
3) «SI» (Ea IST in % Ea SOLL)	%	«SI» = $Ea\ IST / Ea\ SOLL \cdot 100$ = / · 100

Die Aussagekraft hängt stark von der Güte der Grunddaten ab.

Beurteilung

Die Vergleichsrechnung dient als erster Anhaltspunkt zur energetischen Beurteilung der Heizanlage. Auch wenn als Resultat eine %-Zahl vorliegt, muss man sich des Unsicherheitsbereichs bewusst sein! Das Ergebnis ist als Hinweis etwa im folgenden Rahmen zu sehen:

Ist der Energieverbrauch Heizung mehr als 10% bis 20% höher als der Ergiebedarf Heizung ("SI" grösser als 110% bis 120%) sind sicher Massnahmen notwendig.

Als zusätzliche Entscheidungskriterien können die Beurteilung des Benutzerverhaltens, des Heizkomforts und der Steuerungsmöglichkeiten dienen.

Letztlich ist immer eine Summe von Kriterien entscheidend für das weitere Vorgehen:

- Bei einer modernen funktionierenden Steuerung und gutem Heizkomfort sind auch Verbrauchswerte über 100% im Rahmen des angegebenen Verfahrens tolerierbar.
- Wenn der Komfort nicht befriedigt und die Steuerung unflexibel bzw. veraltet ist, sind Massnahmen erforderlich, selbst bei «SI»-Werten um oder unter 100%.

D.h.: Wenn im Idealfall der Energieverbrauch der Heizung separat gemessen ist und der Energiebedarf exakt bekannt ist (aus Rechnungen im Zusammenhang mit Umbauten oder aus einer andern Analyse), müssen Abweichungen bei Benutzerverhalten und bei der Heizanlage gesucht werden. Sind die Daten im Rahmen des hier beschriebenen einfachen Vorgehens erhoben worden, können Abweichungen auch darin begründet sein.

Ausblick, Konsequenzen

Nach erfolgter Beurteilung des Heizenergieverbrauchs im bestehenden Gebäude, sind an diesem Punkt drei Möglichkeiten offen:

- Energieverbrauch senken durch zusätzliche Wärmedämmung, bessere Steuerung, anderes Benutzerverhalten, anderes Heizsystem (Wärmepumpe)
- Andere Heizenergie verwenden: Öl, Gas, Holz
- Kombination beider Varianten

Die folgenden Kapitel geben Informationen und Beurteilungskriterien dazu.

Neben den technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen sind auch Überlegungen, wie nachfolgend stichwortartig beschrieben, anzustellen. Dabei ist besonders zu beachten, dass auch in Etappen vorgegangen werden kann.

Beispiel von Sanierungsmöglichkeiten

- Ausgangslage: EFH Baujahr 1970:
 - Heizstromverbrauch 28'000 kWh/a
 - Einzelspeicher
 - E-Boiler: 3500 kWh/a
 - Gebäudehülle renovationsbedürftig

- Energetische Ideallösung:
 - Vollwärmeschutz (Kellerdecke, Dach, Fenster, Fassade

→ Kosten ca. Fr. 90'000.—

- Zentralheizung mit Wärmepumpe (monovalent, Erdsonde)

→ **Kosten ca. Fr. 70'000.—**

Total Kosten ca. Fr. 160'000.—

(Annuität 10% ca. Fr. 16'000.—/a)

- Verbrauch neu: Wärme: 14'000 kWh; JAZ = 2,8
-> 5'000 kWh/a

Also Einsparung: 28'000 kWh-5'000 kWh
= 23'000 kWh

à heute Ø 9 Rp/kWh = 2 070.—/a

à morgen Ø 18 Rp/kWh = 4 140.—/a

- Energetische Reallösung:

- a) Vollwärmeschutz innert 6 Jahren schrittweise realisieren; zusammen mit andern bauseitig notwendigen Sanierungen
 - kann Heizstromverbrauch halbieren
 - Einzelspeicher optimaler steuern, z.Teil evtl. durch Direktheizer ersetzen
 - Zusätzlich Holzofen/Heizcheminée

Resultat: Heizstromeinsparungen bis etwa 50% möglich.
Steigerung des Wohnkomforts

b) Wärmeschutz langfristig aufbauen und Vorbereitungen für Einbau einer Zentralheizung treffen: WP/ evtl. Öl, Gas, Holz

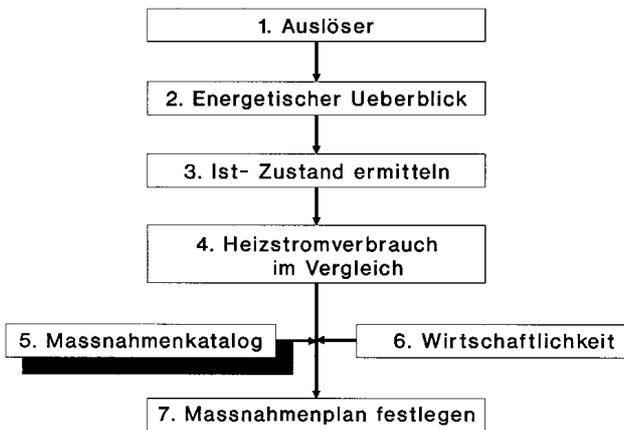
Realisierung je nach Kostensituation in angepassten Schritten:

- Wärmeschutz in Teilen zu ca. Fr. 20 000.—
- Zentralheizung ca. Fr. 40 000.—
- Wärmepumpenanlage ca. Fr. 30 000.—
oder Ölheizung ca. Fr. 25 000.—
oder Holzheizung ca. Fr. 30 000.—

5 Massnahmenkatalog

5.1	Allgemeines	42
5.2	Gebäudehülle	43
5.3	Heizanlage­teile isolieren	43
5.4	Benutzerverhalten	43
5.5	Einzelmassnahmen	43
5.6	Sanierung der Heizanlagensteuerung	43
5.7	Zusatzheizungen	47
5.8	Ersatz der Elektroheizung	49

5 Massnahmenkatalog



5.1 Allgemeines

Mit den bisher vorliegenden Beurteilungskriterien und den Erkenntnissen aus der IST-Zustandsaufnahme können Massnahmen evaluiert werden. Aus den Hinweisen am Schluss des vorigen Kapitels sind die möglichen Zielrichtungen bekannt. Bei den weiteren Überlegungen dürfen folgende Punkte nie ausser acht gelassen werden:

- Bei Detailabklärungen immer den Gesamtraumen: Gebäude-Heizung-Benutzer, Energie-Wirtschaftlichkeit-Umwelt beibehalten.
- Einzelne Massnahmen, wie Wärmedämmung, Fensterersatz, Heizungsregelung ..., in ein Gesamtkonzept integrieren und in der richtigen Reihenfolge realisieren: Immer zuerst Wärmedämmung, dann neue Heizung usw.
- Wenn sich Energiesparmassnahmen wirtschaftlich nicht für sich lohnen, sind Synergien zu suchen und Lösungen anzustreben, die gesamthaft ein Optimum bringen: Komfortverbesserung, Fassadensanierung und Heizungsanpassung im Rahmen von längerfristigem Gebäudeunterhalt, Werterhaltung, erweiterte Gebäudeunterhaltung, «ökologisches up to date» usw.

Bei allen Massnahmen ist zu unterscheiden zwischen

Sofortmassnahmen

mit dem Hauptziel, durch unmittelbar realisierbare, kostengünstige Anpassungen den Energieverbrauch zu reduzieren und damit ab sofort Geld zu sparen: Steuerungsanpassungen, Benutzerverhalten

Kurzfristige Massnahmen

welche nicht von längerfristigen Vorhaben abhängig sind und somit in nächster Zeit geplant und ausgeführt werden können, und

Längerfristigen Massnahmen

die zusätzlich sinnvoll sind, aber von andern Massnahmen oder Vorhaben, z.B. Umbauten, Renovationen, technisch oder wirtschaftlich abhängig sind. Damit kann eine nachhaltige Reduktion des Energieverbrauchs koordiniert erreicht werden.

Die nachfolgende «Auslegeordnung» ist ein Überblick aller Möglichkeiten. Die heizungsspezifischen Abschnitte sind vertieft behandelt.

Die Reihenfolge entspricht dem Grundsatz der WTG:

1. **Verbrauch minimieren durch** (passive Massnahmen)
 - Wärmedämmung (Gebäudehülle)
 - passive Sonnenenergienutzung
 - gezielte Beheizung der genutzten Räume
 - energiebewusstes Benutzerverhalten
 - Energiebuchhaltung
 - usw. dann:
2. **Wärmeerzeugung anpassen an die neuen Verhältnisse**
 - Wärmeleistungsbedarf nach Gebäudesanierung
 - Integration von Zusatzheizungen in das Gesamtkonzept
 - Ökologische Aspekte berücksichtigen
 - Wirtschaftlichkeit abwägen
 - Wege für zukünftige Anpassungen offen halten:
 - Niedertemperatursysteme anstreben; Speicher belassen:
 - Trennung von Warmwasser und Heizung; usw.

5.2 Gebäudehülle

(Energieeinsparungen bis 40% möglich)

- sofort: Fenster-/Türfugen – Dichtungen einsetzen, Keller-, Estrichtüren, Estrichluken usw.; Türschliesser, Kippfenster-Schliesser; EV-Fenster in Nebenräumen: Plexiglas oder Folie aufdoppeln.
- kurzfristig: Kellerdecke u.ä.; Treppenhaus-Wangen, Untersicht u.ä.; Estrichboden inkl. Luken, Mansardenwände im Estrich usw.; unbeheizte gegen beheizte Räume (Garage ...).
- abhängig: Fenster (evtl. in gute Rahmen WS-Glas einsetzen) Schrägdach (wenn ausgebaut, sonst Estrichboden), Flachdach; Fassade (evtl. auch partielle Innendämmungen); Rolladenkästen, Stürze usw.; Aussentüren.

5.3 Heizanlageanteile isolieren (sofort ... kurzfristig)

(Einsparungen bis 5% möglich)

- unisolierte Leitungen, Armaturen usw. in unbeheizten Räumen Priorität nach (Temp.diff. x Betriebszeit); inkl. Warmwasser
- Speicher nachisolieren

5.4 Benutzerverhalten

- Richtige Lüftung: Kurz und stark
- Ungenutzte Räume reduziert beheizen
- Sporadisch belegte Räume nur bei Gebrauch voll beheizen
- Während Abwesenheiten (Ferien/Reisen) Heizung reduzieren

5.5 Einzelmassnahmen

- Verbesserung der Wärmeabgabe (verdeckte Heizkörper usw.)

- Thermostatventile einbauen lassen (und benutzen!)
- Raumthermostaten mit Schaltuhren verwenden zur Nachtabsenkung
- Thermostaten bei Einzelraumheizgeräten durch Uhrthermostaten ersetzen: Nachtabsenkung!
- Energiebuchhaltung eröffnen und führen als Entscheidungshilfe für weitere Planungen

5.6 Sanierung der Heizanlagensteuerung

Allgemeines

Im vorigen Abschnitt ist unter Sofortmassnahmen die Überprüfung von Steuer- und Reglerfunktionen aufgeführt. Hier geht es darum, die Grundfunktionen dieser Geräte zu erklären und die wichtigsten Einstellmöglichkeiten und Fehlerquellen zu zeigen. Es werden ausschliesslich typische Merkmale der Geräte aus den Siebziger- und Achzigerjahren behandelt. Neue elektronische Regler mit Optimierungsfunktionen und weiteren Optionen sind nicht Gegenstand dieses Papiers.

Bei allen Eingriffen an Steuer- und Regelgeräten ist immer die Bedienungsanleitung zu konsultieren. Die einzelnen Funktionen sind dort gut beschrieben.

Als Grundlage zum Verständnis der Betriebsweise sind in den folgenden Abschnitten die Hauptfunktionen mit den prinzipiellen Einstellmöglichkeiten und den entsprechenden Programmabläufen dargestellt. Es ist damit möglich, bei einer grossen Zahl von Geräten die Bedienmöglichkeiten zu identifizieren und Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen.

Bei älteren Anlagen sind noch einfache Zeitsteuerungen anzutreffen. In solchen Fällen wäre als 1. Sanierungsschritt der Einbau einer Steuerung zu prüfen, die mindestens über die nachfolgend beschriebenen Grundfunktionen verfügt.

Im Anhang finden sich ergänzende Angaben zu Steuerungen von Einzelspeicheranlagen und eine Checkliste zur Überprüfung von Elektroheizungsanlagen.

Sofortmassnahmen

Bei Elektroheizungen stehen im Vordergrund:

- Einstellungen von Steuerungs- und Regulierungs-Parametern verbessern (vgl. folgende Abschnitte). Dabei ist zu beachten:

Bei Elektrospeicherheizungen besteht ein Zielkonflikt zwischen Energie- und Kostenoptimierung! Im allgemeinen können bei Zentral-Speicherheizungen die Verluste reduziert werden, wenn Tagnachladungen zugelassen werden. Weil Tagnachladungen aber mit Hochtarifstrom erfolgen, sind keine oder nur geringe Kosteneinsparungen möglich; trotz Reduktion des Energieverbrauchs. Es ist wichtig, die Kunden auf diesen Umstand ausdrücklich hinzuweisen.

Wesentlich ist, dass mit den geänderten Einstellungen eine Erfolgskontrolle erfolgt! Energiebuchhaltung mit Zählerablesungen vorher und nachher, und Auswertung durch den Energieberater. Nachfrage, ob sich Behaglichkeit und Temperaturen geändert haben usw.!

Steuer- und Regelelemente

Allgemeines

Die Systemübersicht, Kapitel 3, unterscheidet prinzipiell zwischen Direktheizung und Speicherheizung.

Beide Systeme verfügen über Raumregelgeräte, die dafür sorgen, dass in den beheizten Räumen zur gewählten Zeit die gewünschte Raumtemperatur herrscht. Die Speicherheizungen sind zusätzlich mit einer Aufladesteuerung ausgerüstet.

Raumregelgeräte

a) Direktheizungen

Direktheizgeräte werden in der Regel über einen Raumthermostaten geregelt. Dieser kann an einer Wand des Raumes oder im Gerät selber eingebaut sein. Der Raumthermostat schaltet bei Unterschreiten der Solltemperatur die Heizung ein und bei genügender Raumwärme mit einer gewissen Schaltdifferenz wieder aus.

Eine manuelle Regelung mit einem Ein/Aus-Schalter sollte nicht mehr eingesetzt werden. Im Sinne eines rationellen Energieeinsatzes ist eine Regelung mit Uhrenthermostaten unbedingt zu empfehlen (Möglichkeit zur reduzierten Beheizung, Nachtabenkung).

b) Einzelspeicherheizungen

Die Wärmeabgabe von **statischen Speichern** und **Mischheizspeichern** kann nicht geregelt werden. Sie erfolgt über die Oberfläche der Geräte und ist vom Ladezustand abhängig. Bei Mischheizspeichern sorgt der statische Speicherteil für die Grundwärme des Raumes. Ein Raumthermostat regelt mit der im Gerät eingebauten Ergänzungsheizung die Raumtemperatur.

Auch die Wärmeabgabe von **dynamischen Einzelspeichern** erfolgt zum Teil über die Oberfläche. Ein Anteil von über 50% der gespeicherten Wärme kann jedoch «dynamisch» entnommen werden. Der Raumthermostat schaltet bei Wärmebedarf ein Gebläse ein, das Raumluft über die Speichersteine führt, die damit erwärmt wird.

c) Zentralspeicherheizungen

Die Entladeregler von Zentralspeichern sind Geräte, die den Reglern anderer Heizsysteme sehr ähnlich sind. Sie sorgen dafür, dass je nach Aussen-temperatur die notwendige Vorlauftemperatur im Heizsystem erreicht wird. Es können die üblichen Heizprogramme mit verschiedenen Variationen (Nacht aus, Nacht abgesenkt usw.) eingestellt oder auch Raumreferenztemperaturen berücksichtigt werden.

Aufladesteuerungen

Die Aufladesteuerung sorgt für eine möglichst sparsame und kostengünstige Aufladung der Speicherheizgeräte. Sie ordnet einer gemessenen

Ausstemperatur einen bestimmten Soll-Wärmeinhalt des Speichers innerhalb der Freigabezeiten zu.

