

Sichere Baukostenplanung energieeffizienter Gebäude nach EnEV

Klaus Lambrecht, ECONSULT Rottenburg-Seebronn

Einleitung

In den Planungsvorgaben von Seiten der Bauherrenschaft spielen die Kosten eine vorrangige Rolle. In den letzten Jahre konnte verstärkt eine Entwicklung dahingehend festgestellt werden, dass nicht nur die Investitionskosten ins Kalkül gezogen werden, sondern auch die Betriebskosten. Die Betriebskosten werden zu wesentlichen Teilen durch die Energiekosten bestimmt – mit steigender Tendenz. Somit lassen sich Investitionsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – sei es durch Verminderung der Verluste oder durch Erhöhung der Gewinne aus erneuerbaren Energien – durch verringerte Betriebskosten in vielen Fällen auch wirtschaftlich begründen.

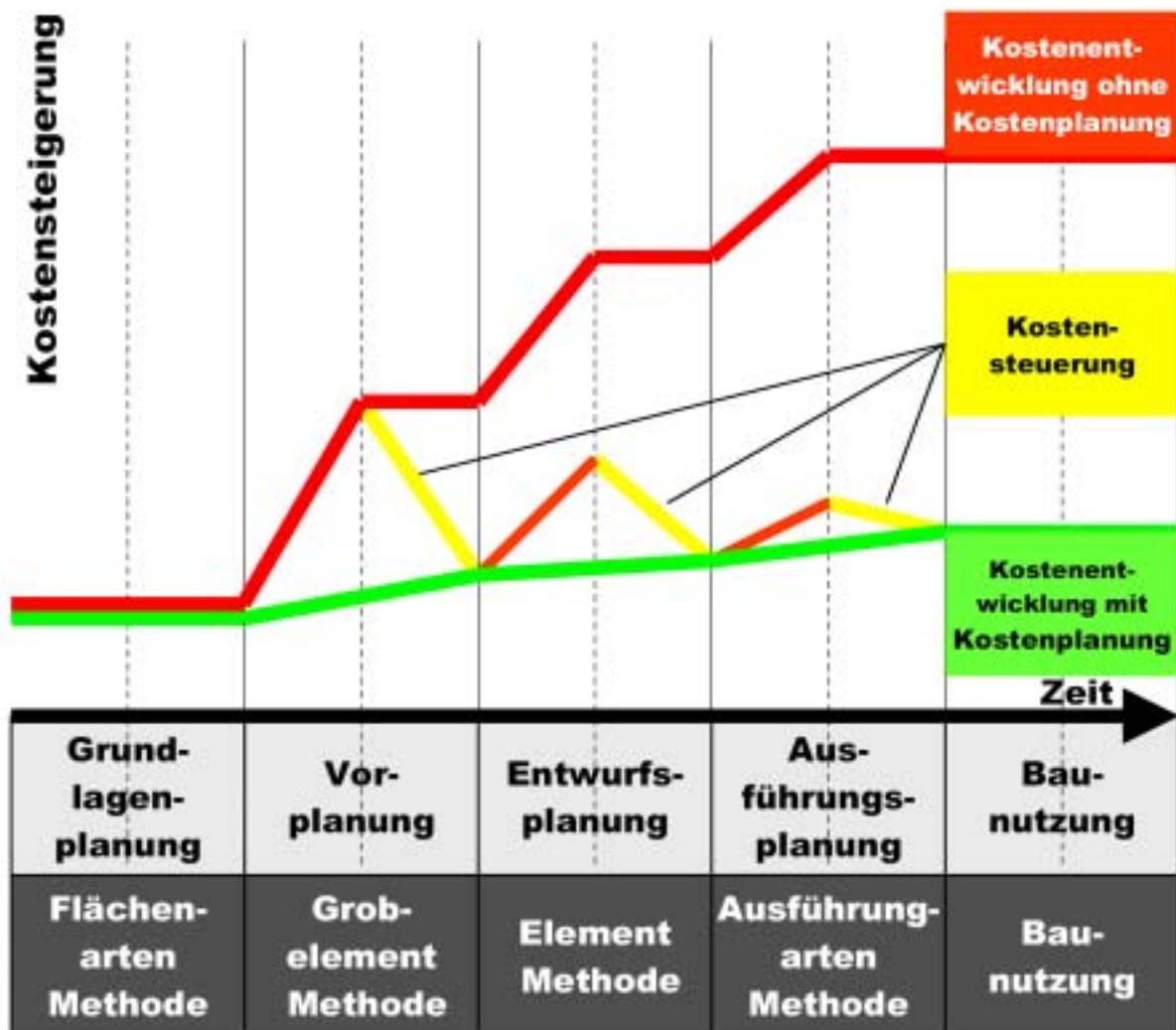
Darüber hinaus kommt immer öfter die Anforderung, bei Gebäuden bestimmte Energiestandards zu erreichen, die über das gesetzlich notwendige hinausgehen. Gründe dafür sind die gestiegene Sensibilität der Investitionsentscheider für den Umweltschutz (und der damit verbundenen PR-Möglichkeiten), meist gekoppelt mit der Erlangung von Fördergeldern (z.B. Förderung, wenn ein Primärenergiebedarf von maximal 40 kWh/m²a erreicht wird wie im KfW-Förderprogramm oder Zuschüsse in Abhängigkeit der CO₂-Einsparung wie im Klimaschutz-Plus-Programm des Umweltministeriums Baden-Württemberg).

