

Optimierung von Gebäudehülle und Anlagentechnik:

Solare Energiekonzepte

Klaus Lambrecht

Sowohl bei Neubauten als auch bei der Gebäudesanierung ist die Minimierung des Energiebedarfs ein wichtiges Ziel. Dazu bedarf es allerdings einer Abstimmung von Gebäude und Anlagentechnik. Gerade hier liegt eine große Chance für die Glas- und Fensterbranche, den Anteil am Gebäudeinvestitionsvolumen zu vergrößern – insbesondere über den Einsatz von Anlagentechnik für erneuerbare Energien. Ein hilfreiches Werkzeug zur Gebäudeoptimierung ist die dynamische Gebäudesimulation.

Gebäude werden vom Architekten entworfen, der sich in der Regel zunächst schwerpunktmäßig um die Gebäudehülle kümmert. Für die Anlagentechnik werden anschließend Fachingenieure und/oder die Handwerker herangezogen. Diese Vorgehensweise findet sich auch im Verordnungswesen wieder: die Wärmeschutzverordnung für die Gebäudehülle und die Heizanlagenverordnung für die Anlagentechnik. Diese Methode nutzt weder die Potentiale der Investitionskostenreduzierung noch die mögliche Verringerung des Energiebedarfs – und somit der Betriebskosten – zufriedenstellend aus. Dies wurde auch vom Gesetzgeber so gesehen, der deshalb die Energieeinspar-

verordnung (EnEV) entwickelt hat. Die EnEV führt die Wärmeschutzverordnung (WSchVO) und die Heizanlagenverordnung (HeizAnlV) zusammen und unterstützt damit einen integralen Planungsprozess. Dadurch wird vor allem die Anlagentechnik an Bedeutung – und somit an Volumen – zunehmen.

Nicht nur Wärmebedarf betrachten

Je weiter der Energiebedarf eines Gebäudes gesenkt werden soll, desto wichtiger ist eine optimale Abstimmung aller Komponenten. Die wesentlichen Teile sind dabei: Gebäudehülle (Außenwände, Fenster und Rahmen, Dach, Boden), Massenverteilung, Wärmegewinnung (Heizkessel, Wärmepumpe, Solaranlage), Wärmeabgabe (Heizkörper, Flächenheizung, Temperaturniveau, Regelstrategie), Lüftung (kontrolliert oder unkontrolliert, Wärmerückgewinnung, Erdwärmetauscher, Nachtlüftung) sowie Nutzerverhalten.

Um Gebäude zu optimieren und der Anlagentechnik einen größeren Stellenwert einzuräumen, ist es erforderlich, sich nicht nur um den Wärmebedarf und dessen Deckung zu kümmern. Denn der Wärmebedarf macht keine Aussagen zu Verlusten bei der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und bei Übergabe der Wärme. Die Abstimmung von Anlagentechnik und Gebäude ist in den Fällen elementar wichtig, in denen der Wärmeerzeuger sehr sensibel auf die Temperaturanforderungen der Wärmeübergabe reagiert: bei Wärmepumpen und der solaren Heizungsunterstützung. Ist z. B. beim Einsatz von monovalenten Wärmepumpen das Gebäude mit Heizkörpern (70/50 °C) ausgestattet, sackt die Leistungsziffer geradezu in den Keller. Ebenso ist bei Konzepten für hohe solare Deckungsraten an der Gebäudeheizung die Wärmeübergabe