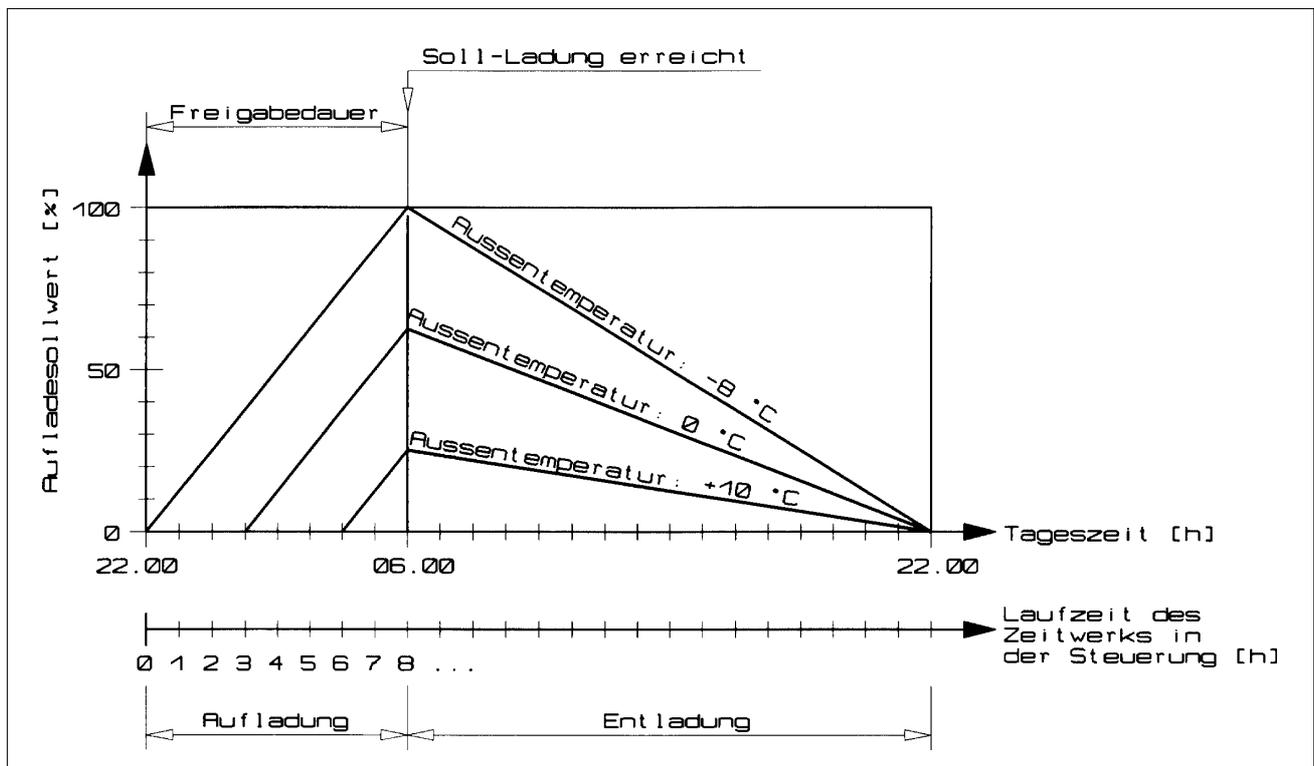
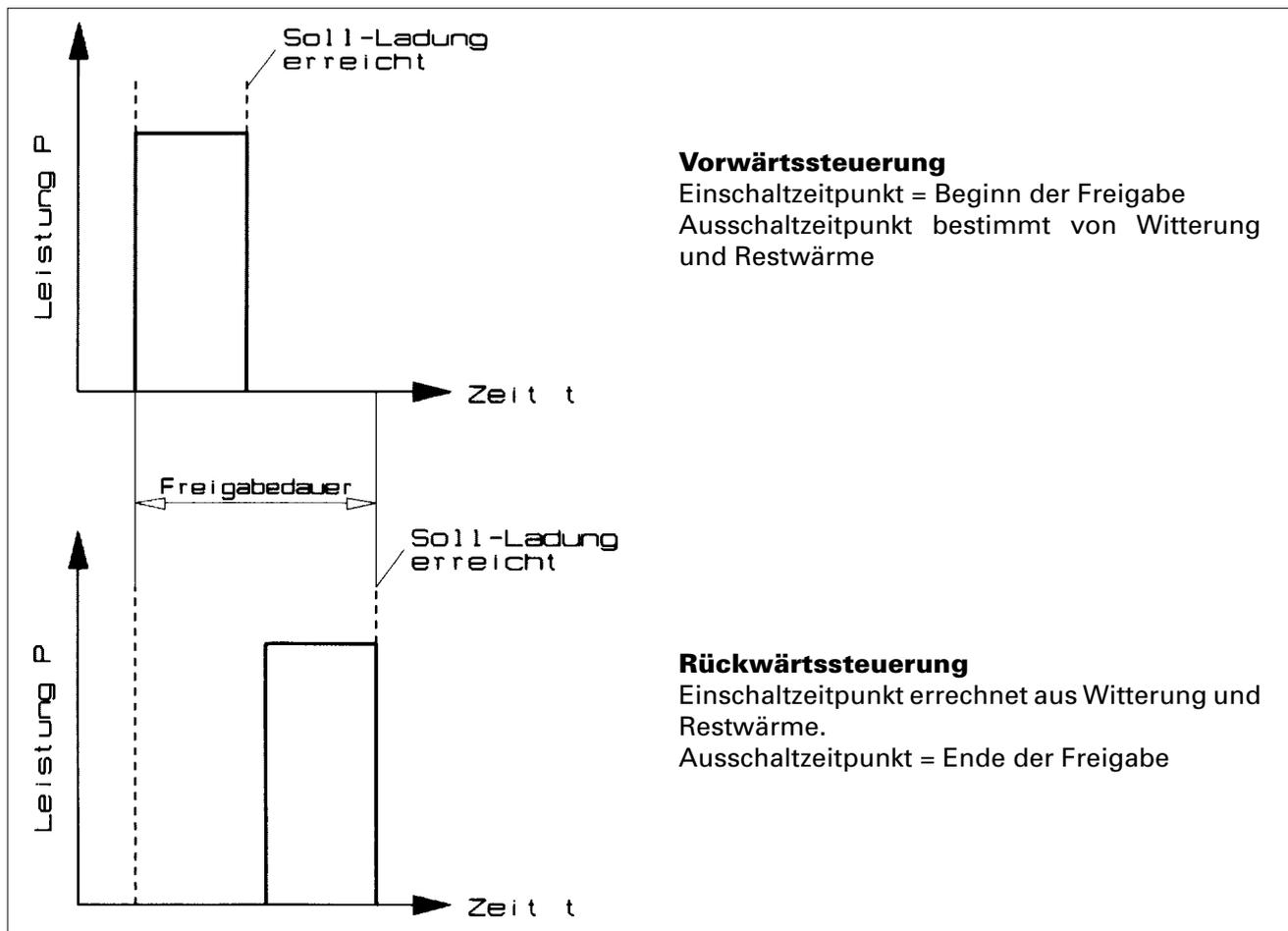


Bild 5.1 Beispiel für die Sollwertvorgabe einer Aufladesteuerung über den Tagesablauf bei verschiedenen Ausstemperaturen (Rückwärtssteuerung)

Die Freigabezeiten werden über die Rundsteueranlage des Elektrizitätswerkes signalisiert. Die Aufladesteuerung braucht folgende Informationen:

- Aussentemperatur
- Restwärme im Speicher
- Signalisation der Niedertarifzeit
- Sperrzeiten/Freigabezeiten

Bezüglich der Lastcharakteristik wird unterschied-



den zwischen Vorwärts- und Rückwärtssteuerung. Bei der **Vorwärtssteuerung** wird mit dem Beginn der Niedertarifzeit die Ladung eingeschaltet. Ist die Soll-Temperatur im Speicher erreicht, wird die Ladung ausgeschaltet.

Die **Rückwärtssteuerung** errechnet die notwendige Ladedauer aufgrund der Aussentemperatur und der Restwärme. Mit Hilfe eines Zeitgliedes wird der Ladebeginn so gelegt, dass am Ende der Niedertarifzeit der Sollwert erreicht wird. In den meisten Anlagen wird die Rückwärtssteuerung

angewendet. Sie ist energetisch sinnvoller, weil kleinere Wärmeverluste über die Speicheroberfläche entstehen.

Die richtige Funktion der Aufladesteuerung ist für einen optimalen Energieeinsatz wichtig. Wenn die Speicher abends noch zu warm sind, wird zu viel aufgeladen; es entstehen unnötige Wärmeverluste über die Speicheroberfläche. Wird es abends oft kühl bei voll offenen Mischventilen, wird zu wenig aufgeladen, der gespeicherte Wärmevorrat reicht nicht bis zur nächsten Freigabezeit, es sind Tagnachladungen notwendig!

Zusatzfunktionen wie Absenkbetrieb (Ferien) sind zu prüfen und allenfalls dem Betreiber zu demonstrieren!

Da die Vielfalt der eingesetzten Fabrikate und Systeme gross ist, muss für die genaue Funktion der Aufladesteuerung auf die jeweilige Betriebsanleitung hingewiesen werden. Im Zweifelsfall ist die Servicestelle des Heizungslieferanten beizuziehen. Im Anhang werden beispielhaft die Einstellmöglichkeiten für ein bestimmtes System aufgezeigt.

5.7 Zusatzheizungen

Allgemeines

Am Beginn der Auswahl und Auslegung von Zusatzheizsystemen muss die Anpassung der Wärmeerzeugung und der Wärmeleistungsbedarf für das ganze Gebäude stehen. Eine entsprechende Checkliste und eine einfache Berechnungsmöglichkeit stehen am Anfang des Abschnittes 5.8. Wenn Zusatzheizungen evaluiert werden, sind folgende Punkte zu beachten:

Randbedingungen bei Zusatzheizungen

- * eine Grundheizung muss vorhanden sein
- * beim Betrieb der Zusatzheizung muss die Grundheizung (in den Räumen wo die Zusatzheizung wirkt!) reduziert werden können, (Thermostatventile, Raumregulierung bei Einzelraumgeräten)

- * als «Heizungen» kommen offene Feuerungen nicht mehr in Frage
- * die Verbrennungsluft für Feuerungen sollte in Kanälen oder Rohren zur Zusatzheizung geführt werden
- * durch gut bedienbare, relativ dichte Klappen, sollte ein erhöhter Luftwechsel ausserhalb der Betriebszeit der Zusatzheizung vermieden werden
- * für den Brennstoff muss genügend Lagerraum vorhanden sein (grünes Holz muss z.B. zwei Jahre gelagert werden)
- * dem (Holz-)«Brennstoffablauf» muss genügend Beachtung geschenkt werden. Ein Heizcheminée als Zusatzheizung braucht eine ansehnliche Holzmenge
- * der Arbeitsaufwand für Holzfeuerungen ist vergleichsweise hoch und erfordert Ausdauer!
- * Holzfeuerungen sollten möglichst auf einen Speicher arbeiten können, damit ausgeglichene Raumtemperaturen gehalten werden können (Kachelöfen, Warmwasserspeicher)
- * bei Bivalentanlagen zusammen mit Wärmepumpen ist der Hydraulik, den unterschiedlichen Temperaturniveaus der Wärmeerzeuger und den Leistungsanpassungen besondere Beachtung zu schenken! Der Steuerung kommt dabei eine Schlüsselstellung zu
- * bei Auftragsvergabe ist die Anlagenverantwortung klar zu regeln

Charakteristiken von Zusatzsystemen zu Elektroheizungen

Stromsparen: Die Wärme, die von Zusatzsystemen kommt, braucht nicht durch Strom erzeugt zu werden.

Leistungsergänzung: Wenn an kalten Tagen die Wärmeleistung der Hauptheizung nicht mehr ausreicht, kann die Differenz mit der Zusatzheizung erzeugt werden.

Diese Anlagenart hat vor allem im Zusammenhang mit Wärmepumpenheizungen Vorteile, indem dadurch die (teuren) Wärmepumpen nicht für die Maximallast ausgelegt werden müssen. Es ist damit auch möglich, bei Erweiterungen mit der bisherigen Elektroheizung die Grundlast abzudecken und an kalten Tagen mit Holz nachzuhelfen.

Wenn gefeuert wird, geht der Stromkonsum bei richtig funktionierenden Anlagen entsprechend zurück.

Solare Systeme

Solare Zusatzsysteme können in unseren Klimaregionen nicht bedarfsabhängig eingesetzt werden. Sie können jedoch den Energiebedarf für die Heizung je nach Auslegung und Sonnenscheindauer reduzieren. Eine solare «Vollheizung» ist nicht sinnvoll, hingegen kann ein guter Deckungsgrad für die Warmwasserversorgung interessant sein.

Die Heizdimensionierung ist aber immer ohne Solarzusätze vorzunehmen, weil davon ausgegangen werden muss, dass an kalten, dunklen Wintertagen die Heizleistung genügen muss.

Deshalb und weil für Solarenergienutzungen zu Heizzwecken nur angepasste Bauten mit Maximalwärmedämmungen gute Voraussetzungen bieten, werden im Rahmen dieses Kapitels keine weiteren Ausführungen dazu gemacht.

Holzzusatzheizungen

Die Installation einer Zusatzheizung verursacht Mehrkosten. Um diese klein zu halten, ist eine Anpassung an die bestehenden Systeme und Gebäude sehr wichtig.

Nachfolgend werden drei Hauptgruppen von Holzzusatzheizungen beschrieben und die wesentlichen Leistungs- und Kostendaten angegeben. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit ist festzuhalten, dass alle Holzfeuerungen arbeitsintensiv sind und in der Regel mit unbezahlten Eigenleistungen betrieben werden. Ein wirtschaftlicher Vergleich mit andern Systemen ist deshalb nicht aussagekräftig. Die angegebenen Kostengrößenordnungen sind vorsichtig als erste Hinweise zu verstehen (ohne Kamine).

Geschlossene Cheminées, Cheminéeöfen

3–15 kW

sind in grosser Zahl und vielen Ausführungen erhältlich. Bei Aufstellung und Installation ist darauf zu achten, dass die Warmluft zirkulieren kann, evtl. durch Lüftungsöffnungen unter der Decke oder in Nebenräume und zurück! Wenn die Verbrennungsluftzuführung durch den Wohnraum erfolgt, ist zu beachten, dass in Stillstandzeiten keine unkontrollierte Luftzirkulation durch den Feuerungsraum entsteht

Kosten (ohne Kamin)

Fr. 5 000–12 000

Kachelöfen bis etwa 10 kW

Traditionelle Wärmeerzeuger insbesondere in Bauernhäusern. Sehr gute Wärmespeicherung. Praktisch immer individuelle Bauweise.

Die Wärmeleistungen liegen zwischen 0,7 und 1,2 kW/m² Oberfläche, wenn 1 oder 2 mal pro Tag gefeuert wird. Die gute Wärmespeicherung und die Leistungen erlauben den Einsatz als Hauptheizung mit Elektroheizgeräten als Zusätze in Nebenzimmern.

Kosten (ohne Kamin)

Fr. 15 000–30 000

Holzanstellherde mit Kochplatten 3–10 kW

(mit Warmwassereinsatz 10–30 kW)

Sie waren ursprünglich vorgesehen zum Kochen und zur Beheizung der Küche. In eingebauten Wasserschiffen konnte Warmwasser bereitet werden.

Neuere Modell lassen sich über Umwälzpumpen und Heizeinsätze an kleine Zentralheizungen anschliessen und in die Warmwasserbereitung im Boiler integrieren. Wenn damit regelmässig geheizt werden soll, ist der Holzumschlag in der Küche aufwendig und platzintensiv.

Kosten (ohne Kamin)

Fr. 6 000–10 000

do. mit Warmwasser

Fr. 10 000–20 000

Zimmeröfen mit Heizöl oder Gas 3–20 kW

Anstellöfen mit einfachen Brennern und Verbrennungsluftzufuhr aus dem Zimmer bieten günstige

Möglichkeiten zur Beheizung einzelner Räume. Ihre Heizleistung ist stufenweise oder über einen Raumthermostat regulierbar. Die Anschlussbedingungen an Kaminzüge sind in der Schweiz unterschiedlich. Abklärungen mit dem Kaminfeger sind im Einzelfall immer notwendig.

Kosten (ohne Kamin) Fr. 4 000–8 000

Luftwechsel in Wohnungen, neue Systeme

Modern isolierte Bauten mit dichter Gebäudehülle müssen gezielt belüftet werden, weil die vorhandenen Fugenundichtigkeiten zu keinem genügenden Luftwechsel führen. Mechanische Lüftungen werden notwendig. Mit dieser Bauweise nimmt der Heizleistungsbedarf ab.

Es wird aus diesen beiden Gründen möglich, die mechanische Lüftung als Gebäudeheizung auszubauen, mit einem Wärmetausch zwischen Ab- und Zuluft und mit kleinen Zusatzheizungen im Gebäude oder in der Lüftungsanlage. Damit können kleine Einfamilienhäuser mit 3 bis 7 kW Anschlussleistung beheizt werden.

Das System kommt wegen der notwendigen Lüftungskanäle nur im Zusammenhang mit Um- oder Neubauten in Frage. In der Planungsphase ist dann eine gute Koordination mit dem gesamten Bauvorhaben unabdingbar.

5.8 Ersatz der Elektroheizung

Allgemeines

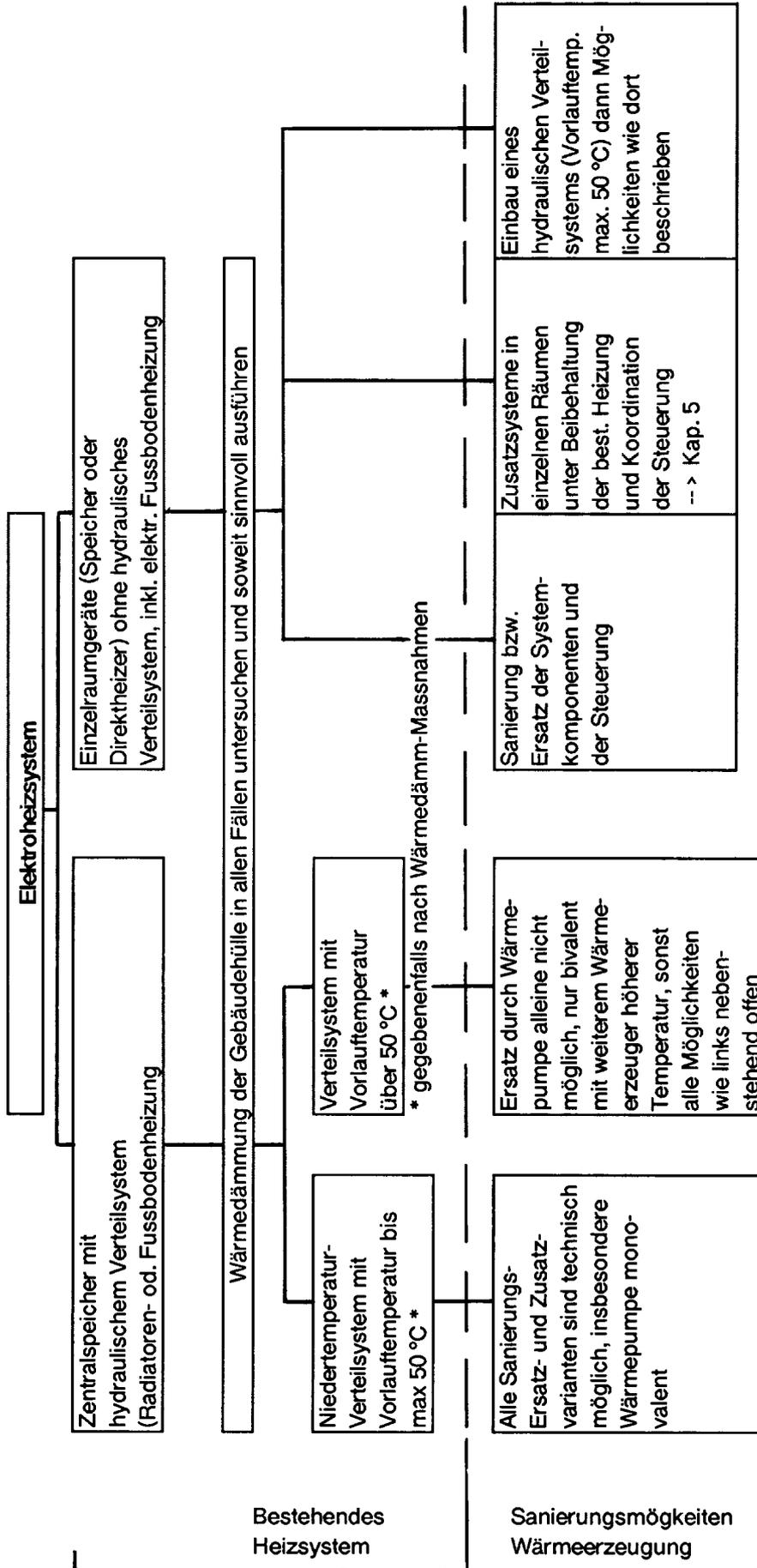
Die **Anpassung der Wärmeerzeugung** an die neuen Verhältnisse kann erst erfolgen, wenn der Bauzustand nach getroffenen Passivmassnahmen bekannt ist.

Die Grundlage für alle Überlegungen bildet der Wärmeleistungsbedarf, der je nach Variante und Isolationsumfang unterschiedlich ist (vgl: unten). «Je mehr isoliert wird, umso weniger muss geheizt werden.» Dabei dürften generell wirtschaftliche Überlegungen entscheidend sein: Es ist – aus der Sicht der sparsamen Energienutzung – leider so,

dass die Energiepreise zu tief sind um wirtschaftlich Mehrisolierungen zu rechtfertigen. Mit dem teuren Energieträger Strom und unter Berücksichtigung von baulichen und installationsseitigen Gegebenheiten (Altbauten ohne Heizverteilsystem) ist es oft naheliegend, zu prüfen, ob eine sehr gute Vollisololation mit entsprechend geringem Heizenergieeinsatz als gesamthaft gute Lösung in Frage kommt. In der Planungsphase sind immer folgende Schritte notwendig:

- Wärmeleistungsbedarf koordiniert mit bauseitigen Sanierungsmassnahmen festlegen. Varianten definieren!
- Mögliche Energieträger bestimmen unter Berücksichtigung vorhandener Infrastruktur: Stromzuleitung für bestehende Elektroheizung; Kamin; Tankraum; Gasversorgung; Fernwärme; Holz; mögliche Umweltwärmequellen (Platz für Luft-Wasser-Wärmepumpe, Erdsondenbohrung; Grundwasser; Erdregister); Warmwasserspeicher.
- Möglichkeiten zur Nutzung vorhandener Zusatzsysteme (Cheminées) abklären und leistungsmässig abschätzen.
- Kombinationsvarianten studieren: Bestehende Elektroheizung in einzelnen Räumen belassen und im Wohnraum mit einem Kachelofen als Hauptheizung operieren.
- Bei kompletten Ersatzlösungen keine «Sackgasenkonzepte» akzeptieren: Niedertemperatur-Verteilsysteme bauen, auch wenn mit dem aktuellen Wärmeerzeuger höhere Vorlauftemperaturen möglich sind.
- Bis zur vollständigen Sanierung auch Übergangslösungen mit höheren Leistungen in Betracht ziehen.
- Bei Bivalentanlagen (verschiedene Heizsysteme im Verbund) ist der Steuerung und Regelung grösste Beachtung zu schenken! Referenzanlagen prüfen!