Bei Bauvorhaben – das gilt sowohl für den Neubau wie für die Gebäudesanierung – will der Investor mit einem gegebenen Investitionsvolumen seine Ziele optimal erreichen. Ein wichtiges Ziel ist dabei die Minimierung des Energiebedarfs und damit der Betriebskosten des Gebäudes. Dies zu erreichen bedarf einer möglichst genauen Abstimmung von Gebäude und Anlagentechnik unter Berücksichtigung der Gebäudenutzung. Je früher in einem integralen Planungsprozess Gebäudehülle, Haustechnik und Nutzerverhalten einbezogen werden, desto effektiver können die erforderlichen Maßnahmen aufeinander abgestimmt und so die gestellten Ziele möglichst kostengünstig erreicht werden. Auch die seit Februar 2002 geltende neue Energieeinsparverordnung stellt die Weichen in diese Richtung.

Mit der Energieeinsparverordnung EnEV erhöht sich der Spielraum bei der Planung energieeffizienter Gebäude durch die zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten von Gebäudehülle und Anlagentechnik. Die von der EnEV unterstützte integrale Betrachtungsweise von Gebäude und Anlagentechnik eröffnet neue Möglichkeiten, bereits frühzeitig eine effiziente Wärmeversorgung von Gebäuden auch unter dem Gesichtspunkt der Investitions- und Betriebskosten zu optimieren. Die neue Bewertungsgröße "Primärenergiebedarf" lässt dem Planer dabei größtmöglichen Handlungsspielraum, bis hin zur Auswahl der Energiequelle. Ob der maximal zulässige Primärenergiebedarf durch eine gute Gebäudehülle oder moderne Anlagentechnik erreicht wird, spielt keine Rolle, sofern bestimmte Grenzwerte eingehalten werden. Die vielfältigen Belange eines Bauvorhabens sind frühzeitig gegeneinander abzuwägen und zu einem schlüssigen Gesamtkonzept zu vereinen. Die Entwicklung und Überprüfung verschiedener Varianten eines integralen Konzeptes ist Aufgabe des Planers. Doch wie wirken sich die unterschiedlichen Energiesparmaßnahmen auf die Baukosten aus? Gibt es für ein bestimmtes Bauvorhaben Maßnahmen die nicht nur Energie, sondern auch Kosten einsparen und wie kann dies bewertet werden?