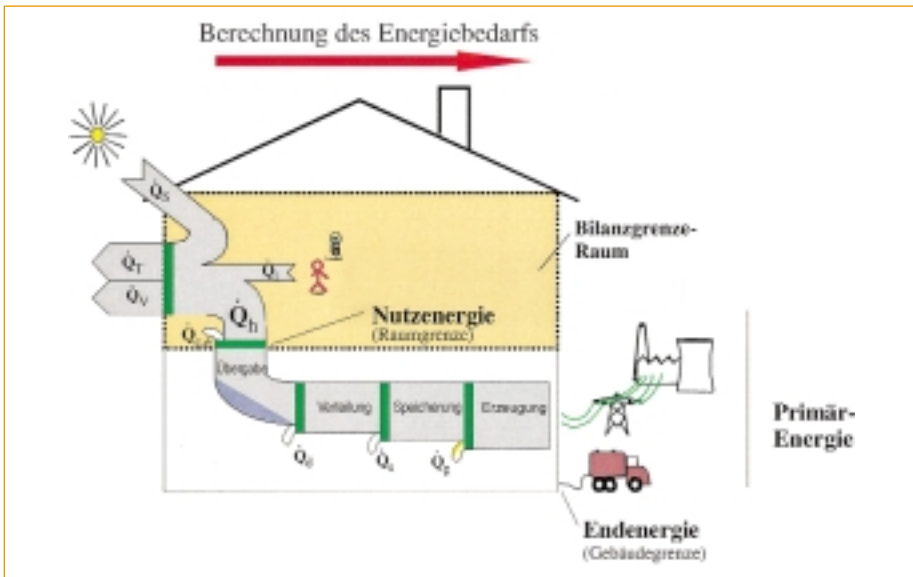


von entscheidender Bedeutung. Dieser Zusammenhang wird im nachfolgenden Beispiel detailliert dargestellt.

Optimierungswerkzeug dynamische Gebäudesimulation

Wie in der Industrie bereits in vielen Bereichen üblich, ist es auch möglich, ein Gebäude einschließlich der Anlagentechnik im Computer aufzunehmen und dann das Verhalten (Temperaturen, Leistung usw.) unter der Zugrundelegung eines realen Nutzerprofils zu simulieren. Dadurch können teure Flops von vornherein vermieden und die Investitionskosten somit optimiert werden. Der Kunde erhält aus der Simulation quantitative Ergebnisse für mehrere Realisierungsvarianten, die als Entscheidungsgrundlage für den Planungs- und Realisierungsprozess dienen. Bei dem in der Simulation verwendeten Verfahren handelt es sich um ein Mehrzonenmodell mit kapazitiven Luftknoten. Zur Berechnung der zu erwartenden Zonen-

Diplom-Physiker Klaus Lambrecht ist Inhaber der Econsult Umwelt Energie Bildung GbR – Training und Unternehmensberatung, 72108 Rottenburg, Telefon (0 74 57) 9 19 33



Bilanzierungsgrenzen nach WSchVO und EnEV (Quelle: DIN V 4701-10)

temperaturen wird in wählbaren Zeitschritten die Wärmeleistungsbilanz erstellt, welche sich wie folgt beschreiben läßt:

$$Q'_{sol} + Q'_{sp} + Q'_{konv} + Q'_{int} + Q'_T + Q'_H + Q'_K + Q'_{SH} = c_L \rho_L V d \vartheta/dt$$

mit:

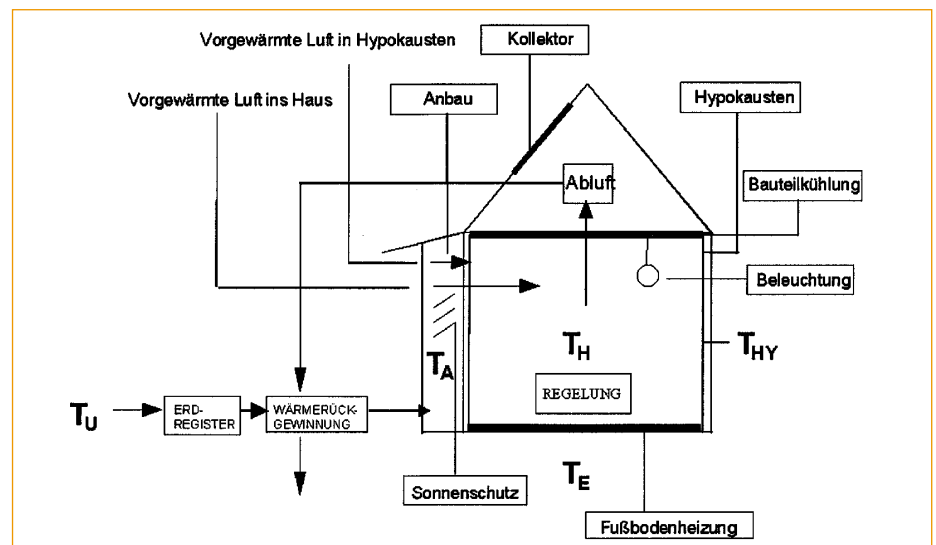
- Q'_{sol} solare Gewinne der Zone durch Einstrahlung
- Q'_{sp} Wärmeströme aus bzw. in Speichermassen
- Q'_{konv} konvektive Wärmeströme
- Q'_{int} interne Wärmelasten
- Q'_H Wärmezufuhr durch Heizung
- Q'_K Wärmeabfuhr durch Kühlung
- Q'_{SH} Wärmezufuhr durch Solaranlage zur Raumheizung
- Q'_T Transmissionswärmeströme
- $c_L \rho_L$ Spezifische Wärmekapazität und Dichte der Raumluft
- V Raumvolumen
- $d \vartheta/dt$ Temperaturanstieg bzw. -abfall pro Zeitschritt

In der Berechnung der solaren Einstrahlung werden die direkten, diffusen und reflektierenden Strahlungsanteile sowie die Richtungsabhängigkeit des g-Wertes der Fenster berücksichtigt.

Was ist besser: Solaranlage oder Wärmedämmung?

Am Beispiel eines geplanten Objekts soll die Frage geklärt werden, mit welchen Maßnahmen der Energiebe-

zug des Gebäudes minimiert werden kann, ohne eine bestimmte Kostenschwelle zu überschreiten. Des weiteren soll über eine Temperaturstatistik die Behaglichkeit überprüft werden. Denn oft führen großflächige Verglasungen zwar zu guten Energiekennwerten, jedoch auch zu hohen Temperaturspitzen im Sommer und somit zu einer Verminderung der Wohnqualität. Weiter stand zur Debatte, ob die unbeheizte Bühne (Dachboden) innerhalb oder außerhalb der wärmegeprägten Hüllfläche liegen soll. Das untersuchte Dreifamilienhaus ist ein gutes Niedrigenergiehaus mit einer optimalen Ausrichtung der Südfassade, die 75° steil steht.



Dynamische Gebäudesimulation als Werkzeug zur Gebäudeoptimierung (Quelle: Delzer)

Kenndaten

- Außenwände: Kalksandstein (17,5) mit 20 cm Dämmung (Dämmgruppe 040), $k = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Boden: Beton (20) mit 10 cm Außendämmung (Dämmgruppe 040), $k = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dach: Gründach mit 25 cm Dämmung (Dämmgruppe 040), $k = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Innendecken: EG: Beton (20) OG: Holzbalkendecke
- Innenwände: Kalksandstein (11,5), Trennwand Kalksandstein (24)
- Fenster: $k_F = 1,1 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $k_R = 1,5 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, $g = 0,58$, $t = 0,68$; stationäre Verschattung Südfenster $>55^\circ$
- Luftwechsel: 550 [m³/h] (0,6 [1/h]) tagsüber, nachts halbiert
- Beheizte Fläche: 480 m² (Energiebezugsfläche inkl. Bühne)
- Beheiztes Volumen: 1500 m³
- A/V-Verhältnis: 0,68 [1/m]
- Zulässig nach WSchVO: 80,2 kWh/m²a