SYSTEMBEDINGTE MÖGLICHKEITEN



Nachfolgend geht es darum, das Vorgehen und die wesentlichen Hinweise für den kompletten Ersatz der Elektroheizung deutlich zu machen. Dazu muss festgehalten werden, dass sich die Ausführungen auf den Ersatz bestehender Elektroheizungen aus den Siebzigerjahren konzentrieren. Verallgemeinerungen auf andere Sanierungsbedürfnisse und auf Neubauten sind nur teilweise zulässig. Eine Erweiterung würde den Rahmen sprengen.

Die Konzentration auf die Wärmepumpe als Ersatzlösung hat vier Hauptgründe:

- * Nutzung bestehender Infrastruktur wie sicherer genügender Elektroanschluss; teilweise vorhandene Warmwasserspeicher.
- * Eine Resubstitution durch fossile Energieträger ist aus lufthygienischen Gründen und wegen den CO₂-Emissionen fragwürdig.
- * Bei Wärmepumpenanlagen besteht ein Beratungsbedarf, weil, im Gegensatz zu anderen Heizsystemen, Abklärungen bezüglich Wärmequelle und Verteilsystem zwingend sind.
- * Wirtschaftlich haben Wärmepumpenheizanlagen in bestehenden Bauten nur eine Realisierungschance, wenn ihr Einsatz exakt auf die Gegebenheiten abgestimmt ist. Bei den heutigen Preisrelationen können nur andere als momentane wirtschaftliche Überlegungen für Wärmepumpenlösungen sprechen.

Alle weiteren Ausführungen sind schwergewichtig auf diese Situation in bestehenden Bauten ausgerichtet.

Zusätzlich ist an dieser Stelle noch darauf hinzuweisen, dass bei Überbauungen oder Strassenzügen, die früher gleichzeitig mit gleichen Elektroheizungen ausgerüstet wurden, heute als Ersatz gemeinsame Lösungen angestrebt werden sollten! Das heisst, es wäre in solchen Fällen zu prüfen, ob mit lokalen Nahwärmeverbunden für ganze Häusergruppen oder Quartiere umweltgerechte und energetisch sinnvolle Alternativen realisiert werden könnten.

Wärmeleistungsbedarf

Als Basis für alle weiteren Schritte ist in jedem Fall der Wärmeleistungsbedarf des WTG-saniierten Gebäudes zu ermitteln.

Der Wärmeleistungsbedarf kann nach SIA 384/2 gerechnet werden, wenn die Grundlagen (k-Werte, Flächen) bekannt oder einfach zu ermitteln sind.

In bestehenden Bauten sind oft mangelhafte Angaben über die Baukonstruktion vorhanden. In diesen Fällen und als einfache Abschätzung kann der Wärmeleistungsbedarf aus den Energieverbrauchsdaten der letzten Jahre ermittelt werden. Dabei ist zu beachten, dass dieser Wert für das bisherige Gebäude und die bisherige Nutzung gilt; Änderungen sind als Korrekturen zu berücksichtigen.

Berechnung des Wärmeleistungsbedarfs aus bisherigem Heizenergieverbrauch

Beschrieb	Wert/ Angabe	Einheit	Bemerkung
1) Energieverbrauch Heizung, EA «IST»		kWh	aus Kapitel 3.5
2) Vollbetriebsstunden VB		h/a	Aus unten stehender Tabelle
3) Wärmeleistungsbedarf bestehendes Gebäude Palt		kW	Palt = Ea «IST»/VB Palt = /
4) Mehr- oder Minderleitungsbedarf dP		kW	= + bei Anbauten; Vergrösserungen – bei Zusatzheizungen
5) Wärmeleistungsbedarf des sanierten Gebäudes Pneu		kW	Pneu = Palt ! od. -dP Pneu = + od.-.....

Vollbetriebsstunden Wärmeerzeuger ohne Warmwasserbereitung

Quelle [10]

Ort	Klimaregion Nummer	HGT Kd/a	HT d/a	tAmin oC	VB h/A
Basel	1	3348	214	-8	1482
Bern	4	3668	226	-8	1633
Biel	4	3672	228	-8	1633
Chur	9	3527	218	-8	1569
Davos	9	5884	315	-14	2167
Engelberg	7	4786	278	-10	1994
Fribourg	5	3872	238	-9	1660
Genève	5	3072	203	-5	1530
Glarus	6	3876	233	-9	1667
La Chaux-de-Fonds	2	4185	258	-10	1730
Lausanne	5	3377	214	-6	1622
Lugano	12	2644	182	-2	1505
Luzern	4	3653	228	-8	1623
Neuchâtel	5	3414	216	-7	1574
Olten	4	3588	223	-8	1595
Sion	10	3237	202	-7	1496
St. Gallen	3	4046	246	-10	1675
St. Moritz	11	6407	336	-14	2366
Zürich SMA	3	3717	229	-8	1655

Wärmepumpenheizung

Wärmepumpen-Heisanlagen sind heute als ausgereifte Lösungen am Markt erhältlich. Trotzdem ist – vor allem bei Altbauten – eine sorgfältige Planung notwendig. Insbesondere sind die Wärmequelle und die Wärmeabgabe gut aufeinander abzustimmen. Weil dies bei andern Heizsystemen nicht in diesem Mass notwendig ist, wird zu oft darüber hinweggegangen, was sich in unbefriedigenden Anlagen und in Betriebsproblemen jeweils später zeigen kann.

Folgendes Evaluationsvorgehen hat sich bewährt:

1. Abklärung der Randbedingungen
2. Systemauswahl/Hauptkomponenten
3. Kostengrössenordnungen

Randbedingungen

Wärmeverteilung

- Ein Wärmeverteilungssystem muss vorhanden sein oder es kann nachinstalliert werden. Dabei sind insbesondere bei bestehenden Einzelraumheizungen auch gemischte Systeme in der Art möglich, dass für einen Hausteil ein Wärmeverteilungssystem für eine WP-Heizung installiert wird, während in einzelnen andern Räumen die bestehenden Raumheizgeräte belassen werden.
- Die bei tiefster Auslegungsaussentemperatur erforderliche Vorlauftemperatur darf maximal 50 °C sein. Ist dies nicht der Fall, kann mit folgenden Massnahmen Abhilfe geschaffen werden:
 - Zusätzliche Wärmedämmung der Gebäudehülle
 - Vergrösserung der Heizflächen in den Zimmern (zusätzliche oder grössere Radiatoren Konvektoren)
 - Integration eines weiteren Wärmeerzeugers ins Heizsystem: z.B. Bivalentanlage mit Holz und WP
 - Unabhängige Zusatzheizungen wie Chemiées, Kachelöfen, Schwedenöfen usw. installieren

Wärmequelle

Eine der folgenden Wärmequellen muss erschliessbar und für den vorgesehenen Zweck nutzbar sein (Vorschriften)

Quelle	Bemerkungen
Luft	<ul style="list-style-type: none"> · Ohne staatliche Auflagen immer nutzbar · Platz für Luftkanäle und Anlage im Keller oder · Möglichkeit zur Aussenaufstellung · Temperaturminimum für Betrieb: -15 °C (kalte Klimazonen) · Zusatzheizung evtl. erforderlich, häufig sinnvoll
Erdsonden	<ul style="list-style-type: none"> · Bewilligungspflicht · Zufahrt und Platz für Bohrgerät notwendig · Nicht in Grundwasserzonen
Erdregister	<ul style="list-style-type: none"> · Naturbelassene Fläche (ohne Bäume) von min. 1,5mal beheizte Fläche notwendig
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> · Bewilligungspflicht · Grundwasser: Teure Erschliessung, Auflagen · Oberflächengewässer: Verschmutzung, unterhaltsaufwendig, im Winter kalt

Vorschriften

- EW-Anschlussbedingungen (dürften beim Ersatz von Elektroheizungen keine Probleme bieten)
- Stoffverordnung (FCKW)
- Benützung öffentlicher Gewässer
- Vorschriften bei Erdregister/Erdsonden
- Baugesetze (Lärmvorschriften)
- Zukünftige Energiegesetze in Bund und Kanton

Systemauswahl, Hauptkomponenten

Aus den möglichen Wärmequellen ergeben sich die Systemauswahl und die dazu gehörigen Hauptkomponenten. Die stichwortartige Auflistung soll als Gedankenstütze und als Einteilungshilfe dienen. Die Herstellerunterlagen und die

AWP-Merkblätter und Checklisten [11] bieten zu den einzelnen Systemen gute Informationen und Entscheidungshilfen.

Systeme

- Luft-Wasser-Wärmepumpe

Vorteil: Normalerweise geringste Investitionskosten und bauliche Anpassungen

Nachteil: Relativ schlechte Jahresarbeitszahl (JAZ)

- Sole-Wasser-Wärmepumpe

- Erdregister: Vorteil: Gute JAZ
Nachteil: Erdbewegungen erforderlich

- Erdsonden: Vorteil: Gute JAZ
Nachteil: Relativ teuer

- Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Vorteil: Sehr gute JAZ
Nachteil: Notwendige Voraussetzungen für Quellennutzungen selten erfüllt

Hauptkomponenten

- Wärmequelle
 - * Luft-Wasser-Wärmepumpe
 - Luftkanäle
 - evt. Schalldämpfer
 - * Sole-Wasser-Wärmepumpe
 - Erdkollektor oder Erdsonde
 - Pumpe, Armaturen, Instrumente, Zuleitungen ins Haus
 - Expansionseinrichtung
 - * Wasser-Wasser-Wärmepumpe
 - Wasserfassung
 - Pumpe, Armaturen, Instrumente, Zuleitungen ins Haus
 - evtl. Wärmetauscher
- Wärmeerzeugung und -verteilung
 - * Elektroanschluss
 - * Wärmepumpe
 - * Heizungsregulierung

- * Expansionseinrichtung
- * Füllleinrichtung
- * Pumpe, Armaturen, Instrumente, Leitungen
- * evtl. Wärmeverteilung mit Isolation
- * evtl. Heizkörper mit Armaturen und Konsolen

Kostengrößenordnungen

Wichtiger Hinweis:

Die Angaben sind Größenordnungen zum Einstieg in eine erste grobe Wirtschaftlichkeitsabschätzung. Für den jeweils vorliegenden Fall sind immer Detailabklärungen notwendig und Unternehmerofferten einzuholen. Die Angaben sind nur für Wirtschaftlichkeitsvergleiche zulässig.

Richtkosten für 1. Wirtschaftlichkeitsvergleiche

WP Luft-Wasser inkl. Steuerung; Sanftanlasser; elektr. Zusatzheizung (12 kW)	Fr. 22 000
Anschluss / Montage	Fr. 3 000–4 000
Nebearbeiten (Bau, Maler, Gipser)	Fr. 1 000–2 000
Demontage, Entsorgung	Fr. 1 000
Erdsondenanlagen: Mehrpreis	+ Fr. 8 000–10 000
Erdregister, Grundwasseranlagen: Mehrpreise	bis Fr. 20 000

Ölheizung

Randbedingungen

- Platz für die Brennstofflagerung (Innen- oder Aussentank)
- Öllagerung erlaubt (Parzelle liegt nicht in spezieller Grundwasserzone)
- Platz für einen Heizraum
- Kamin für Rauchgase muss vorhanden sein oder eingebaut werden
- Wärmeverteilungssystem vorhanden oder kann nachinstalliert werden

Vorschriften

- Luftreinhalteverordnung (typengeprüfte Kessel- und Brenner einsetzen)
- Tankvorschriften
- Brandvorschriften

Literatur/Merkblätter:

- Wärmetechnische Gebäudesanierung in der Praxis (1985, Impulsprogramm Haustechnik)

Systeme

- Low-NOx-Brenner/Kessel-Kombinationen

Hauptkomponenten

- Kamin
- Öltank
- Feuerung mit Tankgarnitur und Ölleitungen
- Wärmeerzeuger mit Rauchrohr
- Regulierung mit Mischorgan
- Expansionseinrichtung mit Sicherheit
- Füll-Einrichtung
- Pumpe, Armaturen, Instrumente, Leitungen
- evtl. Wärmeverteilung mit Isolation
- evtl. Heizkörper mit Armaturen und Konsolen
- evtl. Kombination mit Warmwassererwärmung

Nebenkosten

- Bewilligungen
- Elektriker
- Maurer
- Maler
- evtl. Ingenieur-Honorar

Kostengrössenordnungen

Wichtiger Hinweis:

Die Angaben sind Grössenordnungen zum Einstieg in eine erste grobe Wirtschaftlichkeitsabschätzung. Für den jeweils vorliegenden Fall sind immer Detailabklärungen notwendig und Unternehmerofferten einzuholen. Die Angaben sind nur für Wirtschaftlichkeitsvergleiche zulässig.

Richtkosten für 1. Wirtschaftlichkeitsvergleiche

Kessel, Brenner, Steuerung, Mischventil, Pumpe
Kompaktanlage (14–20 kW) Fr. 8 500

Anschluss/Montage/Diverses Fr. 1 500–3 000

Nebenarbeiten (Bau, Maler, Gipser)
Fr. 500–2 000

Demontage, Entsorgung Fr. 1 000

Tankanlage Fr. 2 000–8 000

Kamin (neu inkl. Bau, Spengler, Dach)
Fr. 6 000–12 000

Gasheizung

Randbedingungen

- Erschliessung durch Erdgas ist in der Strasse vorhanden
- Zusage des Gaswerkes (Kapazität!)
- Platz für einen Heizraum
- Kamin für Rauchgase muss vorhanden sein oder eingebaut werden
- Wärmeverteilsystem vorhanden oder kann nachinstalliert werden

Vorschriften

- Luftreinhalteverordnung (typengeprüfte Kessel und Brenner einsetzen)
- Gasvorschriften
- Brandvorschriften

Literatur/Merkblätter

- Wärmetechnische Gebäudesanierung in der Praxis (1985, Impulsprogramm Haustechnik)

Systeme

- Low-NOx-Brenner/Kessel-Kombinationen
- atmosphärischer Brenner oder Gebläsebrenner
- kondensierende oder nicht kondensierende Heizkessel

Hauptkomponenten

- Kamin
- Gaserschliessung
- Feuerung mit Gasstrasse
- Wärmeerzeuger mit Rauchrohr
- Regulierung
- Expansionseinrichtung mit Sicherheit
- Füll-Einrichtung
- Pumpe, Armaturen, Instrumente, Leitungen

- evtl. Wärmeverteilung mit Isolation
- evtl. Heizkörper mit Armaturen und Konsolen
- evtl. Kombination mit Warmwassererwärmung

Nebenkosten

- Bewilligungen
- Gas-Anschlusskosten evtl.
- Elektriker
- Maurer
- Maler
- evtl. Ingenieur-Honorar

Kostengrössenordnungen

Wichtiger Hinweis:

Die Angaben sind Grössenordnungen zum Einstieg in eine erste grobe Wirtschaftlichkeitsabschätzung. Für den jeweils vorliegenden Fall sind immer Detailabklärungen notwendig und Unternehmerofferten einzuholen. Die Angaben sind nur für Wirtschaftlichkeitsvergleiche zulässig.

Richtkosten für 1. Wirtschaftlichkeitsvergleiche

Kessel, Brenner, Steuerung, Pumpe Kompaktanlage (10–20 kW)	Fr. 6 000
Anschluss/Montage/Diverses	Fr. 1 500–3 000
Nebenarbeiten (Bau, Maler, Gipser)	Fr. 500–2 000
Demontage, Entsorgung	Fr. 1 000
Anschlussgebühren (Hausanschluss + Zuleitung)	Fr. 5 000–8 000
Kamin (neu, inkl. Bau, Spengler, Dach)	Fr. 5 000–12 000

Anschluss an Fernwärme oder Nahwärmeverbund

Randbedingungen

- Erschliessung durch Fernwärme ist vorhanden
- Zusage des Fernheizwerkes (Kapazität!)
- Platz für eine Wärmeübergabestation

- Wärmeverteilsystem vorhanden oder kann nachinstalliert werden

Vorschriften

- des Fernheizwerkes

Literatur/Merkblätter

- Wärmetechnische Gebäudesanierung in der Praxis (1985, Impulsprogramm Haustechnik)

Systeme

- direkt oder über Umformer angeschlossen

Hauptkomponenten

- Fernleitungs-Anschluss
- Wärmeübergabestation
- Regulierung mit Mischorgan
- Expansionseinrichtung mit Sicherheit
- Füll-Einrichtung
- Pumpe, Armaturen, Instrumente, Leitungen
- evtl. Wärmeverteilung mit Isolation
- evtl. Heizkörper mit Armaturen und Konsolen

Nebenkosten

- Fernleitungs-Anschlusskosten (einmalige Gebühr)
- Elektriker
- Maurer
- Maler
- evtl. Ingenieur-Honorar

Kostengrössenordnungen

Weil regional grosse Unterschiede in den Tarifen und in den Tarifstrukturen vorliegen, sind hier keine Angaben möglich.

Holzheizung

Randbedingungen

- Platz für die Brennstofflagerung und evtl. -trocknung
- Bezugsquelle für Energieholz muss vorhanden sein
- Platz für einen Heizraum evtl. mit Speicher
- Kamin für Rauchgase muss vorhanden sein oder eingebaut werden
- Wärmeverteilsystem vorhanden oder kann nachinstalliert werden

Vorschriften

- Luftreinhalteverordnung
- Brandvorschriften

Literatur/Merkblätter:

- Holz-Zentralheizungen (1988, Impulsprogramm Haustechnik)

Systeme

- handbeschickte Stückholzfeuerung, evtl. als Zentralheizungsherd
- automatische Kleinf Feuerung mit Schnitzeln
- evtl. automatische Stückholzfeuerung ?

Hauptkomponenten

- Kamin
- Holzlager und/oder Silo
- evtl. autom. Fördereinrichtungen
- Wärmeerzeuger mit Rauchrohr
- evtl. Speicher
- Regulierung mit Mischorgan
- Expansionseinrichtung mit Sicherheit
- Füll-Einrichtung
- Pumpe, Armaturen, Instrumente, Leitungen
- Isolation
- evtl. autom. Ersatz- oder Zusatzheizung (z.B. bei längeren Abwesenheiten)
- evtl. Wärmeverteilung mit Dämmung
- evtl. Heizkörper mit Armaturen und Konsolen

Nebenkosten

- Bewilligungen
- Elektriker
- Maurer
- Maler
- evtl. Ingenieur-Honorar

Kostengrössenordnungen

Wichtiger Hinweis:

Die Angaben sind Grössenordnungen zum Einstieg in eine erste grobe Wirtschaftlichkeitsabschätzung. Für den jeweils vorliegenden Fall sind immer Detailabklärungen notwendig und Unternehmerofferten einzuholen. Die Angaben sind nur für Wirtschaftlichkeitsvergleiche zulässig.