Baukostenplanung

Die Ermittlung der Baukosten eines Objektes erfolgt nach DIN 276 in Kostengruppen. Dazu werden die Mengen des Gebäudes nach DIN 277 ermittelt und mit einem entsprechenden Kostenkennwerten multipliziert. Je nach Planungsfortschritt kann dies unterschiedlich detailliert in 3 Ebenen erfolgen. Für eine sichere Kostenplanung ist eine Kostenverfolgung durch alle Leistungsphasen erforderlich. Um ein grobes Abweichen vom vorgegebenen Kostenrahmen zu vermeiden, muss jeder Planungsstand auch hinsichtlich der zu erwartenden Baukosten bewertet werden. Bei einer frühzeitig festgestellten Überschreitung der Kosten kann durch Kostensteuerung mittels geeigneter Maßnahmen die Kostensteigerung in Grenzen gehalten werden. Dabei wird so lange nach kostengünstigeren Alternativen in Entwurf und Ausführung gesucht, bis der



Kostenrahmen eingehalten wird, bzw. ein vom Bauherrn akzeptiertes Kostenniveau erreicht wird. Dazu stehen dem Planer in der Praxis neben eigenen Kostenkennwerten aus früheren Projekten auch eine Reihe unterschiedlicher Datenbanken als Printprodukte oder Software zur Verfügung.

Bei energieeffizienten Gebäuden fallen in der Regel etwas höhere, je nach energetischem Standard bisweilen auch deutlich höhere, Baukosten an, die sich aber im Laufe der Nutzungsdauer eines

Gebäudes meist durch den geringeren Energieverbrauch amortisieren. Zur Abschätzung der wirtschaftlichen Rentabilität einer Maßnahme zur Energieeinsparung ist daher eine dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung erforderlich. Dabei wird den höheren Investitionskosten die zu erwartende Energieeinsparung gegengerechnet.

Kostengruppe	Menge	Einheit	KWV in EURO	Kosten in EURO
Gesamtkosten	543,050	BGF	1.127,34	612.282,95
100 Grundstück	3.738,000	FBO		
200 Herrichten und Erschließen	3.738,000	FBO	6,33	23.624,16
300 Bauwerk - Baukonstruktionen	543,050	BOF	654,91	355.940,48
400 Bauwerk - Technische Anlagen	543,050	BGF	108,79	58.821,47
500 Außenanlagen	3.595,500	ALF	10,90	39.587,27
600 Ausstattung und Kunstwerke	543,050	BOF	14,51	7.878,66
700 Baureisekosten	543,050	BGF	232,10	126.041,91

Objekt	Objektbezeichnung	Menge	Einheit	KWV in EURO	Kosten in EURO
8100-321	Einfamilienhaus, Büro, Passivhaus	377,600	BGF	1.022,52	383.237,37
8100-335	Wohnanlage, TG/Niedrigener (18WE)	2.069,300	BGF	599,38	1.239.227,17
8100-364	EFH, Holzrahmenbau, Niedrigenergie	301,730	BGF	571,51	115.291,42
8100-369	Mehrfamilienhaus, Niedrigener (3WE)	543,050	BGF	659,12	357.936,18
8100-393	Mehrfamilienhaus, Niedrigener (3WE)	4.807,810	BGF	569,70	2.734.203,38
8100-394	Doppelhaushälfte, Niedrigenergie	204,810	BGF	743,29	152.233,98
8100-411	Einfamilienhaus, Passivhaus	280,520	BGF	951,85	247.976,27
8100-412	Einfamilienhaus, Passivhaus	225,690	BGF	826,89	186.124,70
8100-413	Einfamilienhaus, Passivhaus	446,650	BGF	839,47	374.443,45
8100-414	Einfamilienhaus, Passivhaus	447,820	BGF	701,34	314.072,34
8100-417	Zweifamilienhaus, Passivhaus	310,600	BGF	532,15	164.968,01
8100-423	Einfamilienhaus, Carport, Passivhaus	325,660	BGF	771,90	251.031,74
8100-426	Einfamilienhaus, Passivhaus	301,360	BGF	894,28	269.498,53

