

Dietmar Stephan

Energetische Untersuchung heizungstechnischer Versorgungskonzepte von Gebäuden

Entwicklung eines Leitfadens

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2007 Diplom.de
ISBN: 9783836606875

Dietmar Stephan

Energetische Untersuchung heizungstechnischer Versorgungskonzepte von Gebäuden

Entwicklung eines Leitfadens

Diplomarbeit

ISBN: 978-3-8366-0687-5

Dietmar Stephan

Energetische Untersuchung
heizungstechnischer
Versorgungskonzepte von Gebäuden
Entwicklung eines Leitfadens



Dietmar Stephan

Energetische Untersuchung heizungstechnischer Versorgungskonzepte von Gebäuden
Entwicklung eines Leitfadens

ISBN: 978-3-8366-0687-5

Druck Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2008

Zugl. Hochschule Mittweida (FH), Mittweida, Deutschland, Diplomarbeit, 2007

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

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

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

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2008

Printed in Germany

Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es einen Leitfaden zu erstellen, der es ermöglicht Potential zur Verbesserung der Effizienz von Anlagen zur Beheizung von Gebäuden zu erkennen.

Dazu werden zunächst am Beispiel einer mit Nichtwohngebäuden bebauten Liegenschaft Möglichkeiten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit einzelner Teilabläufe innerhalb des Nahwärmeversorgungsnetzes aufgezeigt und diskutiert.

Letztendlich sind aus den Lösungsansätzen der einzelnen Problemfelder Leitlinien erarbeitet worden, mit deren Hilfe Konzepte zur Erhöhung der Effektivität der heizungstechnischen Versorgung, unabhängig vom Gebäudetyp, entwickelt werden können.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Abbildungsverzeichnis | 5 |
| | Tabellenverzeichnis | 6 |
| | Formelzeichen, Indizes | 8 |
| 0 | Aufgabenstellung | 11 |
| 1 | Grundlagen einer Energetischen Untersuchung | 12 |
| 1.1 | Allgemeines | 12 |
| 1.2 | Teilbereiche einer Heizungsanlage | 15 |
| 1.2.1 | Erzeugung | 15 |
| 1.2.1.1 | Wärmebedarfsermittlung | 15 |
| 1.2.1.2 | Klassische Wärmeerzeugung | 19 |
| 1.2.1.3 | Alternative Wärmeerzeugung | 22 |
| 1.2.2 | Transport und Verteilung | 30 |
| 1.2.3 | Regelung | 34 |
| 1.2.4 | Tangierende Bereiche | 36 |
| 2 | Energetische Untersuchung - Sachsenforst Graupa | 37 |
| 2.1 | Leistungsbeschreibung | 37 |
| 2.2 | Abschnitte der Energetischen Untersuchung | 39 |
| 2.2.1 | Heizzentrale | 39 |
| 2.2.1.1 | Wärmebedarf des Gebäudekomplexes | 39 |
| 2.2.1.2 | Analyse der Kesselanlage | 44 |
| 2.2.1.3 | Konzept - Brennwerttechnik | 45 |
| 2.2.1.4 | Konzept - Kraft- Wärme- Kopplung | 50 |
| 2.2.2 | Umwälzpumpen | 56 |
| 2.2.2.1 | Analyse der Stromverbrauchskosten | 56 |
| 2.2.2.2 | Amortisationsverfahren | 59 |
| 2.2.2.3 | Annuitätsmethode und Restwert | 60 |
| 2.2.2.4 | Konzept - Austausch | 68 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2.3 | Regelung | 71 |
| 2.2.3.1 | Analyse des Betriebsverhaltens | 71 |
| 2.2.3.2 | Konzept - Anlagentechnik | 74 |
| 2.2.3.3 | Konzepte - Nutzerverhalten | 76 |
| 2.2.4 | Betriebsdatenerfassung und -verarbeitung | 79 |
| 3 | Leitfaden zur Energetischen Untersuchung | 81 |
| 3.1 | Grundlagen | 81 |
| 3.2 | Analyse einer Heizungsanlage | 82 |
| 3.3.1 | Erzeugung | 83 |
| 3.3.1.1 | Wärmebedarf | 83 |
| 3.3.1.2 | Gerätetechnische Umsetzung | 86 |
| 3.3.2 | Transport- und Verteilung | 87 |
| 3.3.3 | Regelung | 88 |
| 3.4 | Darstellung der Konzepte | 90 |
| 3.5 | Arbeitsblätter | 91 |
| 3.5.1 | Anschlussleistung und Lufttemperatur | 91 |
| 3.5.2 | Austausch Heizungskessel | 92 |
| 3.5.3 | Systemvergleich - Brennwertkessel - BHKW | 97 |
| 3.5.4 | Austausch - Heizungsumwälzpumpen | 102 |
| | Literaturverzeichnis | 105 |
| | Anlagen | |