Richtkosten für 1. Wirtschaftlichkeitsvergleiche

Kessel, Speicher, Steuerung, Mischventil, Pumpe
Kompaktanlage (14–20 kW) Fr. 15 000–25 000

Anschluss / Montage / Diverses Fr. 2 000–4 000

Nebenarbeiten (Bau, Maler, Gipser)
Fr. 500–2 000

Demontage, Entsorgung Fr. 1 000

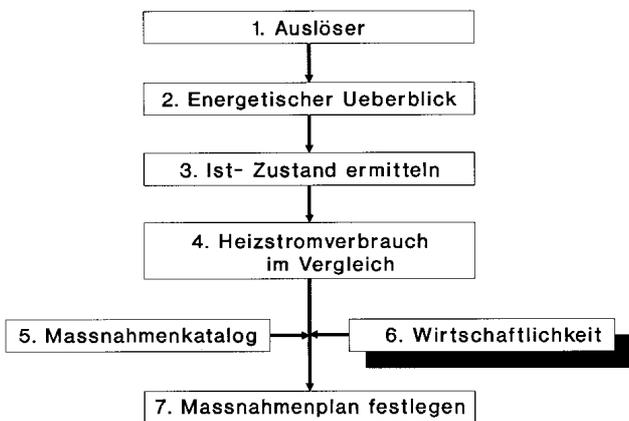
Kamin (neu, inkl. Bau, Spengler, Dach)
Fr. 6 000–10 000

Evtl. Holzlager, Einbringöffnung etc. – Fr. 2 500

6 Wirtschaftlichkeit

6.1	Allgemeines	60
6.2	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	60
6.3	Wirtschaftlichkeit verschiedener Energiesysteme	64
6.4	Total der mittleren jährlichen Kosten	66

6 Wirtschaftlichkeit



6.1 Allgemeines

Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist ein wichtiges Element bei der Entscheidung für ein Energiesystem.

Als Randbedingungen im Umfeld der eigentlichen Wirtschaftlichkeitsrechnung sind zu beachten:

- Steigende Energiepreise
- Notwendiger Unterhalt und Werterhaltung von Heizsystemen und Gebäuden
- Anforderungen des Umweltschutzes
- Evtl. Ausbau/Steigerung des Gebäudenutzens

Die vorgeschlagene Berechnungsmethodik ist eine dynamische Annuitätenrechnung. Sie erlaubt einen Vergleich von jährlichen Kosten bzw. Erträgen.

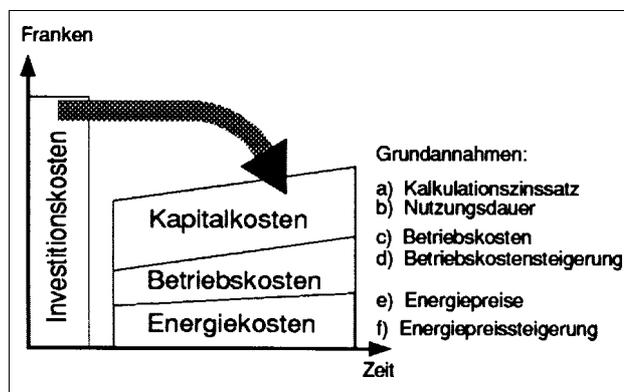
Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Rahmen dieses Projektes sind nachfolgend die wesentlichen Elemente zusammengestellt. Sie sind ein Auszug aus «RAVEL zahlt sich aus», praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Die wichtigsten Tabellen daraus befinden sich im Anhang.

6.2 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Energiesparmassnahmen oder dem Vergleich von alternativen Energiesystemen müssen heutige Investitionen mit zukünftigen jährlichen Energie- und Betriebskosteneinsparungen verglichen werden. Für die Gegenüberstellung von Investitionen und jährlichen Kosten werden die Investitionsaufwendungen in jährlich gleichbleibende Beträge (Annuitäten) umgerechnet. Diese jährlichen Kapitalkosten sollen die Aufwendungen für den Zinsendienst und die Amortisation der Investition abdecken. Die Summe von Energie-, Betriebs- und Kapitalkosten ergeben dann die gesamten jährlichen Kosten des Energiesystems.

Energiesparmassnahmen werden dann wirtschaftlich, wenn die jährlichen Kapital- und Betriebskosten kleiner sind als die jährlichen Energiekosteneinsparungen.

Für die Bestimmung der jährlichen Kapital-, Betriebs- und Energiekosten müssen verschiedene Annahmen getroffen werden. Im einzelnen sind der Kalkulationszinssatz, die Nutzungsdauer der Anlage, die Betriebskosten, Betriebskostensteigerung, Energiepreise und Energiepreissteigerung festzulegen.



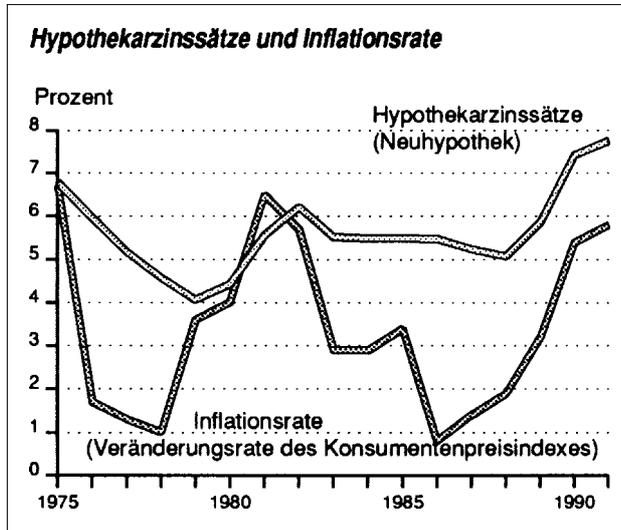
Alle folgende Annahmen sind als Richtlinie zu verstehen und können durch eigene ersetzt werden. Häufig werden gewisse Vorgaben von der Auftraggeberin bzw. dem Auftraggeber festgelegt.

a) Kalkulationszinssatz

Die Berechnung der jährlichen Kapitalkosten erfolgt mit Hilfe des Annuitätsfaktors (Tabelle A im Anhang).

Für die Festlegung des massgebenden Annuitätsfaktors müssen der Kalkulationszinssatz, d.h. der für die Berechnung relevante Zinssatz sowie die Nutzungsdauer bekannt sein. Dabei muss berücksichtigt werden, dass für Bauten im industriellen bzw. gewerblichen Bereich und im Wohnbaubereich unterschiedliche Zinssätze angewendet werden.

Im **Wohnbaubereich** kann in der Regel für Private wie auch für Unternehmungen mit dem Zinssatz für die 1. Hypothek gerechnet werden (1991: 8% für Neuhypotheken. Im gewerblichen und industriellen Bereich muss unterschieden werden zwischen Energiemassnahmen bei Gebäuden und Produktionsprozessen.



Wie obige Grafik illustriert, sind Hypothekarzins und allgemeine Teuerung (Inflationsrate) voneinander abhängig. Die durchschnittliche Inflationsrate über die letzten 15 Jahre betrug 3,4%. Der durchschnittliche nominale Hypothekarzinsatz (1. Hypothek) lag bei 5,7%. Der mittlere reale Hypozinssatz beträgt somit $5,7\% - 3,4\% = 2,3\%$ und ist in einer längerfristigen Sichtweise relativ konstant. Dies bedeutet, dass Hypothekarzinsatz und Inflationsrate nicht unabhängig voneinander festgelegt werden können. Wird mit einer sinkenden

Inflationsrate gerechnet, so muss auch der Hypozins entsprechend angepasst werden. Die Differenz zwischen Hypozins und Inflationsrate sollte nicht kleiner als 2% und nicht grösser als 2,5% sein.

b) Nutzungsdauer

Die Bestimmung der Nutzungsdauer kann im Normalfall mit Hilfe von Tabelle C (siehe Anhang) oder aufgrund von Herstellerangaben erfolgen.

c) Betriebskosten

Die Betriebskosten werden pro Jahr ausgewiesen und umfassen Personal- und Materialkosten für Wartung und Unterhalt (darunter fallen auch Bedienung, Reinigung, Überwachung, Zusätzlich fallen teilweise noch Versicherungs- und Verwaltungskosten an. Die Wartungs- und Unterhaltskosten können mit Hilfe von Herstellerangaben oder Serviceverträgen ermittelt werden. Für eine erste Abschätzung kann auch auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden, mit denen die jährlichen Wartungs- und Unterhaltskosten aus den Investitionen bestimmt werden können (Tabelle C im Anhang).

d) Betriebskostensteigerung

Diese jährlichen Betriebskosten sind aber nicht konstant, sondern unterliegen der allgemeinen Teuerung. Die Betriebskostensteigerung beträgt minimal ca. 4% (= zukünftig erwartete Inflationsrate). Zusätzlich kann noch eine Realpreissteyerung von bis zu 2% berücksichtigt werden. Die Bandbreite für die jährliche Betriebskostensteigerung liegt somit bei 4 bis 6%, wenn eine Inflationsrate von 4% unterstellt wird.

e) Energiepreise

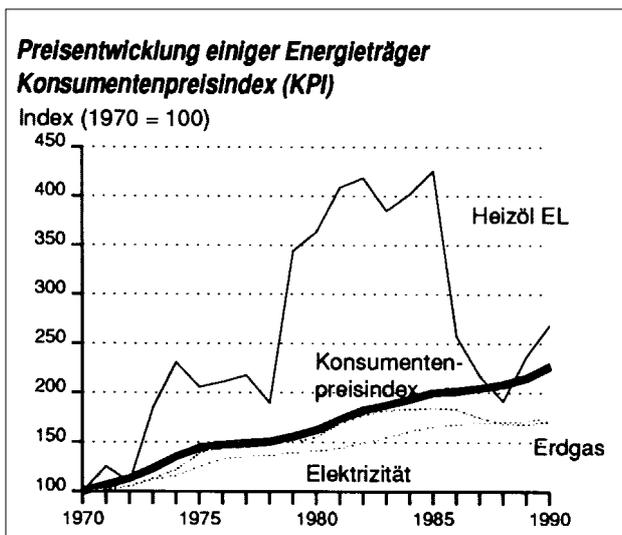
Die spezifischen Energiepreise für Öl, Holz und Kohle variieren über die Zeit und sind abhängig von der gekauften Menge. Die Preise der leitungsgebundenen Energieträger Elektrizität, Erdgas und Fernwärme unterscheiden sich zusätzlich zwischen den einzelnen Energieversorgungsunternehmen. **Die Energiepreise unterscheiden sich demnach von Fall zu Fall und müssen für jede Wirtschaftlichkeitsberechnung immer wieder neu erhoben werden.** Für die Beispiele in dieser Tabelle wird mit Jahresmittelwerten gerechnet.

Mittlere Energiepreise für 1991 (beachte Bemerkungen unter Punkt e)

Energieträger	Grossverbraucher (Mittelspannung bei der Elektrizität)		Kleinverbraucher (Niederspannung bei der Elektrizität)
	Leistungspreis	Arbeitspreis	(evtl. Grundpreis zusätzlich)
Heizöl		40 Fr./100 kg	45 Fr./100 kg
Elektrizität Hochtarif (HT) Winter	100 Fr./kW und Jahr	12 Rp./kWh	20 Rp./kWh
Elektrizität Hochtarif (HT) Sommer		9 Rp./kWh	
Elektrizität Niedertarif (NT) Winter		8 Rp./kWh	10 Rp./kWh
Elektrizität Niedertarif (NT) Sommer		6 Rp./kWh	
Erdgas (Grund- bzw. Leistungspreis im Arbeitspreis enthalten)			3.5 Rp./kWh
Fernwärme (Grund- bzw. Leistungspreis im Arbeitspreis enthalten)		5.0 Rp./kWh	7.0 Rp./kWh
Energieholz-Hackschnitzel: Laubholz frisch (bis 45% Wassergehalt) ca. 40 Fr. pro m ³ loses Schüttgut			
Energieholz in Sterform: frische Buchenspälte ca. 60 Fr. pro Ster			

f) Energiepreissteigerung

Sind Energiepreise und Energieverbrauch bekannt, lassen sich die aktuellen jährlichen Energiekosten herleiten. Diese Energiekosten werden aber in Zukunft aufgrund der Energiepreisteuerung ansteigen. Die nachfolgende Grafik gibt einen Überblick über die Preissteigerungen verschiedener Energieträger und die Entwicklung des Konsumentenpreisindex von 1970 bis 1990.



Die Grafik zeigt, dass eine Prognose der zukünftigen Energiepreisentwicklung mit grossen Unsi-

cherheiten behaftet ist. Einige Tendenzen lassen sich dennoch festlegen: Die Energiepreise sind heute auf einem sehr tiefen Niveau. In Zukunft ist kaum damit zu rechnen, dass sich die Energiepreise real verbilligen. Die minimale Energiepreissteigerung entspricht somit etwa der Inflationsrate. In der Regel ist aber mit real steigenden Energiepreisen zu rechnen. Verantwortlich dafür sind die begrenzten Vorräte bei den fossilen Energieträgern Öl und Gas und die wachsenden Ausgaben für die Elektrizitätsversorgung (Sicherheitsvorschriften, Entsorgung, Restwassermengen). Auch eine Energiesteuer oder eine CO₂-Abgabe würden die Endverbraucherpreise verteuern und damit Sparinvestitionen rentabler machen.

In den Energiepreissteigerungen sind lediglich die heutigen staatlichen Abgaben enthalten. Wird in Zukunft eine Energieabgabe für fossile Energieträger im Umfang von 10% bis 20% eingeführt, und der Einführungszeitpunkt ist nicht bekannt, so kann dies berücksichtigt werden, indem die Werte für Energiepreissteigerung von Öl Gas und Kohle um weitere 0,5% angehoben werden. Steht eine solche Energieabgabe kurz vor ihrer Einführung, so können die entsprechenden Energiepreise um den entsprechenden Abgabesatz erhöht werden.

Die Beispiele beruhen auf einer zukünftig erwarteten Inflationsrate von 4%. Die wichtigsten Annahmen über die zukünftige Preisentwicklung sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Grundlagen bei einer zukünftig erwarteten Inflationsrate von 4%

	minimal	mittel	maximal
Betriebskostensteigerung p.a.	4%	5%	6%
Energiekostensteigerung p.a.			
Elektrizität: mittl. Tarifniveau	4%	5¢	6%
Elektrizität: NT Winter (Elektroheizung)	6%	7,5%	9%
Heizöl EL	4%	6%	8%
Erdgas	4%	5,5%	7%
Fernwärme	4%	5%	6%
Kohle	4%	4%	4%
Holz	4%	4%	4%

g) Annuität und Mittelwertfaktoren

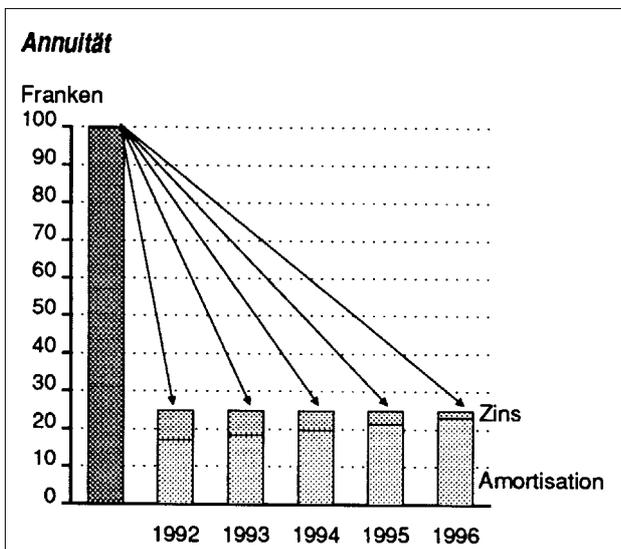
Die vorliegende Wirtschaftlichkeitsrechnung basiert auf dem Vergleich von jährlichen Kosten bzw. Erträgen.

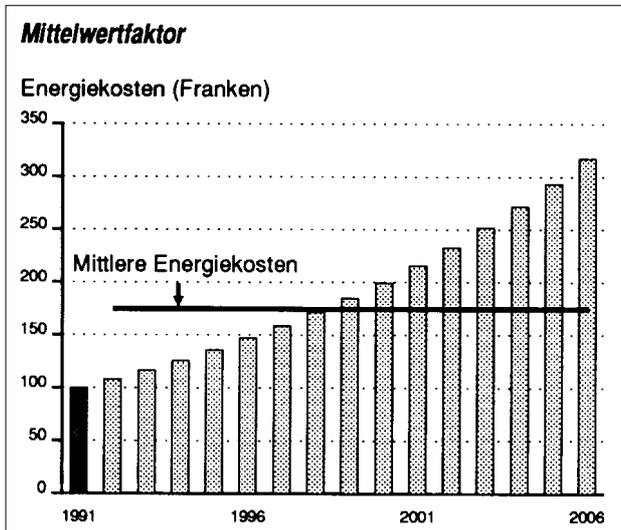
Das erste Problem, das es dabei zu lösen gilt, ist die Umrechnung der einmaligen Investitionsaufwendungen in jährlich konstante Beträge (Annuität). Diese Beträge stellen die jährlichen Kapitalkosten dar und sollen die Aufwendungen für Zinszahlungen und Amortisation der Investition decken. Wie man sich das grafisch vorstellen kann, zeigt nachfolgende Figur:

Annuität:

Beispiel: Beträge der Kalkulationszinssatz 8 % und die Nutzungsdauer 5 Jahre, so lassen sich die jährlichen Kapitalkosten mit Hilfe des Annuitätsfaktors (Tabelle A im Anhang A6) relativ einfach bestimmen. Eine Investition von 100 Fr. verursacht jährliche Kapitalkosten von 100 Fr. \cdot 0,25 (= Annuitätsfaktor) = 25 Fr.

Das zweite Problem besteht darin, für die jährlich steigenden Energiekosten eine Vergleichsgrösse herzuleiten. Es ist naheliegend, eine Art Mittelwert zu bestimmen. Die nachfolgende Grafik illustriert das Problem:





Mittelwertfaktor:

Die Berechnung der mittleren jährlichen Energiekosten kann mit Hilfe des **Mittelwertfaktors** (Tabelle B im Anhang A6) berechnet werden. Beispiel: Kalkulationszinsatz und Energiepreissteigerung betragen 8%, die Nutzungsdauer sei 15 Jahre und die heutigen Energiekosten seien 100 Fr. Die mittleren jährlichen Energiekosten über die gesamte Nutzungsdauer von 15 Jahren lässt sich berechnen, indem die heutigen jährlichen Energiekosten mit dem Mittelwertfaktor multipliziert werden; also: mittlere jährliche Energiekosten = 100 Fr. \cdot 1.752 (=Mittelwertfaktor) = 175,20 Fr.

6.3 Wirtschaftlichkeit verschiedener Energiesysteme

Die Wirtschaftlichkeit wird aufgrund der jährlich anfallenden Kosten beurteilt. Dabei wird aus einer betriebswirtschaftlichen Sicht diejenige Anlage gewählt, welche die minimalen jährlichen Kosten ausweist. Bei Neubauten oder Totalsanierungen stehen meistens verschiedene Energiesysteme zur Auswahl. Wie diese Systeme aus wirtschaftlicher Sicht miteinander verglichen werden können, soll im folgenden Abschnitt erläutert werden. Dabei wird unterstellt, dass die verschiedenen Alternativen eine ähnliche Nutzungsdauer haben.