Energieplanung nach EnEV

Die energetische Bewertung eines Gebäudes erfolgt gemäß Energieeinsparverordnung nach DIN V 4108-6 zur Bewertung der Gebäudehülle und DIN V 4701-10 zur Bewertung der Anlagentechnik. Durch die Bildung von Varianten des Gebäudes und deren Vergleich mit den Stammdaten können Energiesparmaßnahmen einzeln untersucht und hinsichtlich ihrer jährlichen Energieeinsparung bewertet werden. Dies ist sowohl für den Bereich der Gebäudehülle als auch in der Anlagentechnik möglich. Auf diese Weise kann ein Gebäude durch Kombination geeigneter Einzelmaßnahmen energetisch auf einen Zielwert hin optimiert werden. Dazu stehen mittlerweile eine ganze Reihe verschiedener Softwareprodukte zur Verfügung (siehe „Marktübersicht EnEV-Software“ im unter www.solaroffice.de Rubrik „Downloads“). Leider sind aufgrund der unterschiedlichen Mengenermittlung und Messregeln nach DIN 277 für die Kostenplanung und DIN V 4108-6 für die Energieplanung die Mengen Kostenplanung und der Energieplanung nicht kompatibel. Die Mengenermittlung muss also für die Energieplanung und für die Kostenplanung separat erfolgen und das Gebäude jeweils getrennt komplett berechnet und erfasst werden.

Wirtschaftliche Betrachtung von Energiesparmaßnahmen

Zunächst wird für eine bestimmte Maßnahme zur Energieeinsparung in der Energieplanung eine Variante gebildet, diese energetisch bewertet und die jährliche Energieeinsparung gegenüber der Stammvariante berechnet. In der Kostenplanung müssen nun ebenfalls durch Bildung einer Variante für dieselbe Maßnahme die Mehrkosten ermittelt werden. Diese ergeben sich hier aus der Differenz der Baukosten, der betrachteten Variante und der Stammdaten. Die jährliche Energieeinsparung durch die betrachtete Maßnahme und die Mehrkosten der Maßnahme werden nun in einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung der aktuellen Energiepreise, der zu erwartenden Energiepreissteigerung, der Verzinsung des eingesetzten Kapitals, zu erwartender zusätzlicher Kosten für die Wartung und Unterhaltung der veränderten Bauteile und eventueller Zuschüsse und Förderungen der Energiesparmaßnahme über eine bestimmte Laufzeit gegeneinander aufgerechnet. Die durchschnittlichen jährlichen Energiekosten der Stammdaten werden mit den Kosten der Variante verglichen. Diese setzen sich zusammen aus den durchschnittlichen jährlichen Energiekosten und der Annuität der Maßnahme, d.h. den Investitionskosten umgerechnet auf die Laufzeit.

Solare Energiekonzepte mittels dynamischer Simulation

Eine Möglichkeit, den Energiebedarf zu senken, ist der Einsatz von Solarenergie zu Heizzwecken. Die DIN 4701-10 sieht eine 10%-Regelung vor, wenn die Solaranlage 1,8mal so groß ausgelegt wird wie eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung. Die Ermittlung des Deckungsanteils für Solaranlagen zur Heizungsunterstützung mittels Simulationsrechnung kann jedoch zu weitaus höheren Deckungsraten (50% und mehr sind technisch kein Problem) führen.

Durch eine integrale Betrachtung von Gebäudehülle, Haustechnik und Nutzerverhalten können mit Hilfe einer dynamischen Gebäudesimulation bereits in der Entwurfsphase möglichst energieeffiziente und damit ökologisch sinnvolle wie auch betriebskostenoptimierte Lösungen entwickelt werden. Konkrete Einsparpotentiale können benannt und unter wirtschaftlichen und behaglichkeitsstatistischen Gesichtspunkten bewertet werden.



Abbildung 3: Bilanzierungsgrenzen nach WSchVO und EnEV
(Quelle: DIN V 4701-10)

Dabei kann sowohl die passive als auch die aktive Nutzung von Solarenergie bei der Berechnung des Wärmebedarfs eines Gebäudes berücksichtigt werden. Je früher die Nutzung regenerativer Energien in die Planung einbezogen wird, desto effektiver kann sie in das Gesamtkonzept integriert werden und desto höher sind auch die Einsparpotentiale. Die neue EnEV führt die alte Wärmeschutzverordnung (WSchVO) und Heizanlagenverordnung (HeizAnIV) zusammen und unterstützt damit auch diesen integralen Planungsprozess. Dadurch wird vor allem die Anlagentechnik an Bedeutung und damit an Volumen zunehmen.