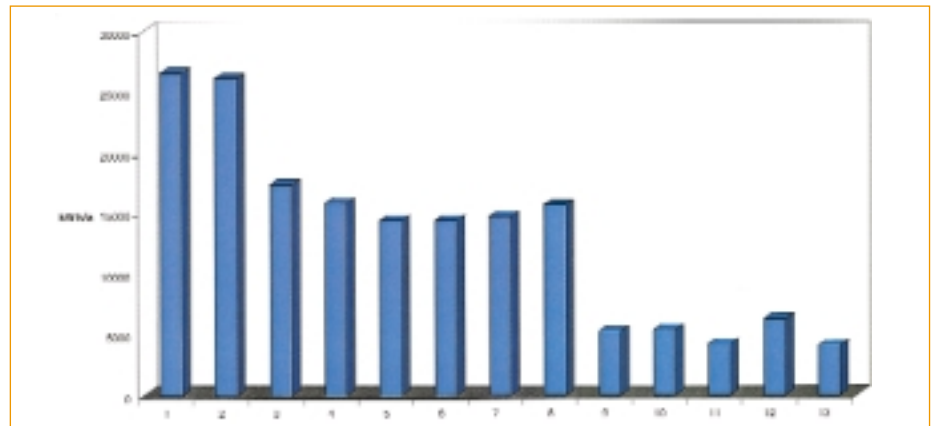
Varianten

- Variante 1: Ausgangsvariante
- Variante 2: wie 1, Gründach 5 cm gedämmt, Bühnenboden 20 cm gedämmt
- Variante 3: wie 1, mit kontrollierter Lüftung (275 m³/h) über Erdkanal (100 m² Wärmetauscherfläche zum Erdreich, 16 % Leckluft)
- Variante 4: wie 3, Außenwände 30 cm gedämmt, Gründach 35 cm gedämmt

- Variante 5: wie 4, Fenster $k_F = 0,8$ [W/m²K], $k_R = 1,2$ [W/m²K], $g = 0,55$; $t = 0,65$
- Variante 6: wie 5, mit Sonnenschutz (Abminderung 90 %) für die Westfenster
- Variante 7: wie 6, mit Nachtlüftung (Luftwechsel 900 m³/h) im Sommer
- Variante 8: wie 7, ohne Erdkanal
- Variante 9: wie 8, Solaranlage an der Südfassade, 75° geneigt, 88 m² aktive Kollektorfläche, 17 m³ Speicher, 10 cm gedämmt, 500 Liter/Tag Warmwasserverbrauch (50 °C), Flächenheizung 250 m²
- Variante 10: wie 9, Speicher Trinkwarmwasserteil (1000 Liter), 60 cm gedämmt, Pufferteil (16 000 Liter), 40 cm gedämmt
- Variante 11: wie 10, Flächenheizung 500 m²
- Variante 12: wie 11, Außenwände 20 cm gedämmt, Gründach 25 cm gedämmt, Fenster $k_F = 1,1$ [W/m²K], $k_R = 1,5$ [W/m²K], $g = 0,58$, $t = 0,68$; mit Erdkanal
- Variante 13: wie 12, mit Nachtabsenkung auf 19 °C (anstatt 15 °C), Aufheizgeschwindigkeit 0,5 °C/h (anstatt 2 °C/h)

Auswertung und Ergebnisse

- Das Gründach gut dämmen, um Bühne behaglich zu halten. Energieverbrauch nur geringfügig höher. Dämmebene im Bühnenboden führt zu Minimaltemperaturen von -4 °C im Winter in der Bühne.
- Kontrollierter Luftwechsel mit Erdwärmetauscher halbiert fast den Heizenergiebedarf.
- 10 cm mehr Dämmung für Außenwände und Dach spart ca. 1500 kWh/a.
- Bessere Fenster sparen weitere 1500 kWh/a.
- Die Westfenster sollten auf jeden Fall im Sommer abgeschattet werden können, um lokale Überhitzung im Sommer zu vermeiden.
- Das Erdregister spart ca. 1000 kWh/a.
- Die Nachtlüftung erhöht die Behaglichkeit im Sommer deutlich.
- Speicher gut dämmen, um die Behaglichkeit im Sommer nicht zu verschlechtern und um die Heizungsunterstützung zu verbessern.
- Heizflächen möglichst groß ausführen, um die Heizungsunterstützung durch die Solaranlage zu erhöhen.
- Ein Absenken der Aufheizgeschwindigkeit (von 2 K/h auf 0,5 K/h) für