Vergleich alternativer Energiesysteme (mit gleicher Nutzungsdauer)

Die jährlich anfallenden Kosten lassen sich unterteilen in Aufwendungen für Amortisation und Zinsendienst (jährliche Kapitalkosten), Kosten für Wartung und Unterhalt (Betriebskosten sowie Energiekosten). Das Vorgehen kann wie folgt skizziert werden: (Tabelle 6.3)

Bestimmung der Investitionskosten ->
 + jährliche Kapitalkosten
 + jährliche Betriebskosten
 Berechnung des Energieverbrauchs ->
 + jährliche Energiekosten

= jährliche Kosten zum heutigen Zeitpunkt

Mittelwertfaktoren bestimmen für Betriebs- und Energiekosten

mittlere jährliche Kosten über die gesamte Nutzungsdauer

Wahl der kostenminimalen Alternative

Als erstes werden die **jährlichen Kapitalkosten**, die durch die Investitionsausgaben bestimmt werden, berechnet.

Die Investitionen fallen als einmalige Ausgaben am Anfang des Betrachtungszeitraumes an und können relativ genau ermittelt werden. Investitionen, die zusammen mit der Energieinvestition getätigt werden, aber einem anderen Zweck dienen (z.B. Komfortverbesserung), gehen nicht in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein. Die Abgrenzung zwischen Investitionsaufwendungen, die für Energiemaßnahmen und solche die für reinen Unterhalt oder aufgrund von Komfortansprüchen getätigt werden, ist in der Praxis nicht immer einfach. Dass die Energieinvestition nicht mit artfremden Kosten belastet wird, ist ein wichtiger Punkt, allerdings müssen auch alle relevanten Ausgaben erfasst werden:

- direkte Ausgaben für Apparate, Maschinen, Leitungen, Montage, Land, Mess- und Regelungstechnik, Isolierung, Gebäudeteile für Heizanlage oder Lagerhaltung
- indirekte Ausgaben für Planung, Beratung, Bauüberwachung, Baustelleneinrichtungen, Demontage der alten Anlage, Entsorgung
- Kosten der Inbetriebnahme, Ausbildungskosten
- evtl. einmalige Anschlusskosten (bei leitungsgebundenen Energieträgern), Netzkostenbeiträge.

Bei den Investitionskosten kann für eine erste Schätzung zu Vergleichszwecken von den Richtkostenangaben im Kapitel 5 ausgegangen werden.

Schwieriger ist es, besonders bei Umbauten und Sanierungen, den Arbeitsaufwand zu schätzen. Die Durchschnittskosten im Kapitel 5 sind als Basiswerte für Vergleiche bei verschiedenen Varianten gedacht.

Wenn exaktere Angaben gewünscht werden, sind in jedem Fall Unternehmerofferten für die Varianten einzuholen.

Dabei ist zu beachten, dass alle Aufwendungen berücksichtigt werden (Anpassungen, Mauerdurchbrüche, Fertigstellungsarbeiten, Entsorgungskosten usw.).

Zusätzlich benötigter Raum, bzw. durch Umstellungen frei werdender Raum, kann grundsätzlich mit einem m²-Preis in Relation zu den Mietkosten für das ganze Gebäude bewertet werden. Im konkreten Fall ist eine subjektive Bewertung des Eigentümers ausserhalb der Kostenrechnung als zusätzliches Entscheidungskriterium eher sinnvoll. Wichtig ist, dass die Raumverhältnisse abgeklärt und berücksichtigt werden.!

Die Investitionsausgaben lassen sich mit Hilfe des Annuitätsfaktors auf jährlich gleichbleibende Kosten (Annuitäten) umrechnen. Der Annuitätsfaktor ist abhängig vom unterstellten Kalkulationszinsatz und der Nutzungsdauer der Investition und kann mit Hilfe der Annuitätentabelle (siehe Tabelle

im Anhang) bestimmt werden. Mit Hilfe von Tabelle 6.3 können die jährlichen Kapitalkosten hergeleitet werden.

Die **jährlichen Betriebskosten** werden in Tabelle 6.3 eingetragen. Sie können entweder als in % des Anlagewerks (Tabelle C im Anhang) oder detailliert (in Tabellen 6.4 und 6.5) erfasst werden.

Für Betriebs- und Unterhaltsaufwendungen sind die tatsächlichen Kosten für Serviceabonnements, Kaminfeger, Rauchgaskontrolle, Tankreinigung usw. einzusetzen. Dabei ist zu beachten, dass bei Beträgen, die in mehrjährigen Zyklen anfallen, nur ein Anteil pro Jahr berücksichtigt wird.

Die **jährlichen Energiekosten** können aus dem prognostizierten Verbrauch (Kapitel 3 und 4) und den Energieeinkaufspreisen mit Hilfe der Tabellen 6.4 bzw. 6.5 für die verschiedenen Heizsysteme ermittelt werden. Die Summen werden in die Tabelle 6.3 eingetragen.

Dazu sind folgende Erklärungen notwendig: Ausgehend vom Energieverbrauch Heizung «IST» (Kapitel 3) bzw. dem Energiebedarf Heizung «SOLL» (Kapitel 4) können für verschiedene Varianten die Energiekosten berechnet werden (Tabellen 6.4; 6.5). Für die einzelnen Systeme ist zu beachten:

a) Leitungsgebundene Energieträger (Strom; Gas; Fernwärme)

Die Energiekosten setzen sich im allgemeinen aus zwei Teilen zusammen:

- Energiepreis in Rp/kWh, entsprechend dem gemessenen Verbrauch
- Anschlussgebühren: Jahrespauschale, Leistungspreis; Zählermiete oder ähnliche Anteile in Fr./Jahr entsprechend der Tarifgestaltung

Bei der Zusammenstellung ist zu beachten, dass die tatsächlichen Kosten berücksichtigt werden, die der Heizung anzurechnen sind! (Bei Elektroheizungen ohne separaten Zähler fallen bei verschiedenen EW's keine zusätzlichen Kosten für die Heizenergie an.

Zukünftige absehbare Tarifentwicklungen sind beim Lieferanten zu erfragen und gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Beim Gas sind die Umrechnungen des Heizwertes und des Anlagenwirkungsgrades notwendig. Die entsprechenden Angaben sind in der Tabellenrechnung enthalten.

b) Heizöl

Die Umrechnungen des Heizwertes und des Anlagenwirkungsgrades sind in der Tabellenrechnung berücksichtigt.

Die sprunghaften Schwankungen der Heizölpreise während der vergangenen Jahre lassen es angezeigt erscheinen, anstelle eines aktuellen Preises, einen Durchschnittspreis über mehrere Jahre als Grundlage zu verwenden.

c) Holz

Die Schwankung der Heizwerte verschiedener Holzsorten ist relativ gross. Wirkungsgradangaben hängen sehr stark vom System und seiner Umgebung ab. Der tatsächliche Holzverbrauch kann nur grob abgeschätzt werden.

Wenn das Holz zugekauft werden muss, sind die lokalen Preise einzusetzen. Rüst- und Transportkosten nicht vergessen.

6.4 Total der mittleren jährlichen Kosten

Die Bilanz über die gesamte Nutzungsdauer für eine Alternative kann mit Hilfe von Tabelle 6.3 erstellt werden: Die jährlichen Kapitalkosten entsprechen den tatsächlichen nominalen Aufwendungen für Amortisation und Zins und sind über die ganze Nutzungsdauer konstant. Die jährlichen Kapitalkosten verändern sich somit innerhalb der Nutzungsdauer nicht. Die jährlichen Betriebs- und Energiekosten hingegen steigen stetig, da sich Lohn- und Materialkosten sowie Energiepreise ständig erhöhen. Mit Hilfe der Mittelwertfaktoren

(Tabelle B im Anhang) können diese Preissteigerungen relativ einfach berücksichtigt werden.

Bei einem Vergleich verschiedener Alternativen gilt diejenige mit den kleinsten mittleren jährlichen Kosten als die wirtschaftlichste. Die verschiedenen Alternativen müssen allerdings etwa dieselbe Nutzungsdauer aufweisen, damit ein Vergleich überhaupt möglich ist. Für die Systemwahl sind aber in der Regel weitere Faktoren massgebend (Umweltschutz, Bedienungskomfort, Versorgungssicherheit ...)

Wirtschaftlichkeit ohne Steuern/Umweltkosten

Wirtschaftliche Grundlegendaten

Kalkulationszinssatz:	Inflationsrate =	Realzins =	Nominal=
Betriebskostensteigerung:		Real =	Nominal=
Energiepreissteigerung: Elektrizität Hochtarif		Real =	Nominal=
Elektrizität Niedertarif		Real =	Nominal=
Heizöl		Real =	Nominal=
Erdgas		Real =	Nominal=
		Real =	Nominal=
		Real =	Nominal=

Jährliche Kapitalkosten

Anlageteil	Investitionsausgaben	Nutzungsdauer	Annuitätsfaktor	Jährliche Kapitalkosten
		Jahre		
		Jahre		
		Jahre		
Total				

Jährliche Betriebskosten

Anlageteil	Anlagewert	Jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten in % des Anlagewertes	Jährliche Betriebskosten
Total			

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Jahres-Grundgebühr (Grund-, Leistungspreis)	Verbrauch	spezifische Kosten	Jährliche Energiekosten
Elektrizität Hochtarif		kWh/Jahr	Fr/kWh	
Elektrizität Niedertarif		kWh/Jahr	Fr/kWh	
Heizöl		kg	Fr./100kg	
Erdgas		kWh	Fr/kWh	
Total				

Total der mittleren jährlichen Kosten

	Mittelwertfaktoren durchschn. Nutzungsdauer	Jährliche Kosten	mittlere jährliche Kosten über die Nutzungsdauer
Kapitalkosten	xx		
Betriebskosten			
Elektrizität Hochtarif			
Elektrizität Niedertarif			
Heizöl			
Erdgas			
Total			

Tabelle 6.3

Daten zur Wirtschaftlichkeitsrechnung Wärmepumpe

Bezeichnung	Wert Angabe	Einheit	Bemerkung
INVESTITIONSKOSTEN			
1) Wärmepumpe		Fr.	
2) Anschluss, Montage		Fr.	
3) Nebenarbeiten		Fr.	
4) Demontage, Entsorgung		Fr.	
5) Verschiedenes		Fr.	10 % von 1 ... 4
6)			
TOTAL	I	Fr.	I = Summe (1 6) -> Uebertrag Tab. 6.3
BETRIEB/ UNTERHALT			
1) Serviceabonnement		Fr./a	
2)			
TOTAL	BK	Fr.	BK = Summe (1+2) -> Uebertrag Tab. 6.3
<u>ENERGIEBEDARF</u> HEIZUNG	Ea SOLL	kWh/a	Ea SOLL aus Kapitel 4.2 ggf. unter Berücksichtigung des Zustandes nach Umbau/Sanierung
ENERGIE- EINKAUF			
Jahresarbeitszahl	JAZ	1	Luft-Wasser-WP: JAZ = 2,4 Sole-Wasser-WP: JAZ = 3,0 Luft-Wasser-bivalent: JAZ = 3,0 Wasser-Grundwasser: JAZ = 3,5
Energieverbrauch elektr.	E,el	kWh/a	E,el = Ea SOLL / JAZ = /
Verbrauchskosten	VE	Fr./a	E,el * durchschn. Stromtarif (50 % HT; 50 % NT)
Pauschalkosten	PE	Fr./a	"Zählermiete, Grundbetrag, Jahresgebühr etc.
			EE = VE + PE = + +
TOTAL ENERGIEKOSTEN	EE	Fr./a	Uebertrag -> Tab. 6.3

Tabelle 6.4

Daten zur Wirtschaftlichkeitsrechnung Ölkessel

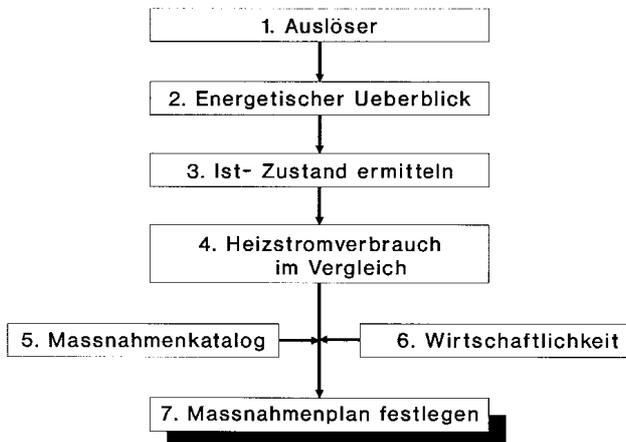
Bezeichnung	Wert Angabe	Einheit	Bemerkung
INVESTITIONSKOSTEN			
1) Kessel, Brenner, Steuerung (Kompaktanlage) 14- 20 kW		Fr.	
2) Zubehör (Pumpen, Ventile)		Fr.	
3) Anschluss, Montage		Fr.	
4) Tank		Fr.	
5) Kamin		Fr.	
6) Nebenarbeiten		Fr.	
7) Demontage, Entsorgung		Fr.	
8) Verschiedenes		Fr.	10 % von 1 ... 7
9)			
TOTAL	I	Fr.	I = Summe (19) → Uebertrag Tab. 6.3
BETRIEB/ UNTERHALT			
1) Serviceabonnement		Fr./a	
2) Kaminfeger		Fr./a	
3) Tankreinigung		Fr./a	
4)		Fr./a	
TOTAL	BK	Fr.	BK = Summe (1...4) → Uebertrag Tab. 6.3
ENERGIEBEDARF HEIZUNG	Ea SOLL	kWh/a	Ea SOLL aus Kapitel 4.2 ggf. unter Berücksichtigung des Zustandes nach Umbau/Sanierung
ENERGIE- EINKAUF			
Heizwert Heizöl el.	Hu	10 kWh/l	
Kesselwirkungsgrad	Eta K	1	Annahme: Eta K = 0.85
Heizölverbrauch	E öl	l/a	$E_{\text{öl}} = E_a \text{ SOLL} / (E_{\text{ta}} K * H_u) = \dots\dots\dots / (0.85 * 10)$
			$EE = E_{\text{öl}} / 100 * \text{Oelpreis (in Fr. \% I)}$
TOTAL ENERGIEKOSTEN	EE	Fr./a	Uebertrag → Tab. 6.3

Tabelle 6.5

7 Massnahmenplan festlegen

7.1	Allgemeines	72
7.2	Ausgangslage	72
7.3	Vorgehen zur Planerstellung	72
7.4	Planungs-Leitlinie: Zentralheizsystem vorhanden	73
7.5	Planungs-Leitlinie: Einzelspeicher	75

7 Massnahmenplan festlegen



7.1 Allgemeines

Als Abschluss des Beratungsablaufes wird ein Massnahmenplan festgelegt. Dieser zeichnet die weiteren (Realisierungs)Schritte vor und ergibt soweit möglich die Randbedingungen für die einzelnen Massnahmen. Nachfolgend wird die Ausgangslage und das Vorgehen zur Planerstellung allgemein beschrieben und für den Bereich Heizanlage eine Planungsleitlinie angegeben.

7.2 Ausgangslage

- a) Gebäude
 - Schlecht gedämmtes EFH (=«worst case»)
 - Günstige Situation bzw. sanierte Teile werden berücksichtigt, Vorgehen gilt grundsätzlich auch für MFH (aber Kostenüberwälzung z.T. möglich!)
- b) Heizanlage: (vgl.7.4/7.5)

Die Planerstellung läuft unterschiedlich für

 - Einzelspeicher (inkl. Fussbodenspeicher)
 - Zentralheizung (Wasser-/Feststoffspeicher)
- c) Renovations-Ausbau-, sonstige Änderungsvorhaben:
 - evtl. abzuleiten aus Kap. 3 «Komfort/Benutzerverhalten» und 4 «Soll-Ist-Vergleich»
 - Liste erstellen, evtl. mit Varianten/Wahrscheinlichkeiten/Abhängigkeit von Randbedingungen

7.3 Vorgehen zur Planerstellung

Eine Abfolge von bedingten Fragen und Antworten/Varianten («wenn ... dann ...») ergibt einen oder mehrere «Pfade» durch das grosse Feld des Massnahmenkatalogs. Dabei sollen soweit möglich Richt-Kosten, -Einsparungen und Zeiten/Fristen eingesetzt werden.

Die Tabellen 7.4 und 7.5 sind nachfolgend abgedruckt.

7.4 Planungs-Leitlinie: Zentralheizsystem vorhanden

Planungsschritt	Bemerkungen, Angaben
1) Vorlauftemperatur VLT effektiv maximal (bei Auslegung-Aussentemperatur)	– gemessen/abgelesen – aus Regelgerät/Heizkurve berechnet (Übereinstimmung!)
2) Wärmedämmstandard: Absehbare VLT-Senkung durch Massnahmen	– sofort – kurzfristig – längerfristig
3) Option Wärmepumpe (max. 50 °C VLT) - nötige Einsparung Gebäudehülle: - mögliche W-Quellen (Voraussetzung): - vorhandene Wasserspeicher verwendbar	
4) Option Holzfeuerung (für Zentralheizung) - Spalten oder Schnitzel - Bedienungsaufwand (Spalten) - Wasserspeicher verwendbar	Beschaffungsmöglichkeit, Zufahrt
5) Optionen Fernwärme, Erdgas	Leitung vorhanden/Entfernung Nahwärmeverbund mit Nachbarn
6) Sofortmassnahmen, - Wärmedämmung ausführen, nämlich: - Energiebuchhaltung eröffnen + führen - Benutzerverhalten: Richtig lüften, ungenutzte Räume reduziert heizen	– Kosten? – Einsparung?
7) Sofortmassnahmen Heizung: - Regelgerät-Wärmeabgabe optimal einstellen - Aufladesteuerung optimal einstellen	Kosten: keine evtl. Servicemonteur
8) Kurzfristige Massnahmen Wärmedämmung, nämlich: Offerten einholen	ca. Kosten: ca. Einsparung: ca. Termin:
9) Falls mittelfristig kein neuer Wärmeerzeuger(3,4,5) installiert wird: kurzfristige Massnahmen: Heizung, Offerten: (sonst ->12)	Isolierungen neue Steuerungen (VLT/Aufladesteuerung) Thermostatventile ca. Kosten/Einsparungen/ Termine
10) nach 9) evt. bei Innenrenovation: Wohnungslüftung mit WRG, evt. kombiniert mit Warmwasser-WP	– Projektierung notwendig – KV

- 11) nach 9) zusätzlich möglich:
- WP-Boiler, evtl. als Zusatzgerät zu vorh. Boiler
 - Zusatzheizung z.B. Holzofen
 - Sonnenkollektoren (mit vorh. Boiler)
- 12) Mittelfristig im Zuge des Gebäudeunterhalts: Wärmedämmungen bei Aussenhülle, Fenster, Schräg-/Flachdach, Rolladenkasten ...
- Kosten
 - Einsparungen
 - Termine
- > Resultierende Einsparung 6, 8, 12
-> Resultierende Vorlauftemperatur
falls kein neuer Wärmeerzeuger ->14
- 13) Neuer Wärmeerzeuger, nach Ergebnis von 2,3,4,5,12 und Vorabklärung Wirtschaftlichkeit usw. (Kapitel 6): Gleichzeitig ergänzende Massnahmen gemäss 9,10,11 ausführen!
- Typ
 - Leistung
- 14) Längerfristige im Zuge des Gebäudeunterhalts; noch nicht realisierte Massnahmen gemäss 9,10,11 planen

7.5 Planungs-Leitlinie: Einzelspeicher

Planungsschritt	Bemerkungen, Angaben
1) Gibt es triftige Gründe für den Einbau einer Zentralheizung? (Komfort; Anbau/Umbau, Totalrenovation, keine Widerstandsheizung mehr ...)	ca. Fr. 30'000 bis Fr. 40'000 ohne Wärmeerzeuger
2) Eignet sich das Haus für weitgehende Beheizung durch grossen zentralen Kachelofen nach Rundum-Wärmedämmung? Bereitschaft der Bewohner für Bedienung (1–2 mal pro Tag feuern)? (5–10 Ster Holz/Jahr)	(best. Elektrospeicher können für Reserve/abgelegene Räume belassen, evtl. auf Direkt- heizung geändert werden)
3) Sofortmassnahmen Wärmedämmung ausführen: - Energiebuchhaltung eröffnen und führen - Benutzerverhalten: Richtig lüften, ungenutzte Räume reduziert heizen ...	- Kosten - Einsparung
4) Wenn nicht demnächst 1) oder 2) realisiert wird: Sofortmassnahmen Heizung ausführen: - Raumtemperatur/Entladesteuerung - Aufladesteuerung optimal einstellen	(Thermostate, Schaltuhren) (evtl. Servicemonteur)
5) Kurzfristige Massnahmen Wärmedämmung, nämlich: Offerten einholen	- Kosten - Termin - Reihenfolge, Koordination mit andern Massnahmen
6) Falls gemäss 1) Einbau Zentralheizung (sonst -> 7) - Wärmeleistungsbedarf berechnen - Wärmeerzeuger evaluieren (Randbedingungen, Wirtschaftlichkeit) - Kombination Warmwasser evaluieren o KV machen lassen, evtl. Offerten	- Fernwärme - Wp (Wärmequelle?) - Gas, Öl - Holz Investitions- und Betriebskosten
7) Als Alternative zu 6) in Betracht ziehen: - kurz-/mittelfristig, Rundum-Wärmedämmung: - Fenster - Schräg-Flachdach - Fassade - Rolladenkasten ...	Kosten (Unterhalts-Aspekt!) Einsparung
8) Falls 7) ohne Zentralheizung realisiert wird: - Kachelofen gemäss 2 abklären - ggf. Heizungssteuerungen gem. 4 ausführen - WP-Boiler, evtl. als Zusatzgerät zu vorh. Boiler	

- 9) Im Zusammenhang mit Innenrenovation: Wohnungsbelüftung mit WRG, evtl. kombiniert mit Warmwasser WP prüfen
 - Projektierung notwendig
 - KV

- 10) Längerfristig, im Zuge des Gebäudeunterhalts, noch nicht realisierte Massnahmen gemäss 7,8,9 prüfen/realisieren.