Um Gebäude zu optimieren und der Anlagentechnik einen größeren Stellenwert einzuräumen, müssen wir uns lösen vom Denken nur nach Wärmebedarf und wie dieser zu decken sei. Denn der Wärmebedarf sagt uns nur, wie viel Wärme dem Raum zur Verfügung gestellt wird, sagt aber überhaupt nichts aus zu Verlusten bei der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe der Wärme.

Die Abstimmung von Anlagentechnik und Gebäude unter Berücksichtigung des Nutzers ist in den Fällen elementar wichtig, in denen der Wärmeerzeuger sehr sensibel auf die Temperaturanforderungen der Wärmeübergabe reagiert: zum Beispiel bei der solaren Heizungsunterstützung. Solche solare Energiekonzepte berücksichtigen in einem integralen Entwurfsprozess bereits früh die besonderen Anforderungen, welche die aktive und passive Solarenergienutzung an Gebäude und Haustechnik stellen. Je weiter der Energiebedarf eines Gebäudes gesenkt werden soll, desto wichtiger ist die optimale Abstimmung aller Komponenten. Die wesentlichen Teile sind dabei: Gebäudehülle (Außenwände, Dach, Böden, Gläser und Rahmen), die Verteilung von Speichermassen im Gebäude, Wärmegewinnung (Heizkessel, Wärmepumpe, Solaranlage), Wärmeverteilung (Heizkörper, Flächenheizung, Temperaturniveaus, Regelstrategien), Lüftung (kontrolliert, unkontrolliert, Wärmerückgewinnung, Erdwärmetauscher, Nachtlüftung), sowie das Nutzerverhalten.