Abbildungsverzeichnis

| Abb. | Benennung | |
|-------------|---|----|
| 1.1 | Bedarfslinie _ Konstruktion (Norm- Außentemperatur Riesa : -16 °C) | 18 |
| 1.2. | Belastungsprofil _ Heizungsumwälzpumpe (Stadt Pirna) | 30 |
| 1.3 | Vergleich _ Pumpengattungen | 33 |
| 2.1 | Nahwärmenetz _ schematische Darstellung | 38 |
| 3.1 | Bedarfslinie _ schematische Konstruktion | 86 |

Tabellenverzeichnis

| Tab. | Benennung | |
|------|---|----|
| 1.1 | Heizkessel _ Kennwerte | 20 |
| 1.2 | Lastzustände _ prozentuale Verteilung | 30 |
| 2.1 | Gasverbrauch _ 01.2004 - 10.2006 | 39 |
| 2.2 | Gasverbrauch _ flächenbezogene Wärmemengen | 40 |
| 2.3 | Heizenergieverbrauchskennwerte _ Benchmark | 40 |
| 2.4 | Bedarfslinie _ Wertepaare | 41 |
| 2.5 | Einsatz von Brennwerttechnik _ fiktive Ersparnis 2004 | 45 |
| 2.6 | Einsatz von Brennwerttechnik _ fiktive Ersparnis 2005 | 46 |
| 2.7 | Kesselaustausch _ Investitionskosten und Rechnerische Nutzungsdauer | 48 |
| 2.8 | Kesselaustausch _ Kosten des Betriebens | 48 |
| 2.9 | Kesselaustausch _ Annuitäten der Jahresgesamtzahlungen | 49 |
| 2.10 | Systemvergleich _ Brennwert- Kessel - BHKW _ Investitionskosten und Rechnerische Nutzungsdauer | 53 |
| 2.11 | Systemvergleich _ Brennwert- Kessel - BHKW _ Kosten des Betriebens | 53 |
| 2.12 | Systemvergleich _ Brennwert- Kessel - BHKW _ Annuitäten der Jahresgesamtzahlungen | 55 |
| 2.13 | Pumpenaustausch _ Stromkosten | 57 |
| 2.14 | Pumpenaustausch _ Varianten | 58 |
| 2.15 | Pumpenaustausch _ Amortisationszeiten | 59 |
| 2.16 | Pumpenaustausch _ Annuitäten der Investitionen | 61 |
| 2.17 | Pumpenaustausch _ Annuitäten für das Betreiben | 63 |
| 2.18 | Pumpenaustausch _ Annuitäten der Stromkosten | 64 |
| 2.19 | Pumpenaustausch _ Annuitäten der Jahresgesamtzahlungen | 65 |
| 2.20 | Pumpenaustausch _ Restwerte und Ersparnis Stromkosten | 67 |
| 2.21 | Pumpen _ Wärmeverteilungsnetz | 68 |
| 2.22 | Pumpenaustausch _ allgemeine Empfehlungen | 70 |
| 2.23 | Messung Schindelbau _ Auswertung Temperaturverlauf | 74 |

| Tab. | Benennung | |
|-------------|--|----|
| 2.24 | Messungen 133.9 und 133.10 _ Bewertung eingestellter Regelparameter | 75 |
| 3.1 | Heizenergieverbrauchskennwerte _ Benchmark | 84 |