8 Anhang

8.1	Literaturverzeichnis	78
8.2	Anhänge A2 bis A7	80
	Anhang A3	81
	Anhang A5	87
	Anhang A6	93
	Anhang A7	99
8.3	Tabellen/Checklisten	102
8.4	Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL	115

8.1 Literaturverzeichnis

- [1] VSE-Statistik über Elektro-Haushaltgeräte
1.1.90
- [2] Schweizerische Gesamtenergiestatistik
- [3] Erneuerbare Energien im Bauwesen, 1990
WEA Bern
- [4] Ravel Projekt 23.13: Geräte zur Wassererwärmung
- [5] Ravel zahlt sich aus, praktischer Leitfaden für
Wirtschaftlichkeitsrechnung
- [6] «Planung und Projektierung wärmetechnischer
Gebäudesanierungen» Impulsprogramm für das bauliche
Energiesparen, BfK
5. Auflage April 1983
- [7] Schweizer Energiefachbuch 1991, 8. Jahrgang
- [8] Analysen, Daten und Fakten zum Heizenergieverbrauch
von Dr. Bernd Geiger, Lothar Ronvel und Helmuth
Schäefer TU München, aus Elektrizitätswirtschaft
Jg 86 (1987), Heft 9
- [9] NEFF: Verification experimentale des paramètres
utilisés dans la détermination du bilan énergétique
et de la validité des coefficients caractéristiques
des batiments; Etude d'un modèle mathématique;
A. Périllard, J-P. Ray, C. Stähli; Ecole d'ingénieurs
de l'Etat de Vaud, Yverdon les Bains, février 1988
- [10] Die Ersatzkessel-Leistungsbemessung für
Raumheizung mit oder ohne Wassererwärmung
in bestehenden Bauten auf der Basis des langjährigen
Brennstoffverbrauchswerts; Franco Kummer, dipl.
Masch.-Ing. ETH/SIA, Bern; Heizung Klima Nr. 11/1990
- [11] AWP, Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen,
Sekretariat Obstgartenstr. 19, Postfach 7190,
8023 Zürich

Anhang

Hinweis:

Die Unterlagen im Anhang sind entsprechend den Kapiteln numeriert. Wenn zu einem Kapitel, z.B. 1, kein Anhang vorhanden ist, fehlt diese Nr. der Anhang beginnt mit A2.

8.2 Anhänge A2 bis A7

Anhang A2

Wärmetechnische Gebäudesanierung in Stichworten

Idee

- * gesamtheitliche Betrachtung Baukörper und Haustechnik
- * richtige Sanierungsreihenfolge

Ziel

- * Konzept als Entscheidungsgrundlage für die Projektierung und Ausführung erarbeiten
- * Energie sparen
- * erneuerbare Energien einsetzen
- * Behaglichkeit erhöhen
- * Betriebskosten senken
- * Versorgungssicherheit erhöhen

Elemente

- * Groberhebung/Energiebuchhaltung
- * Grobanalyse
- * Feinanalyse/Massnahmenplanung
- * Realisierung
- * Erfolgskontrolle

Ablauf (gemäss Schema WTG)

Inhalt Grobanalyse

- * Ist-Zustandsaufnahme mit Grobbeurteilung von
 - Bauhülle
 - Haustechnik
 - Benützerverhalten/Betrieb/Komfort
- * Beurteilung Energieverbrauch und Sparpotential anhand der E-Kennzahl
 - Sofortmassnahmen
 - weiteres Vorgehen

Inhalt Feinanalyse/Massnahmenplanung

- * Detaillierte Zustandsaufnahmen von Gebäudehülle und Haustechnik
- * Energieflussdiagramm Ist-Zustand

- * Sanierungsmassnahmen mit Wirtschaftlichkeit (Kosten/Nutzen-Verhältnis)
- * Sanierungspakete mit Wirtschaftlichkeit
- * Energieflussdiagramm Soll-Zustand
- * Hinweise für die Sanierung

Anhang A3

A3.1	Massnahmenkatalog Wärmedämmung	82
A3.2	Einfluss der Luft- und Oberflächen-Temperaturen auf die Behaglichkeit	83
A3.3	Komfort und Regelfähigkeit von Heizgeräten und Heizungsanlagen	84

Anhang A3.1

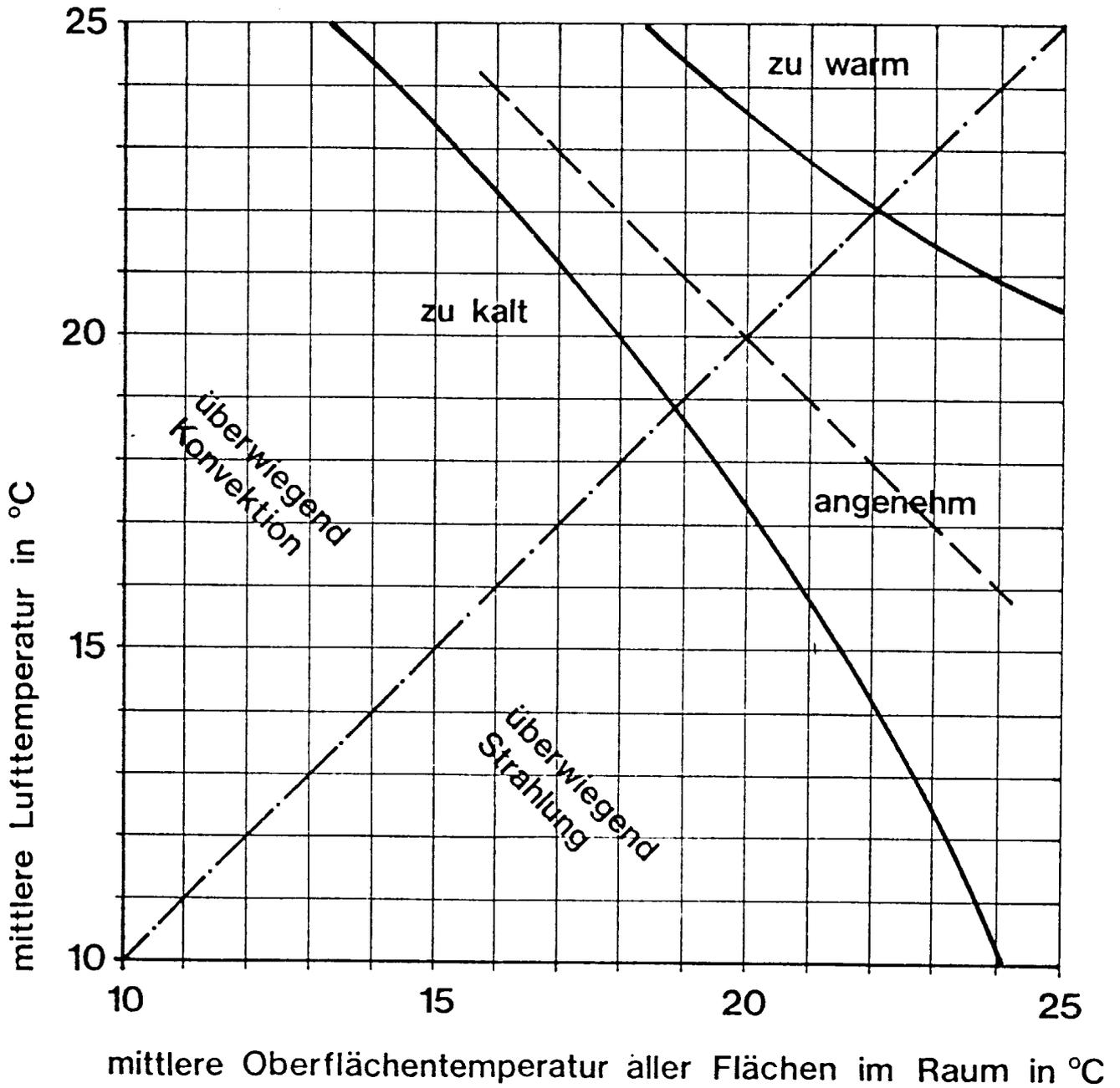
Massnahmenkatalog Wärmedämmung

(Quelle: Erneuerbare Energien im Bauwesen WEA Bern, März 1990)

Bauteil	Wärmedämmung mit	abgedeckt mit	speziell zu beachten
Aussenwand <u>Wärmedämmung innen</u>	Innenisolation nahezu alle erhältlichen Dämmstoffe	Gipsplatten, Täfer usw.	Keine Speichermasse wegen Kondensationsproblemen, Fachmann beiziehen
	Isolierpapeten		nicht empfehlenswert, Wirkung sehr gering
Aussenwand <u>Wärmedämmung aussen</u>	Hinterlüftete Fassade verschiedene Dämmplatten	Eternit, Metall, Holzschalung, Platten mit Verputz	Anschlussdetails
	Aussenisolation verschiedene Dämmplatten	Verputz armiert	Schutz vor mechanischer Beschädigung, komplette Systeme mit Garantie einsetzen
Aussenwand <u>Wärmedämmung im Kern</u>	Kerndämmung eingeblassene Mineralwolle und Papierschnitzel, Ortschaum		Bei Ortschaum: Formaldehydabspaltung und Schwinden des Materials, Kontrolle schwer möglich
Fenster, Türen	Prüfung der Sanierungsmöglichkeiten durch einen Fachmann		
Kellerdecke	Kellerdeckenplatten oder Dämmstoffe für Holzkonstruktion		Luftdichtigkeit bei Balkendecken, feuerpolizeiliche Vorschriften bei Garagen
Kellerwand <u>Wärmedämmung aussen</u>	extrudiertes Polystyrol oder Schaumglas	Sickerpackung	Wärmebrücke bei Wechsel der Wärmedämmung nach innen in Höhe Erdgeschoss
Kellerwand <u>Wärmedämmung innen</u>	nahezu alle erhältlichen Dämmstoffe	Vormauerung, Täfer, Gipsplatten usw.	Wegen Kondensationsproblemen Fachmann beiziehen
Kellerboden	verschiedene Dämmstoffe	Dampfsperre und Zementüberzug oder Bretterschalung	Wasserisolation unter Wärmedämmung
Heiz- und Warmwasserleitungen	Rohrschalen oder Glasfaserzöpfe		Brandkennziffer der Dämmstoffe beachten
Schrägdach <u>Estrichboden</u>	begehbare Wärmedämmplatten oder Wärmedämmung mit Abdeckung	Spanplatten oder Bretterschalung	
Schrägdach <u>Belüftetes Kaldach</u>	Mineral- und Naturfaserdämmstoffe	Gipsplatten, Spanplatten, Täfer usw.	Dampfbremse warmseitig, Winddichtung auch an allen Anschlüssen, Aussenbelüftung
Schrägdach <u>Warmdach und Isolierunterdach</u>	trittfeste Dämmstoffe	je nach System	Winddichtigkeit an Trauf- und Ortsanschluss, Dampfdiffusion
Flachdach <u>Warmdach (Plusdach)</u>	extrudierte Polystyrolplatten, Schaumglas	Rundkies, Humus	Schutz vor Ultraviolett-Strahlung

Anhang A3.2

Einfluss der Luft- und Oberflächen-Temperaturen auf die Behaglichkeit



Anhang A3.3

Komfort und Regelfähigkeit von Heizgeräten und Heizungsanlagen										
Heizungssystem	Heizgeräte	Komfort			Regelfähigkeit					
		sehr gut	gut	mittel	ausserordentlich	sehr gut	gut	mittel	schwach	sehr schwach
elektrische Einzelraumheizung	Luftheizgeräte			●	■	■				
	Konvektoren		●		■	■	■			
	Heizwände und Rohrheizkörper	●					■	■		
	Wandflächen-Direktheizung Deckenflächen-Direktheizung	●					■	■		
	Fussboden-Direktheizung	●					■	■	■	
	dynamische Speicher			●	■	■	■			
	Mischheizspeicher $P_E = 1/2 P_S$		●				■	■		
	Mischheizspeicher Kombispeicher $P_E = 1/3 P_S$	●					■	■	■	
	statische Speicher	●							■	■
	Fussboden-Speicherheizung	●							■	■
	Fussboden-Mischheizung (mit Fussboden-Direktheizung)	●						■	■	
	Fussboden-Mischheizung (mit Direktheizgeräten)	●					■	■		
	Zentralheizung	Luftheizung			●	■	■			
WW - Konvektoren			●		■	■	■			
WW - Radiatoren und Heizwände		●					■	■		
WW - Flächenheizung nicht einbetoniert		●						■	■	
WW - Flächenheizung einbetoniert		●							■	■

Anhang A4

Definition Energiekennzahl

Die Energiekennzahl E ist in der SIA-Norm 180/4 definiert:

Die Energiekennzahl E (ohne Index) ist die gesamte in einem Gebäude während eines Jahres verbrauchte Endenergie in MJ, dividiert durch die Energiebezugsfläche EBF des Gebäudes in m².

Damit ist die Energiekennzahl ein Mass für den spezifischen Endenergieverbrauch eines Gebäudes, wie er sich aus dem Zusammenwirken der Eigenschaften des Baukörpers und der Haustechnikanlage, dem lokalen Klima und der Betriebsweise einschliesslich des Benützerverhaltens ergibt.

Es können auch Teilenergiekennzahlen der Verwendungszwecke definiert werden:

Für die Gebäudeheizung also:

$$E_{\text{Heizung}} = \frac{E_{\text{Heizung}}}{\text{EBF}}$$

$$E_{\text{Heizung}} = \frac{\text{jährlicher Endenergieverbrauch Heizung}}{\text{Energiebezugsfläche in (MJ/m}^2\text{.a)}}$$

Darin bedeuten:

E_{Heizung} : Endenergieverbrauch der Heizung [MJ]

EBF: Energiebezugsfläche [m²] = Geschossfläche, auf welche der Energieverbrauch bezogen wird.

Für elektrisch beheizte Wohnhäuser entspricht E_{Heizung} dem Stromverbrauchsanteil für die Heizung und EBF der Bruttofläche aller beheizten Räume.

Anhang A5

A5.1	Checkliste für Sofortmassnahmen bei Heizungssteuerungen	88
A5.2	Einstellmöglichkeiten bei einer einfachen Aufladesteuerung	89
A5.3	Beispiel einer zentralgesteuerten Einzelraumspeicheranlage	91
A5.4	Malz für verschiedene Wärmequellen für WP-Anlagen	92

Hinweis:

Detaillierte Informaionen zu den Zusatzheizungen sind im Bericht zum Untersuchungsprojekt Ravel 23.59 zu finden.

A5.1 Checkliste für Sofortmassnahmen

Prüfung

Sind alle Sicherungen intakt?

Stimmt Raumtemperatur mit Sollwert überein?

Richtige Uhrstellung?

Ist das Heizprogramm wie gewünscht?

Reagiert die Anlage auf extreme Sollwertverstellung richtig?

Stimmen die Einstellungen am Ladegerät?

Hat das Einzelraumgerät eine gleichmässig warme Oberfläche?

Ist der Zentralspeicher morgens geladen?

Funktioniert die Tagnachladung und die Ergänzungsheizung?

Ist die Wärmeverteilung in Ordnung?

Ist die Wärmeabgabe behindert?

Ist das Benützerverhalten i.O?

Stimmt die Verbrauchskontrolle?

Sind bauliche Änderungen erfolgt?
Hat sich die Nutzung geändert?

Massnahme

Sicherungen prüfen.

Sollwertgeber testen.
Fühlerplatzierung kontrollieren.

Uhr richten. Neu starten.

Programm anpassen. Programm reduzieren.

Elektrische Anschlüsse kontrollieren.
Fühlerleitungen auf Kurzschluss oder Unterbruch prüfen.

Einstellungen auf Plausibilität prüfen.
Freigabezeit kontrollieren.

Defekte Heizkörper austauschen.

Steuerung prüfen.
Heizkörper prüfen.

Steuerung prüfen.
Ergänzungsheizung (Ventilator, Heizkörper) prüfen.

Mischventil und Umwälzpumpe testen.
Rohrisolation prüfen.

Heizkörper abdecken, Möbel umstellen.
Radiatorventile prüfen.

Richtig lüften. Unbenutzte Räume nur temperieren. Nicht überheizen.
Falsche Vorstellungen korrigieren.

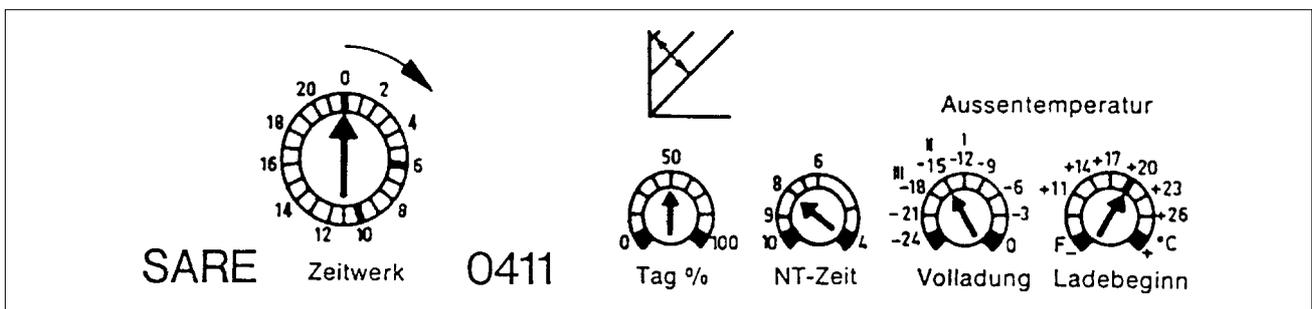
Messungen und Ablesungen prüfen.
Verbrauchskontrolle überhaupt einführen.