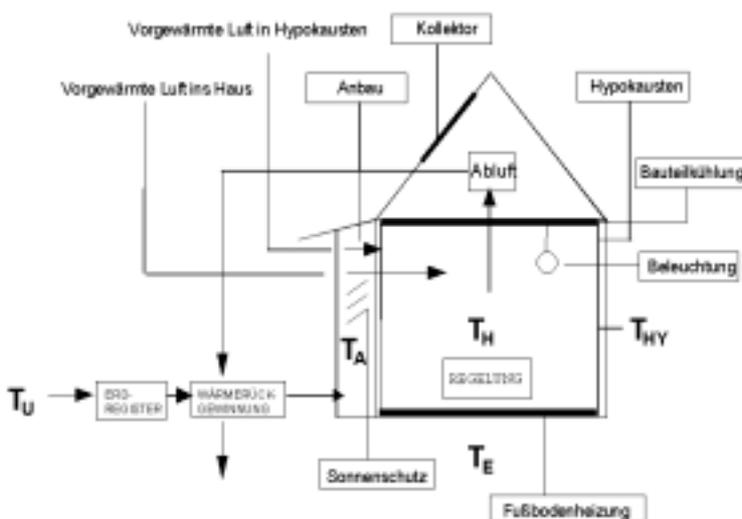
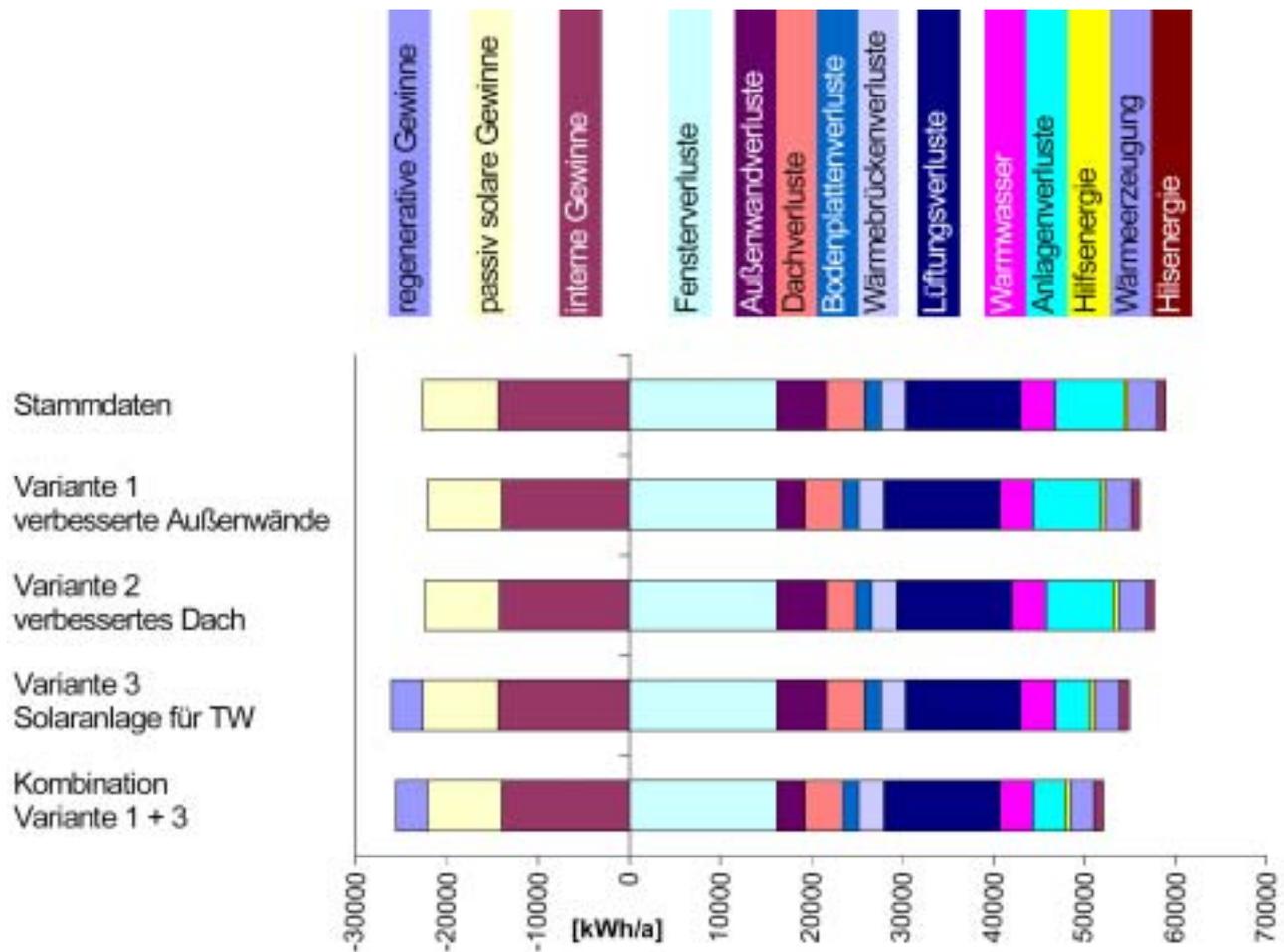


Abbildung 4: Dynamische Einflußfaktoren (Quelle: Delzer)