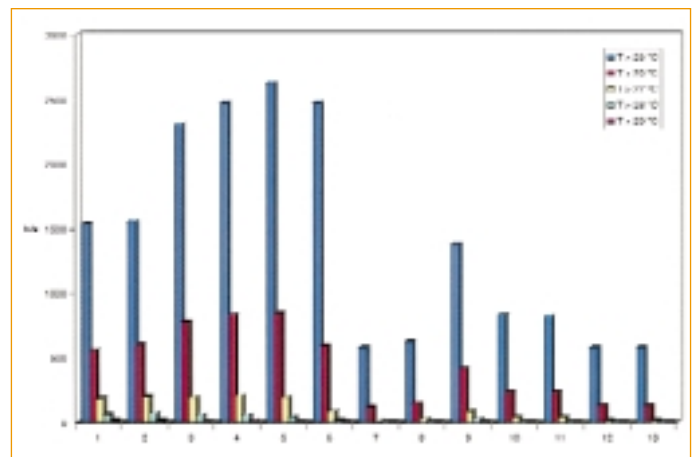


Restwärmebedarf bei den Varianten 1 bis 13 für Heizung und Warmwasserbereitung nach der Sonnenenergie

das Gebäude erhöht den Deckungsgrad der solaren Heizungsunterstützung enorm, da die benötigte Heizleistung halbiert wird und dadurch die Vorlauftemperaturen wesentlich gesenkt werden können. Den projektierten Heizflächen von 500 m² stehen rund 880 m² auf den Innenwänden und weitere rund 410 m² Fußboden gegenüber.

- Überschusswärme im Sommer kann mindestens 500 Liter/Tag Warmwasser zusätzlich erwärmen.
- Die Kosten für die Solaranlage (Fassade) inklusive Speicher liegen auf gleichem Niveau wie die Mehrkosten für die dickere Wärmedämmung und die 3fach verglasten Fenster mit hochwärmedämmenden Rahmen. Der Energiebezug liegt jedoch nur bei weniger als der Hälfte. Diese optimalere Lösung führt auch zu einem wesentlich höheren Auftragsvolumen für die Glas- und Fensterbranche.

Behaglichkeitsstatistik für Varianten 1 bis 13: Stunden pro Jahr, während denen definierte Temperaturen im Gebäude erreicht werden



Der Kennwert des Gebäudes nach der (ungenauen) statischen Berechnung nach WSchVO (46,2 kWh/m²a) hat keinerlei Aussagekraft. Hierin gehen weder Erträge aus der Solaranlage noch Regelstrategien und die Art der Wärmeverteilung (Temperaturniveau) in irgendeiner Weise ein. Dies hat die Kreditanstalt für Wiederaufbau bewogen, bei Gebäuden mit hohen solaren Deckungsgraden als Energiekennzahl den Restwärmebedarf nach der Solaranlage zuzulassen, wenn dieser mit einer dynamischen Gebäudesimulation nachgewiesen wird. Liegt diese Energiekennzahl unter 15 kWh/m²a, kann Passivhausförderung beantragt werden.

Die Ergebnisse dieses Objekts lassen sich nicht verallgemeinern. Dennoch zeigen sie deutlich die Möglichkeiten stimmiger solarer Energiekonzepte auf, bei denen sowohl der Bauherr wie auch die Glas- und Fensterbranche die Gewinner sind. □