Heizleistung, Programm und Heizsystem auf Richtigkeit in der neuen Situation prüfen.

A5.2 Einstellmöglichkeiten bei einer einfachen Aufladesteuerung

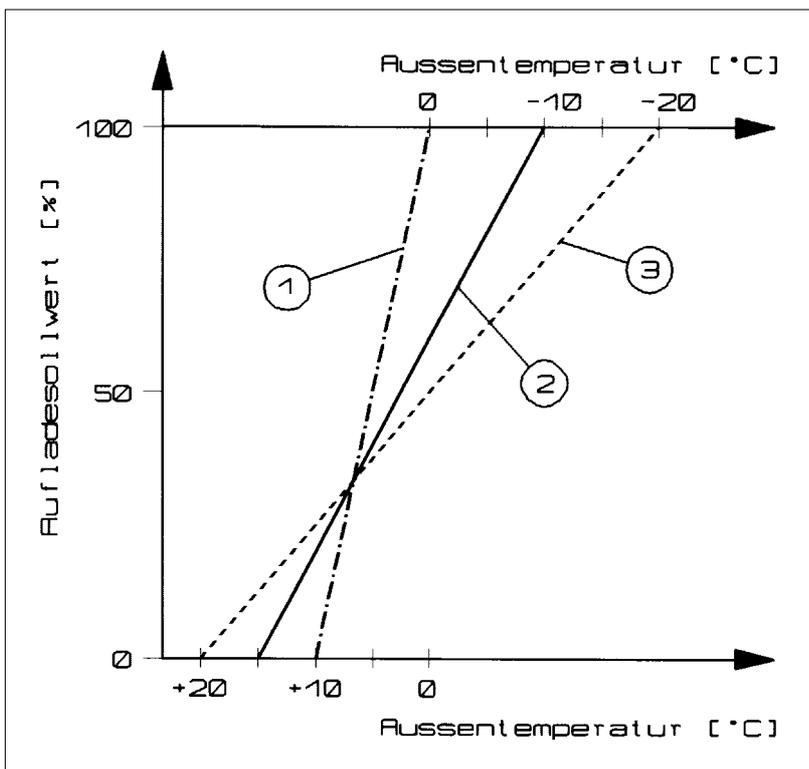
Beispiel Zentralspeicher

Da die Vielfalt der eingesetzten Fabrikate und Systeme gross ist, werden die Einstellmöglichkeiten an einem Beispiel aufgezeigt (Bild 1). Die meisten Steuerungen verwenden ähnliche Parameter.



Ladebeginn

Sollwert, ab welcher Aussentemperatur überhaupt aufgeladen werden soll (Heizgrenze) (Bild 2)



Legende:

Steilheit 1: Bei Aussentemp. $< +10^{\circ}\text{C}$ beginnt die Speicherladung und bei 0°C ist der Speicher 100 % geladen innerhalb der Freigabezeit

Steilheit 2: Bei Aussentemp. $< +15^{\circ}\text{C}$ beginnt die Speicherladung und bei -10°C ist der Speicher 100 % geladen innerhalb der Freigabezeit

Steilheit 3: Bei Aussentemp. $< +20^{\circ}\text{C}$ beginnt die Speicherladung und bei -20°C ist der Speicher 100 % geladen innerhalb der Freigabezeit

Volladung:

Sollwert, bei welcher Aussentemperatur eine Vollladung in der Niedertarifzeit erfolgen soll. Zusammen mit dem Knopf "Ladebeginn" kann so die Steilheit der Aufladekurve für die Niedertarifzeit eingestellt werden (Bild 2).

Bei andern Steuerungen kann die Aussentemperatur und die Steilheit eingestellt werden.

Anmerkung:

Ist die Elektroheizung für ausschliessliche Nachtladung ausgelegt, entspricht der Wert "Volladung" der tiefsten Aussentemperatur (z.B. -8°C), die der Wärmeleistungsbedarfsrechnung zugrunde gelegt wurde.

Ist die Elektroheizung für eine Tagesnachladung an kalten Tagen ausgelegt worden (nach Vorschrift des Elektrizitätswerkes), muss die Vollladung schon bei höheren Aussentemperaturen erfolgen. Im Extremfall (bei 8 Stunden Nacht- und 8 Stunden Tagnachladung), ist eine Vollladung schon bei einer Aussentemperatur um 0°C notwendig, sonst wird die Tagesnachladung im Hochtarif zu früh beansprucht.

NT-Zeit:

Istwert der zur Verfügung stehenden Nacht-Niedertarifzeit. Sie beträgt in der Schweiz 7 - 9, meist 8 Stunden. (Bild 1)

Tag:

Sollwert der Lademenge bei einer allfälligen Tagesnachladung in % der Nachtladung. (Bild 1)

Anmerkung:

Diese Einstellmöglichkeit für die Tagnachladung ergibt über die ganze Hochtarifzeit einen gleichbleibenden Ladewert. Dies ist nur zulässig, wenn die Tagnachladezeit relativ kurz ist, z.B. 3 Stunden. Bei längeren oder mehreren Freigabezeiten über den Tag muss sich der Ladesollwert über den Tagesablauf verändern.

Zeitwerk:

Das Zeitwerk beginnt mit der Signalisation der Niedertarifzeit zu laufen. Es zeigt die Anzahl Stun-

den seit Beginn der Niedertarifzeit an und stimmt deshalb meist nicht mit der Uhrzeit überein. Beginnt z.B. die Niedertarifzeit um 22.00 Uhr, geht das Zeitwerk gegenüber der Uhrzeit um 2 Stunden vor. Nach einer Laufzeit von 22 Stunden steht das Zeitwerk still, bis erneut die Niedertarifzeit signalisiert wird. (Bild 1)

A5.3 Beispiel einer zentralgesteuerten Einzelraum-speicherung

In Einfamilienhäusern oder in Wohnungen trifft man die typischen Heizungsanlagen, welche mehrere Einzelraum-speichergeräte umfassen. Eine Zentrauf-ladesteuerung übernimmt hier die Funktionen der Ladungsfreigabe (angesteuert vom Netzkommando) und der Witterungsanpas-sung (Aussentemperaturfühler). (Bild 3)

In jedem Speichergerät sitzt ein Thermo-schalter, der durch getaktete Impulse aus der Zentralsteue-rung vorgespannt wird: Je höher die Aussentem-peratur, umso kürzer werden die Impulszyklen. Dadurch wird der Thermo-schalter mehr erwärmt, was zu früherem Abschalten der Ladung führt. Parallel dazu wird auch die Speicherrestwärme abgefragt und zur Beendigung des Ladevorganges beigezogen.

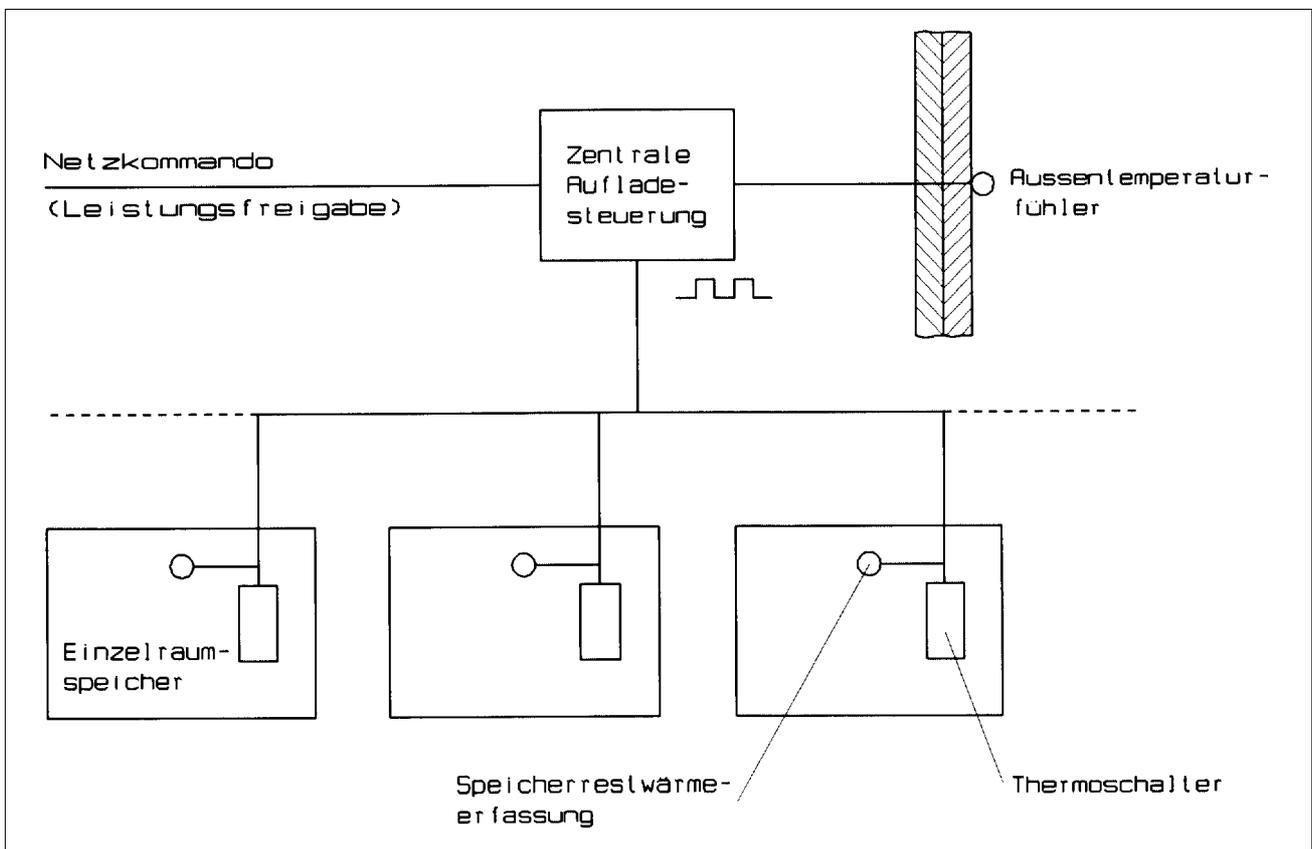


Bild 3 Zentralgesteuerte Einzelraum-speicheranlage

A5.4 Malz für verschiedene Wärmequellen für WP-Anlagen

Wärmequelle	Fassungsanlage	Allgemeines	MALZ
Aussenluft	Luft ist überall verfügbar und entsprechend einfach zu erschliessen. Schallschutz für auftretende Luftgeräusche vorsehen.	Einfach nutzbar, aber schlechterer Wirkungsgrad in kältester Jahreszeit, oft nur als bivalente Anlage sinnvoll.	1.9-2.3
Fluss-, Seewasser	Schmutzfreier und wartungsarmer Betrieb mit Fassungsstandort, Rechenanlage, Absetzbecken, Rückspülfilter usw. ist möglich.	In grösseren Anlagen gut geeignet, da Aufwand für Fassungsanlage vertretbar. örtliches Vorkommen und Temperaturgang beachten. Konzession erforderlich.	2.4-3.0
Grundwasser	Im Interesse des Gewässerschutzes sind beim Fassen und Versickern des Grundwassers grosse Gemeinschaftsanlagen vielen kleinen Anlagen vorzuziehen.	Bei genügender Ergiebigkeit gut geeignet, mit hydrologischen Abklärungen Ergiebigkeit und Fliessrichtung bestimmen lassen. Konzession erforderlich.	2.9-3.6
Tiefengrundwasser (Thermalwasser, Geothermie)	In Tiefenbohrungen wird warmes Wasser gefasst, abgekühlt und in tiefe Schichten versickert.	Für Quartiere geeignet bei Vorkommen von Tiefengrundwasser. Die Investitionskosten sind hoch, die Ergiebigkeitsprognose ist unsicher (Bohrisiko). Eventuell Probleme bei erhöhter Mineralisation des Tiefengrundwassers.	3.0-4.0
Erdreich	Erdkollektoren benötigen eine zwei- bis dreimal so grosse Bodenfläche wie die zu beheizende Geschossfläche. Erdsonden sind vertikal in den Boden verlegte Rohre (50 bis 120 Meter tief). Möglicher Wärmeentzug 35 bis 60 Watt pro Meter Sonde. Für eine Einfamilienhaus sind etwa zwei Sonden notwendig (je nach Untergrund und Grundwasserverhältnissen grössere Unterschiede möglich).	Für kleinere Gebäude geeignet, falls genügend Fläche vorhanden. Regeneration durch Sonnenwärme empfehlenswert. Für kleinere Gebäude geeignet. Genügend lange Sonden vorsehen, damit Wärmeträgerflüssigkeit nicht unter den Gefrierpunkt abgekühlt wird. Gewässerschutzbewilligung erforderlich.	2.3-2.7
Abwärme	Industrie- und Gewerbeabwärme: Abwärme in Luft und Abwasser, von Fall zu Fall unterschiedlich zurückzugewinnen. Abwasser: Gereinigtes Abwasser nach der Abwasserreinigungsanlage fassen.	Für grössere Gebäude und Quartiere geeignet, wenn Standort der Wärmequelle nicht weit entfernt. Bei grösseren Anlagen sind längere Erschliessungsleitungen vertretbar. Temperaturniveau meist geeignet. Zeitlich ungünstiger Anfall der Abwärme beachten.	2.2-4.0

$$\text{MALZ} = \frac{\text{abgegebene Heizenergie}}{\text{Antriebsenergie Wärmepumpe} + \text{Hilfsaggregate}}$$

Anhang A6

A6.1	Tabelle A: Annuitätsfaktoren	94
A6.2	Tabelle B: Mittelwertfaktoren	95
A6.3	Tabelle C: Nutzungsdauer/Betriebskosten	97

A6.1 Tabelle A: Annuitätsfaktoren

Nutzungsdauer in Jahren	Kalkulationszinssatz											
	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	15.0%	20.0%
1	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.150	1.200
2	0.508	0.515	0.523	0.530	0.538	0.545	0.553	0.561	0.568	0.576	0.615	0.655
3	0.340	0.347	0.354	0.360	0.367	0.374	0.381	0.388	0.395	0.402	0.438	0.475
4	0.256	0.263	0.269	0.275	0.282	0.289	0.295	0.302	0.309	0.315	0.350	0.386
5	0.206	0.212	0.218	0.225	0.231	0.237	0.244	0.250	0.257	0.264	0.298	0.334
6	0.173	0.179	0.185	0.191	0.197	0.203	0.210	0.216	0.223	0.230	0.264	0.301
7	0.149	0.155	0.161	0.167	0.173	0.179	0.186	0.192	0.199	0.205	0.240	0.277
8	0.131	0.137	0.142	0.149	0.155	0.161	0.167	0.174	0.181	0.187	0.223	0.261
9	0.117	0.123	0.128	0.134	0.141	0.147	0.153	0.160	0.167	0.174	0.210	0.248
10	0.106	0.111	0.117	0.123	0.130	0.136	0.142	0.149	0.156	0.163	0.199	0.239
11	0.096	0.102	0.108	0.114	0.120	0.127	0.133	0.140	0.147	0.154	0.191	0.231
12	0.089	0.095	0.100	0.107	0.113	0.119	0.126	0.133	0.140	0.147	0.184	0.225
13	0.082	0.088	0.094	0.100	0.106	0.113	0.120	0.127	0.134	0.141	0.179	0.221
14	0.077	0.083	0.089	0.095	0.101	0.108	0.114	0.121	0.128	0.136	0.175	0.217
15	0.072	0.078	0.084	0.090	0.096	0.103	0.110	0.117	0.124	0.131	0.171	0.214
16	0.068	0.074	0.080	0.086	0.092	0.099	0.106	0.113	0.120	0.128	0.168	0.211
17	0.064	0.070	0.076	0.082	0.089	0.095	0.102	0.110	0.117	0.125	0.165	0.209
18	0.061	0.067	0.073	0.079	0.086	0.092	0.099	0.107	0.114	0.122	0.163	0.208
19	0.058	0.064	0.070	0.076	0.083	0.090	0.097	0.104	0.112	0.120	0.161	0.206
20	0.055	0.061	0.067	0.074	0.080	0.087	0.094	0.102	0.110	0.117	0.160	0.205
25	0.045	0.051	0.057	0.064	0.071	0.078	0.086	0.094	0.102	0.110	0.155	0.202
30	0.039	0.045	0.051	0.058	0.065	0.073	0.081	0.089	0.097	0.106	0.152	0.201
35	0.034	0.040	0.047	0.054	0.061	0.069	0.077	0.086	0.095	0.104	0.151	0.200
40	0.030	0.037	0.043	0.051	0.058	0.066	0.075	0.084	0.093	0.102	0.151	0.200
50	0.026	0.032	0.039	0.047	0.055	0.063	0.072	0.082	0.091	0.101	0.150	0.200

A6.2 Tabelle B: Mittelwertfaktoren
Kalkulationszinssatz: 1%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	-2.0%	-1.0%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%
5	0.942	0.971	1.000	1.030	1.061	1.093	1.126	1.159	1.194
10	0.898	0.947	1.000	1.056	1.115	1.178	1.245	1.315	1.391
15	0.857	0.925	1.000	1.082	1.172	1.270	1.378	1.497	1.627
20	0.820	0.904	1.000	1.108	1.231	1.370	1.529	1.708	1.913
25	0.785	0.884	1.000	1.135	1.294	1.479	1.698	1.955	2.259
30	0.754	0.865	1.000	1.162	1.359	1.598	1.889	2.244	2.679

Kalkulationszinssatz: 2%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	-1.0%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%
5	0.971	1.000	1.030	1.061	1.092	1.125	1.158	1.192	1.227
10	0.948	1.000	1.055	1.113	1.175	1.241	1.310	1.384	1.462
15	0.927	1.000	1.080	1.167	1.263	1.368	1.484	1.610	1.749
20	0.907	1.000	1.105	1.223	1.357	1.509	1.682	1.877	2.099
25	0.889	1.000	1.129	1.281	1.457	1.664	1.908	2.194	2.530
30	0.872	1.000	1.154	1.339	1.564	1.836	2.166	2.569	3.060

Kalkulationszinssatz: 3%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%
5	1.000	1.030	1.060	1.092	1.124	1.157	1.191	1.226	1.261
10	1.000	1.054	1.111	1.172	1.237	1.305	1.378	1.454	1.536
15	1.000	1.078	1.163	1.256	1.359	1.471	1.593	1.727	1.875
20	1.000	1.101	1.215	1.344	1.490	1.655	1.842	2.054	2.295
25	1.000	1.124	1.268	1.436	1.632	1.861	2.130	2.446	2.817
30	1.000	1.146	1.320	1.531	1.784	2.091	2.463	2.915	3.467