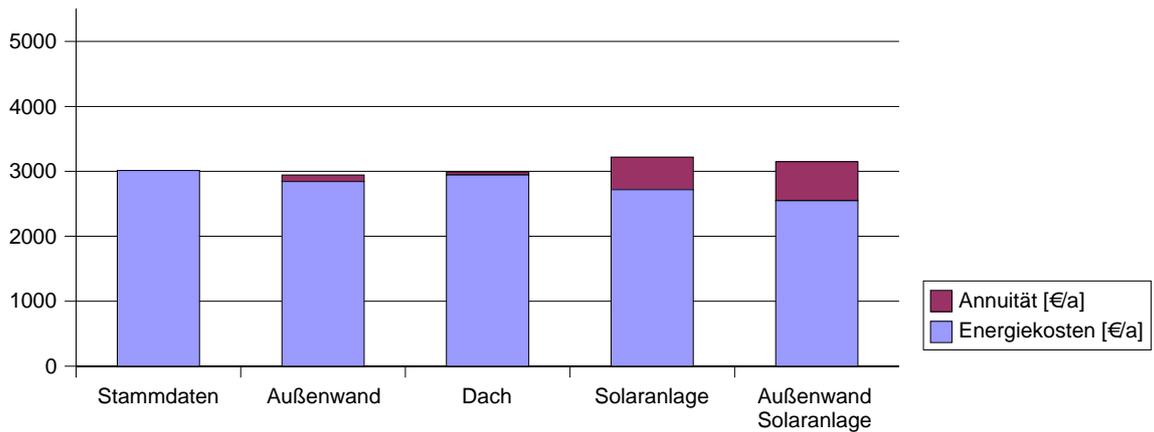
Bei einem solaren Energiekonzept stellt sich die Frage, ob der Schwerpunkt auf die Minimierung der Energieverluste oder die Optimierung der Energiegewinne gelegt werden soll. Diese Frage kann nicht abschließend beantwortet werden. Mit Hilfe einer dynamischen Simulation kann jedoch eine genaue Analyse der Energieflüsse in unterschiedlichen Varianten helfen, die optimalste Variante unter Berücksichtigung der Investitionskosten, der Betriebskosten und der Behaglichkeit zu finden. Dazu wird zunächst die Frage geklärt, mit welchen Maßnahmen der Energiebezug des Gebäudes minimiert werden kann, ohne dass eine Kostenschwelle überschritten wird. Die verschiedenen Varianten werden mit einer dynamischen Simulation durchgerechnet und in übersichtlichen Diagrammen dargestellt. Damit können sehr schnell die optimalen Maßnahmen ermittelt werden. Des weiteren wird über eine Temperaturstatistik aus der dynamischen Simulation die Behaglichkeit überprüft. Denn oft führen z.B. großflächige Verglasungen zwar zu guten Energiekennwerten, jedoch auch zu hohen Temperaturspitzen im Sommer und somit zu einer Verminderung der Wohnqualität. Durch Vergleich der Ergebnisse aus der Simulation der verschiedenen Varianten und unter Berücksichtigung der Temperaturstatistiken wird dann ein stimmiges solares Energiekonzept erstellt.

Beispielgebäude

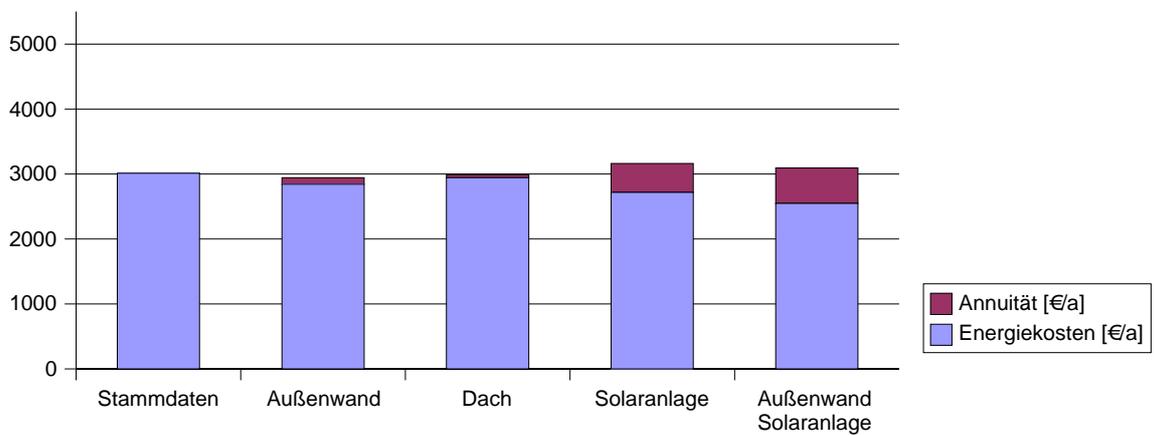
Das Beispielgebäude ist dokumentiert in der BKI Baukostendatenbank sowie im Buch BKI Objekte E1 (Niedrigenergie- und Passivhäuser) als Objekt 6100-396. Für diese Objekt mit einem beheizten Bruttovolumen $V_e = 933 \text{ m}^3$ wurde die Energiekennwerte und die Investitionskosten verschiedener Varianten ermittelt.