Formelzeichen

| Zeichen | Einheit | Benennung / Erklärung |
|---------------|-------------------|----------------------------------|
| a | | Annuitätsfaktor |
| A_N | €, Cent | Annuität |
| b | | Barwertfaktor |
| ba | | preisdynamischer Annuitätsfaktor |
| c | kJ/ kg * K | spezifische Wärmekapazität |
| f | s ⁻¹ | Netzfrequenz |
| g | m/ s ² | Fallbeschleunigung |
| G_{gP} | €, Cent | Gasgrundpreis |
| G_{aP} | €, Cent | Gasarbeitspreis |
| H | m | Förderhöhe |
| K | €, Cent | Kosten |
| \dot{m} | kg/ h | Massestrom |
| n | min ⁻¹ | Drehzahl |
| $n_{Ers Inv}$ | | Anzahl der Ersatzinvestitionen |
| P | W | Leistung |
| P_p | | Polpaarzahl |
| p | Pa, bar | Druck |
| Q | kWh | Wärmemenge |
| \dot{Q} | kW/ h | Wärmestrom |
| q | | Aufzinsungsfaktor |
| r | | Preisänderungsfaktor |
| R_W | €, Cent | Restwert |
| S_{mP} | €, Cent | Strommischpreis |
| t | s, h | Zeit |
| T | a, d, h | Betrachtungszeitraum |
| T_A | a | Amortisationszeit |

| Zeichen | Einheit | Benennung/ Erklärung |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| T_N | a | Rechnerische Nutzungsdauer |
| V | m ³ | Volumen |
| \dot{V} | m ³ / h | Volumenstrom |
| W_{wirk} | kWh | Wirkarbeit |
| Δ | | Differenz |
| η | | Wirkungsgrad, Nutzungsgrad |
| ϑ | °C | Temperatur |
| ρ | kg/ m ³ | Dichte |

Indizes

| Zeichen | Benennung/ Erklärung |
|----------------|-----------------------------|
| <i>a</i> | Jahr |
| <i>ab</i> | abgegeben |
| <i>B</i> | Betreiben |
| <i>Bedi</i> | Bedienung |
| <i>el</i> | elektrisch |
| <i>Ersp</i> | Ersparnis |
| <i>Erzg</i> | Erzeugung |
| <i>förd</i> | förder(n) |
| <i>G</i> | Gas |
| <i>Geb</i> | Gebäude |
| <i>ges</i> | gesamt |
| <i>I</i> | Investition |
| <i>Ins</i> | Instandsetzung |
| <i>M</i> | Motor |
| <i>m</i> | gemittelt |
| <i>max</i> | maximal |

| Zeichen | Benennung/ Erklärung |
|----------------|-----------------------------|
| <i>min</i> | minimal |
| <i>N</i> | Norm |
| <i>L</i> | Luft |
| <i>Lftg</i> | Lüftung |
| <i>P</i> | Pumpe |
| <i>R</i> | Raum |
| <i>RL</i> | Rücklauf |
| <i>Trsm</i> | Transmission |
| <i>S</i> | Strom |
| <i>syn</i> | synchron |
| <i>th</i> | thermisch |
| <i>Verbr</i> | Verbrauch |
| <i>Verl</i> | Verlust |
| <i>Vert</i> | Verteilung |
| <i>VL</i> | Vorlauf |
| <i>zu</i> | zugeführt |
| <i>W</i> | Wasser |
| <i>Wart</i> | Wartung |
| <i>Whzg</i> | Wiederaufheizung |

0 Aufgabenstellung

Entwicklung eines Leitfadens zur Energetischen Untersuchung heizungstechnischer Versorgungskonzepte von Gebäuden

Die Tatsache der auf hohem Niveau verharrenden Kosten für den Bezug klassischer Energieträger stellt insbesondere die Bewirtschafter großflächiger Gebäudeeinheiten vor neue Herausforderungen. Von ihnen ist wachsender finanzieller Mehraufwand gefordert, um weiterhin die vereinbarten Nutzungsparameter absichern zu können. Diese sich extern generierenden Ausgaben gilt es zu minimieren.

Gelingt es zusätzlich über gebäudeinterne Maßnahmen steigende Kosten zu kompensieren, gewinnen Attraktivität und Rentabilität des Objektes gleichermaßen, was insbesondere für Büro- und Gewerbeimmobilien von Bedeutung ist.

Im Rahmen der Diplomarbeit sollen zunächst am Beispiel einer mit Gebäuden verschiedener Nutzung bebauten Liegenschaft, der Geschäftsstelle des Staatsbetriebes Sachsenforst in Graupa, Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz der Nahwärmeversorgung aufgezeigt und diskutiert werden.

Dazu sind bestehende Konzepte zu analysieren und Vorschläge zur Änderung und/oder Ergänzung der vorhandenen heizungstechnischen Anlage zu erarbeiten.

Die Rentabilität dieser Vorschläge ist fundiert und nachvollziehbar zu belegen.