Kalkulationszinssatz: 4%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%
5	1.030	1.060	1.091	1.123	1.156	1.190	1.224	1.260	1.296
10	1.053	1.110	1.170	1.233	1.300	1.371	1.446	1.526	1.611
15	1.076	1.159	1.250	1.349	1.458	1.577	1.707	1.849	2.005
20	1.098	1.208	1.332	1.472	1.630	1.808	2.010	2.239	2.499
25	1.118	1.256	1.415	1.600	1.817	2.069	2.365	2.712	3.118
30	1.138	1.302	1.499	1.735	2.019	2.363	2.778	3.283	3.896

Kalkulationszinssatz: 5%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung								
	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%
5	1.060	1.091	1.122	1.155	1.188	1.223	1.258	1.294	1.331
10	1.108	1.167	1.229	1.295	1.365	1.439	1.517	1.600	1.688
15	1.155	1.243	1.340	1.445	1.560	1.686	1.824	1.974	2.139
20	1.200	1.319	1.454	1.605	1.775	1.968	2.186	2.432	2.711
25	1.244	1.395	1.570	1.774	2.011	2.288	2.611	2.990	3.433
30	1.285	1.469	1.688	1.952	2.268	2.650	3.111	3.669	4.347

Kalkulationszinssatz: 6%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung:									
	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	
5	1.090	1.121	1.154	1.187	1.221	1.256	1.292	1.328	1.366	
10	1.164	1.225	1.290	1.359	1.431	1.508	1.589	1.675	1.766	
15	1.237	1.331	1.433	1.544	1.666	1.799	1.945	2.104	2.278	
20	1.308	1.436	1.581	1.744	1.927	2.134	2.368	2.632	2.930	
25	1.376	1.541	1.733	1.956	2.215	2.516	2.868	3.279	3.760	
30	1.440	1.644	1.888	2.179	2.529	2.950	3.458	4.072	4.815	

Kalkulationszinssatz: 7%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung:									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	
5	1.121	1.153	1.186	1.219	1.254	1.290	1.326	1.363	1.401	
10	1.222	1.285	1.353	1.424	1.499	1.579	1.663	1.752	1.846	
15	1.322	1.421	1.529	1.647	1.776	1.916	2.069	2.237	2.420	
20	1.419	1.558	1.713	1.888	2.085	2.306	2.556	2.838	3.156	
25	1.514	1.694	1.903	2.145	2.426	2.754	3.135	3.579	4.099	
30	1.603	1.829	2.097	2.418	2.802	3.263	3.818	4.489	5.299	

Kalkulationszinssatz: 8%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung:									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	
5	1.120	1.152	1.184	1.218	1.252	1.288	1.324	1.361	1.398	
10	1.218	1.281	1.347	1.416	1.490	1.568	1.651	1.738	1.830	
15	1.313	1.409	1.514	1.628	1.752	1.888	2.036	2.197	2.373	
20	1.403	1.536	1.684	1.850	2.037	2.247	2.484	2.750	3.050	
25	1.488	1.658	1.853	2.080	2.342	2.646	2.999	3.410	3.888	
30	1.565	1.774	2.021	2.314	2.665	3.084	3.586	4.190	4.918	

Kalkulationszinssatz: 10%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung:									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	
5	1.118	1.150	1.182	1.215	1.249	1.283	1.319	1.355	1.393	
10	1.211	1.271	1.335	1.402	1.473	1.548	1.627	1.711	1.799	
15	1.296	1.387	1.485	1.592	1.708	1.835	1.972	2.122	2.285	
20	1.373	1.494	1.629	1.780	1.948	2.137	2.349	2.587	2.854	
25	1.440	1.590	1.763	1.961	2.189	2.451	2.754	3.105	3.511	
30	1.497	1.676	1.886	2.133	2.425	2.771	3.182	3.673	4.259	

Kalkulationszinssatz: 15%

Nutzungsdauer in Jahren	Preissteigerung:									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	
5	1.114	1.145	1.176	1.208	1.240	1.274	1.308	1.343	1.379	
10	1.195	1.250	1.308	1.369	1.434	1.502	1.573	1.648	1.728	
15	1.259	1.337	1.421	1.512	1.610	1.716	1.831	1.955	2.090	
20	1.308	1.406	1.513	1.632	1.763	1.908	2.070	2.249	2.449	
25	1.344	1.457	1.584	1.728	1.890	2.074	2.283	2.521	2.793	
30	1.369	1.495	1.638	1.803	1.993	2.212	2.468	2.765	3.113	

A6.3 Tabelle C: Nutzungsdauer/Betriebskosten (Wartung- und Unterhalt)

Die Angaben beziehen sich auf die Nutzungsdauer, während der ein Energiesystem bzw. eine Sparmassnahme amortisiert werden sollte. Unter günstigen Bedingungen und bei zweckmässigem Unterhalt kann die tatsächliche Lebensdauer höher sein als die vorgeschlagene Nutzungsdauer. Die Nutzungsdauer kann aber auch durch gewisse Fehler oder Mängel beim Material, bei der Vorfertigung, bei der Montage wesentlich geringer ausfallen als in der Tabelle angegeben.

Im folgenden werden nur die am häufigsten gebrauchten Anlagen und Sparmassnahmen mit ihren Nutzungsdauern und Betriebskosten (Kosten für Wartung und Unterhalt) aufgelistet. Weitere, detailliertere Informationen sind in den Publikationen «Abschreibungszeiten» vom Amt für Bundesbauten, «Haustechnik in der Integralen Planung» vom Bundesamt für Konjunkturfragen und der SIA-Norm 380/1 zusammengestellt worden.

	Nutzungsdauer in Jahren	Betriebskosten (Wartung und Unterhalt)	
		in % des Anlagewertes ¹⁾	andere Vergleichsgrösse
Wärmeerzeugung Elektrisch Speicherheizgeräte, Direktheizgeräte	15	2	
Öl / Gas Kessel, Brenner	15	3	
Wärmepumpen mit Elektromotor-Antrieb	15	3	
Wärmepumpen mit Gas- oder Dieselmotorantrieb	15	5	
Klein-Blockheizkraftwerk (Erdgas) mit 7 - 15 kW _e	15	7 ^{2) 3)}	6.0 Rp/kWh _e ^{2) 3)}
Blockheizkraftwerk mit Industrie-Gasmotor	15	3,5 ³⁾	2.5 Rp/kWh _e ³⁾
Gasturbinen-Blockheizkraftwerk > 1 MW _e	15	5 ³⁾	2.0 Rp/kWh _e ³⁾
Sonnenenergie Gesamtanlagen	20	2	
Erdkollektoren, Erdsonden	15	2	
Hausübergabestation bei Fernwärme	15	2	
Holzfeuerung	15	muss individuell bestimmt werden	
Rohrleitungen Heizung	40	1	
Sanitär Kaltwasser	40	1	
Sanitär Warmwasser	25	2	
Fernwärmeverteilungen	30	2	
Heizflächen Heizkörper	30	1	
Fussbodenheizung	25	1,5	
Regelungen	15	3	
Thermostatische Ventile	15	3	

- 1 Der Anlagewert entspricht in der Regel den gesamten Aufwendungen für die fertig eingebaute Anlage (z. Bsp. Aggregat inkl. Leitungen und Anschlüsse).
- 2 Die relativ hohen Wartungs- und Unterhaltskosten beinhalten auch Austauschmotoren, was einer periodischen "Teilerneuerung" entspricht, somit kann auch bei kleinen BHKWs mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren gerechnet werden.
- 3 Ohne Wartungskosten für den Katalysator. Für die Wartung des Katalysators ist zusätzlich mit 1.0 Rp./kWh_e bzw. mit 1% bis 2% des Anlagewertes zu rechnen.

Anhang A7

A7.1	Planungs-Leitlinie: Zentralheizsystem vorhanden (Tabelle zu Kapitel 7.4)	100
A7.2	Planungs-Leitlinie: Einzelspeicher (Tabelle zu Kapitel 7.5)	101

A7.1 Planungs-Leitlinie: Zentralheizsystem vorhanden (Kapitel 7.4)

Planungsschritt	Bemerkungen	Beschrieb, Details	Kosten

Datum: _____

Visum: _____

A7.2 Planungs-Leitlinie: Einzelspeicher (Kapitel 7.5)

Planungsschritt	Bemerkungen	Beschrieb, Details	Kosten

Datum: _____

Visum: _____

8.3 Tabellen/Checklisten

Nachfolgend sind alle Tabellen als Kopiervorlagen zusammengestellt. Die Reihenfolge entspricht der Dokumentation

Gebäude-Ist-Zustandsaufnahme

Bauteil	Beschrieb	Beurteilung Mängel	Mögliche Verbesserungen	Nr.

Datum: _____

Visum: _____

Heizanlage-Ist-Zustandsaufnahme

Geräte	Typ	Hersteller	System	Leistung	Baujahr
<p>Wärmeerzeuger</p> <p>Zustand</p> <p>Einstellungen</p> <p>Bemerkungen</p>					
<p>Aufladesteuerung</p> <p>Zustand</p> <p>Einstellungen</p> <p>Bemerkungen</p>					
<p>Entladeregulung</p> <p>Zustand</p> <p>Einstellungen</p> <p>Bemerkungen</p>					
<p>Andere Anlageteile</p> <p>Zustand</p> <p>Bemerkungen</p>					

Datum: _____

Visum: _____

Energielieferbedingungen-Istzustandsaufnahme

Anschlussbedingung	von	bis	Bemerkung
Hochtarif			
Niedertarif			
Sperrzeiten			
Freigabezeiten			
Bewilligte Aufladung Anschlussleistung kW
Nachladung		 kW

Datum: _____

Visum: _____

Benutzeranforderungen

Kriterien erfüllt	ja	nein	Bemerkungen
Raumtemperatur (Heizleistung) ausreichend			
Anpassung an wechselnden Wärmebedarf befriedigend			
Zeitliche und örtliche Temperaturanpassung			
Betriebssicherheit			
Behaglichkeit			
Regelung/Steuerung automatisch			
Platzbedarf für Heizgeräte			
Verbesserungswünsche			

Datum: _____

Visum: _____

Energieverbrauch Heizung IST, Methode 1

Beschrieb	Wert/Angabe	Einheit	Bemerkung
Stromverbrauch pro Jahr EJ		kWh/a	
Verbrauch einer (Sommer)- Periode ohne Heizung	E_{SP}	kWh/SP	
Periodendauer	P_e	Tage	
Umrechnung auf 1 Jahr	E_U	kWh/a	$E_U = E_S \cdot P \cdot 365 / P_e$
Zuschlag 5% für höheren Winterallgemeinverbrauch	E_{Allg}	kWh/a	$E_{Allg} = E_U \cdot 1,05$
Energieverbrauch Heizung	E_a «IST»	kWh/a	$E_a \text{ IST} = E_U - E_{Allg}$

—> Wenn periodische Zählerablesungen fehlen, ist damit sofort zu beginnen. Für erste Schätzungen kann dann mit den Daten der Elektrizitätsrechnungen gearbeitet werden: Der dafür nachfolgend angegebene Rechnungsgang kann auch als langjährige Kontrolle dienen.

Energieverbrauch Heizung IST, Methode 2

Verbrauch Winter		kWh
Verbrauch Sommer	–	kWh
Differenz zuzüglich 15%	+	kWh kWh
Energieverbrauch Heizung E_a «IST»		kWh

Datum: _____

Visum: _____

4.2 Schätzung des Energiebedarfs Heizung «soll» mit statistischen Energiekennzahlen

Beschrieb	Wert/ Angabe	Einheit	Bemerkung
1) Haustyp		–	EFH = Ein/Zweifamilienhaus MFH = Mehrfamilienhaus X = Andere
2) Standort/Lage		–	o = in andern Gebäuden X = Wind exponiert
3) Baujahr		–	
4) Zustand		–	Saniert: Jahr
5) Nutzung		–	Anzahl Bewohner
6) Energiebezugsfläche EBF *		m ²	
7) Heizungssystem			ZSP = Zentralspeicher ESP = Einzelspeicher D = Direktheizung X = Andere
Rechnungsgang 11 Energiekennzahl Elektroheizung E-KZ		MJ/m ² ,a	Aus Tabelle 4.3 Energiekennzahlen, Spalte 3 Elektrizität Heizung
12 Korrekturen: – Eckhaus – Zwischenhaus		MJ/m ² , a	Eckhaus: – 50 MJ/m ² , a Zwischenhaus: – 100 MJ/m ² , a
13 Berücksichtigung spez. Zustände		MJ/m ² , a	Baufällig, ungenügend isoliert: + 50 MJ/m ² , a Saniert überdurchschnittlich isoliert – 50 MJ/ m ² , a
14 Total angepasste Energie- kennzahl Heizung E-KZH		MJ/m ² , a	
15 = > Energiebedarf Heizung Ea «SOLL»		kWh/a	Ea SOLL = EBF x E-KZH x 0,278 = x x 0,278

* Definition im Anhang

Tabelle 4.2

Vergleich: Energiebedarf Heizung «SOLL» – Energieverbrauch Heizung «IST»

Bezeichnung	Wert	Einheit	Bemerkung
1) Energiebedarf Heizung Ea SOLL	kWh/a	= 100% (aus 4.2, Pos. 15)
2) Energieverbrauch Heizung Ea IST	kWh/a	(aus 3.5)
3) «SI» (Ea IST in % Ea SOLL)	%	«SI» = Ea IST/Ea SOLL · 100 = / · 100

Berechnung des Wärmeleistungsbedarfs aus bisherigem Heizenergieverbrauch

Beschrieb	Wert/ Angabe	Einheit	Bemerkung
1) Energieverbrauch Heizung, EA «IST»		kWh	aus Kapitel 3.5
2) Vollbetriebsstunden VB		h/a	Aus unten stehender Tabelle
3) Wärmeleistungsbedarf bestehendes Gebäude Palt		kW	Palt = Ea «IST»/VB Palt = /
4) Mehr- oder Minderleitungsbedarf dP		kW	= + bei Anbauten; Vergrößerungen – bei Zusatzheizungen
5) Wärmeleistungsbedarf des sanierten Gebäudes Pneu		kW	Pneu = Palt ! od. -dP Pneu = + od.-.....

Wirtschaftlichkeit ohne Steuern/Umweltkosten

Wirtschaftliche Grundlagendaten

Kalkulationszinssatz:	Inflationsrate =	Realzins =	Nominal=
Betriebskostensteigerung:		Real =	Nominal=
Energiepreissteigerung: Elektrizität Hochtarif		Real =	Nominal=
Elektrizität Niedertarif		Real =	Nominal=
Heizöl		Real =	Nominal=
Erdgas		Real =	Nominal=
		Real =	Nominal=
		Real =	Nominal=

Jährliche Kapitalkosten

Anlageteil	Investitionsausgaben	Nutzungsdauer	Annuitätsfaktor	Jährliche Kapitalkosten
		Jahre		
		Jahre		
		Jahre		
Total				

Jährliche Betriebskosten

Anlageteil	Anlagewert	Jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten in % des Anlagewertes	Jährliche Betriebskosten
Total			

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Jahres-Grundgebühr (Grund-, Leistungspreis)	Verbrauch	spezifische Kosten	Jährliche Energiekosten
Elektrizität Hochtarif		kWh/Jahr	Rp/kWh	
Elektrizität Niedertarif		kWh/Jahr	Rp/kWh	
Heizöl		kg	Fr./100kg	
Erdgas		kWh	Rp/kWh	
Total				

Total der mittleren jährlichen Kosten

	Mittelwertfaktoren durchschn. Nutzungsdauer	Jährliche Kosten	mittlere jährliche Kosten über die Nutzungsdauer
Kapitalkosten	xx		
Betriebskosten			
Elektrizität Hochtarif			
Elektrizität Niedertarif			
Heizöl			
Erdgas			
Total			

Tabelle 6.3

Daten zur Wirtschaftlichkeitsrechnung Wärmepumpe

Bezeichnung	Wert Angabe	Einheit	Bemerkung
INVESTITIONSKOSTEN			
1) Wärmepumpe		Fr.	
2) Anschluss, Montage		Fr.	
3) Nebenarbeiten		Fr.	
4) Demontage, Entsorgung		Fr.	
5) Verschiedenes		Fr.	10 % von 1 ... 4
6)			
TOTAL	I	Fr.	I = Summe (1 ... 6) -> Uebertrag Tab. 6.3
BETRIEB/ UNTERHALT			
1) Serviceabonnement		Fr./a	
2)			
TOTAL	BK	Fr.	BK = Summe (1+2) -> Uebertrag Tab. 6.3
<u>ENERGIEBEDARF</u> HEIZUNG	Ea SOLL	kWh/a	Ea SOLL aus Kapitel 4.2 ggf. unter Berücksichtigung des Zustandes nach Umbau/Sanierung
ENERGIE- EINKAUF			
Jahresarbeitszahl	JAZ	1	Luft-Wasser-WP: JAZ = 2,4 Sole-Wasser-WP: JAZ = 3,0 Luft-Wasser-bivalent: JAZ = 3,0 Wasser-Grundwasser: JAZ = 3,5
Energieverbrauch elektr.	E,el	kWh/a	$E,el = Ea\ SOLL / JAZ = \dots\dots\dots / \dots\dots\dots$
Verbrauchskosten	VE	Fr./a	$E,el \cdot \text{durchschn. Stromtarif (50 \% HT; 50 \% NT)}$
Pauschalkosten	PE	Fr./a	"Zählermiete, Grundbetrag, Jahresgebühr etc. $EE = VE + PE = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$
TOTAL ENERGIEKOSTEN	EE	Fr./a	Uebertrag -> Tab. 6.3

Tabelle 6.4

Daten zur Wirtschaftlichkeitsrechnung Ölkessel

Bezeichnung	Wert Angabe	Einheit	Bemerkung
INVESTITIONSKOSTEN			
1) Kessel, Brenner, Steuerung (Kompaktanlage) 14- 20 kW		Fr.	
2) Zubehör (Pumpen, Ventile)		Fr.	
3) Anschluss, Montage		Fr.	
4) Tank		Fr.	
5) Kamin		Fr.	
6) Nebenarbeiten		Fr.	
7) Demontage, Entsorgung		Fr.	
8) Verschiedenes		Fr.	10 % von 1 ... 7
9)			
TOTAL	I	Fr.	I = Summe (19) -> Uebertrag Tab. 6.3
BETRIEB/ UNTERHALT			
1) Serviceabonnement		Fr./a	
2) Kaminfeger		Fr./a	
3) Tankreinigung		Fr./a	
4)		Fr./a	
TOTAL	BK	Fr.	BK = Summe (1...4) -> Uebertrag Tab. 6.3
<u>ENERGIEBEDARF</u> HEIZUNG	Ea SOLL	kWh/a	Ea SOLL aus Kapitel 4.2 ggf. unter Berücksichtigung des Zustandes nach Umbau/Sanierung
ENERGIE- EINKAUF			
Heizwert Heizöl el.	Hu	10 kWh/l	
Kesselwirkungsgrad	Eta K	1	Annahme: Eta K = 0.85
Heizölverbrauch	E öl	l/a	E,öl = Ea SOLL/(Eta K * Hu) = / (0.85*10)
			EE = E öl / 100 * Oelpreis (in Fr. % l)
TOTAL ENERGIEKOSTEN	EE	Fr./a	Uebertrag -> Tab. 6.3

Tabelle 6.5

A7.1 Planungs-Leitlinie: Zentralheizsystem vorhanden (Kapitel 7.4)

Planungsschritt	Bemerkungen	Beschrieb, Details	Kosten

Datum: _____

Visum: _____

A7.2 Planungs-Leitlinie: Einzelspeicher (Kapitel 7.5)

Planungsschritt	Bemerkungen	Beschrieb, Details	Kosten

Datum: _____

Visum: _____