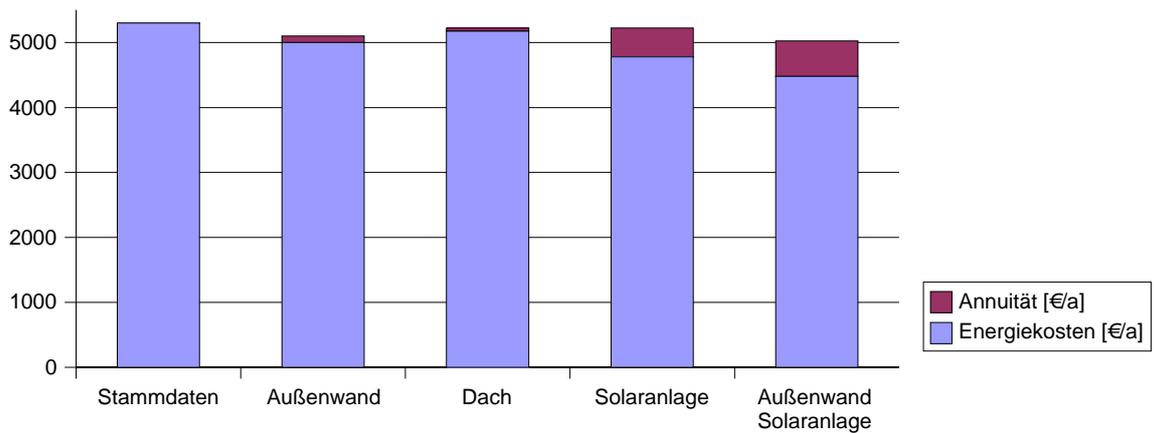
	n	ΔU_{WB}	U_w/g	U_{AW}	U_D	U_G	H_r'	e_p	q_E	q_p
	$[\text{h}^{-1}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[-]$	$[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$	$[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$
Stammdaten	0,6	0,05	1,38 / 0,62	0,39 / 0,33	0,25	0,36	0,56	1,5	107,38	121,01
Variante 1	0,6	0,05	1,38 / 0,62	0,20 / 0,19	0,25	0,36	0,52	1,52	100,48	113,33
Variante 2	0,6	0,05	1,38 / 0,62	0,39 / 0,33	0,18	0,36	0,54	1,51	104,51	117,82
Variante 3	0,6	0,05	1,38 / 0,62	0,39 / 0,33	0,25	0,36	0,56	1,33	94,96	107,67
Kombination Variante 1+3	0,6	0,05	1,38 / 0,62	0,20 / 0,19	0,25	0,36	0,52	1,34	88,06	99,99



Energiekosten bei Energiepreissteigerung 4%, ohne Förderung



Energiekosten bei Energiepreissteigerung 4%, mit Förderung



Energiekosten bei Energiepreissteigerung 7%, mit Förderung

Aus den Ergebnissen lässt sich erkennen, dass die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen stark von der Energiekostenentwicklung abhängt. Da eine Kostenentwicklungsprognose mit hohen Unsicherheiten behaftet ist, empfiehlt es sich, Szenarien der Wirtschaftlichkeitsrechnung mit verschiedenen Preissteigerungsraten zu entwickeln und dem Investor die Ergebnisse TRANSPARENT (!!!) zur vermitteln. Nur so kann eine sinnvolle Abwägung von Investitionskosten auf der einen Seite und Umweltschutz sowie Betriebskosten auf der anderen Seite geschehen.

Literatur

Peter Steiger, Klaus Lambrecht, Andreas Häberle; **Architektur und Solarthermie**; Verlag Das Beispiel, 2001

K. Lambrecht, U. Jungmann; **Bewertung der Anlagentechnik nach EnEV**; Deutsches Architektenblatt DAB 10/2002

E. Riering, K. Lambrecht; **Sichere Baukostenplanung energiesparender Gebäude nach der neuen Energieeinsparverordnung EnEV**; Workshopunterlagen, BKI 2002

K. Lambrecht, U. Jungmann; **EnEV-Software im Test**; Deutsches Architektenblatt DAB 7/2002 (regelmäßige Aktualisierung der Marktübersicht unter www.solaroffice.de)