In Auswertung der sich heraus kristallisierenden Schwerpunkte sind Leitlinien zu erstellen, die es ermöglichen Potential zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit einzelner Teilbereiche innerhalb der heizungstechnischen Versorgung, unabhängig vom Gebäudetyp (Wohn- oder Nichtwohngebäude), zu erkennen.

Um aus dem dabei gewonnenem Datenmaterial Optimierungsvorschläge entwickeln und bei Bedarf dem Auftraggeber transparent darlegen zu können, sind diese Zielstellung unterstützende Formblätter und Rechenvorlagen zu entwerfen.

1 Grundlagen einer Energetischen Untersuchung

1.1 Allgemeines

„ Rund 40 % der gesamten Endenergie, die in Deutschland für alle Anwendungsbe-
reiche zur Verfügung gestellt wird, wird in privaten Haushalten und beim Autofahren
verbraucht.“

Wiederum zwei Drittel von diesem Anteil werden für das Beheizen von Gebäuden
und die Warmwasserversorgung (59 %) sowie den Betrieb der vielfältigen elektri-
schen Verbraucher (8 %) verwendet.¹

Und die Bezugspreise der bereitstehenden Primärenergieträger, Erdöl und -gas, ver-
harren bei den erreichten Maximalwerten. Fernerhin ist auf Grund wachsender Nach-
frage, insbesondere aus den prosperierenden Volkswirtschaften Asiens, zukünftig
keine gegenläufige Entwicklung zu erwarten.

Neben dem Finanziellen rücken immer mehr Aspekte des Klimaschutzes in den Fo-
kus, die ebenfalls auf eine Minimierung von Wandlungs- und Übertragungsverlusten
drängen. Jeder, ob Eigentümer oder Betreiber einer Heizungsanlage, ist somit gefor-
dert diesen Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen.

Die nächstliegende Reaktion, das Begleichen der Preissteigerungsraten durch den
Nutzer, bleibt in ihrem Umfang begrenzt. Soll jedoch das Gesamtkostenniveau län-
gerfristig festgeschrieben oder gar reduziert werden, ist es notwendig das zu bewirt-
schaftende Objekt allumfassend zu betrachten.

Zeitgemäßes Management einer Immobilie achtet darum auf die Wechselwirkungen
zwischen den drei über das Flächenmanagement (FM) miteinander verbundenen
Leistungsbereichen Technisches (T-), Infrastrukturelles (I-) und Kaufmännisches Ge-
bäudemanagement (KGM).

Damit ist es möglich mit dem im Technischen Gebäudemanagement eingebetteten
Energiemanagement, falls es konsequent angewandt wird, die Vermietbarkeit zu
verbessern bzw. finanzielle Mittel des Eigennutzers für andere Verwendungen frei zu
stellen.

¹ <http://www.energiewelten.de/elexikon/lexikon/index3.htm>, Lexikon Energiewelten,

Das Energiemanagement ist nach DIN 32736 (08.2000) in die Leistungsbereiche

Energetische Untersuchung

- a) Gewerke übergreifende Analyse der Energieverbraucher
- b) Ermitteln von Optimierungspotentialen
- c) Planen der Konzepte unter betriebswirtschaftlichen Aspekten
- d) Berechnen der Rentabilität

Praktische Umsetzung

- e) Umsetzen der Einsparungsmaßnahmen
- f) Nachweisen der Einsparungen ²

einteilbar.

So basieren die im ersten Schritt der Energetischen Untersuchung entwickelten **Konzepte** (c, d) auf der **Analyse** (a, b) des Betriebsverhaltens sowie des baulichen Zustandes der Anlage.

Im Analyseteil laufen verschiedene Schritte wie

- Bewertung von Energie- und Medienabrechnungen und der dazugehörigen Versorgungsverträge
- Verbrauchserfassung und -auswertung unter Berücksichtigung des Verhaltens und der Anforderungen der Nutzer
- Anlagen-Ist-Zustandsaufnahme vor Ort
- Beurteilung von Wärmeverteilung und -erzeugung
- Durcharbeiten der technischen Unterlagen

nebeneinander ab.

Im zweiten Teil des Energiemanagements werden die sich amortisierenden Konzepte praktisch umgesetzt (e), wobei die dokumentierten Verbrauchswerte (f) des fortlaufenden Betriebes eine Rückkopplung zu den erbrachten Planungsleistungen sicherstellen.

² DIN 32736.- Gebäudemanagement - Begriffe und Leistungen, Seite 3, Abschnitt 3.1.3