

# Überblick Anlagentechnikbilanz

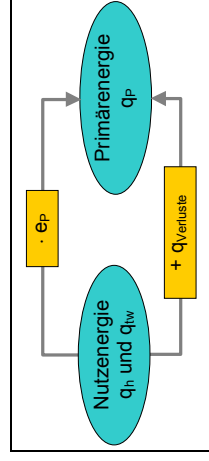
## Methoden zur Berechnung

Der Nachweis, dass ein Gebäude die Anforderungen der EnEV erfüllt, ist für Neubauten und Bestandsgebäude verschieden. Zunächst ein Blick auf die Neubauten:

Für das betreffende neue Gebäude muss zunächst die Erfüllung der Nebenanforderung der EnEV: die Güte der Gebäudehülle (mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient  $H_T$ ) nachgewiesen werden. Diesen Nachweis führt der Baufachplaner. Weiterhin muss nachgewiesen werden, dass der Neubau den in der EnEV festgelegten zulässigen Höchstwert für den Jahresprimärenergiebedarf (Hauptanforderung der EnEV) nicht überschreitet.

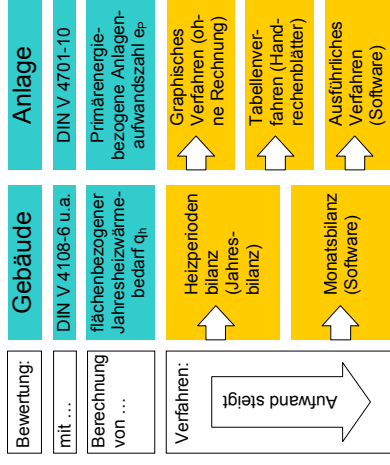
Der vorhandene Primärenergiebedarf für das Gebäude wird dabei im Wesentlichen mit zwei DIN-Normen bestimmt, der DIN V 4108-6 und der DIN V 4701-10.

Beim Nachweis des Jahresprimärenergiebedarfs  $q_P = (q_h + q_{tw}) \cdot e_P$  müssen Baufachplaner und Anlagentechniker zusammenarbeiten.



Der Ablauf der Berechnung sieht wie folgt aus: Zunächst bestimmt der Baufachplaner mit Hilfe der baulichen Normen den

Jahresheizwärmebedarf  $q_h$  des Gebäudes. Dieser ist auf die Nutzfläche  $A_N$  bezogen. Die Nutzfläche  $A_N$  ist fiktiv, sie kann nicht am realen Objekt ausgemessen werden, da sie sich aus dem äußeren Volumen  $V_e$  eines Gebäudes abgeleitet ( $0,32 \cdot V_e$ ). Für die Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs  $q_h$  stehen dem Baufachplaner zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung, ein Jahresbilanzverfahren und ein Monatsbilanzverfahren. Diese Verfahren sollen hier nicht näher beschrieben werden.



Beide Werte, der Jahresheizwärmebedarf  $q_h$  und die Nutzfläche  $A_N$  müssen dem Anlagentechniker übermittelt werden. Nur dann kann er die anlagentechnische Bilanz durchführen.

Der Jahresheizwärmebedarf ist jedoch nur ein Teil der Nutzenergie eines Gebäudes. Der zweite Anteil der Nutzenergie ist der Jahresnutzwärmebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung  $q_{tw}$ . Dieser Bedarf muss nicht gesondert ermittelt werden. Die EnEV legt ihn fest, z.B. für Wohngebäude mit  $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Mit dem Heizwärmebedarf und dem Jahresnutzwärmebedarf der Trinkwarmwas-

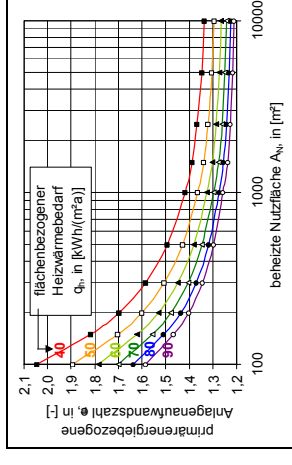
serbereitung liegt die rechnerische Nutzenergie des Gebäudes fest.

Der Anlagentechniker bestimmt nun die Größe, die als Multiplikator bzw. Bewertungsfaktor für Anlagentechnik und Primärenergiebewertung zwischen der Nutzenergie und der Primärenergie liegt: die Primärenergiebezogene Anlagenaufwandzahl  $e_P$ . Die Anlagenaufwandzahl kann mit drei verschiedenen Verfahren bestimmt werden, die alle in der DIN V 4701-10 beschrieben sind.

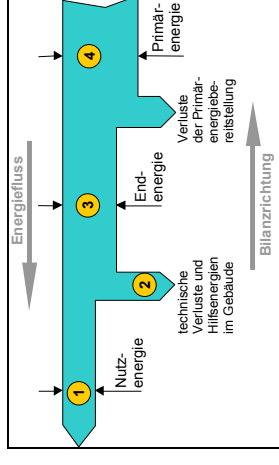
In jedem Fall müssen wichtige Anlagenmerkmale bekannt sein, z.B. welche Art der Wärmeübergabe und Regelung vorliegen soll, wie das Verteilsystem aussieht und wo es angeordnet wird, ob Speicher eingebaut werden, welche Art der Wärmeerzeugung geplant ist, ob Lüftungs- und Solartechnik eingesetzt werden soll usw.

Der einfachste Weg der Bestimmung der Anlagenaufwandzahl ist das graphische Verfahren. Aus einem von 71 Diagrammen, die im Beiblatt 1 zur DIN V 4701-10 abgedruckt sind, wird der Wert  $e_P$  sofort abgelesen. Auch der Nachweiswert der Primärenergie  $q_P$  kann aus einem anderen Diagramm sofort ohne weitere Berechnung einfach abgelesen.

Damit eines der Diagramme verwendet werden kann, müssen die Anlagenmerkmale des Neubaus in allen Punkten genau mit der Anlagenbeschreibung im Beiblatt übereinstimmen. 71 Kombinationen sind jedoch sehr gering, wenn man bedenkt, welche Vielfalt die Anlagen in der Praxis aufweisen. Dieses Verfahren eignet sich daher vor allem für die erste Vorplanung, wenn die Berechnung von  $e_P$  noch nicht genau erfolgen kann, da noch wesentliche Plan- und Ausführungsdaten fehlen.



Etwas komplizierter, aber dafür sehr viel flexibler ist das Tabellenverfahren. Hier kann die Anlagenaufwandzahl oder der Primärenergiebedarf jedoch nicht einfach aus einer Tabelle abgelesen werden, sie muss berechnet werden.



Der Anlagentechniker (Planer und/oder Handwerker) bestimmt mit Hilfe der DIN V 4701-10 zuerst die technischen Verluste und Hilfsenergien im Gebäude  $e_P$ . Zusammen mit der Nutzenergie aus Heizwärmebedarf und dem Jahresnutzwärmebedarf der Trinkwarmwasserbereitung  $q_P$  kann er anschließend die Endenergie des Gebäudes  $q_P$  ermitteln. Zum Schluss berechnet er aus der Endenergie die gesuchte Primärenergie  $q_P$ . Erst dann bestimmt er nachträglich die Anlagenaufwandzahl.

Für die Berechnung sind in der Norm Kopiervorlagen für 4 Handrechenblätter vorhanden sowie 38 Tabellen, mit deren Hilfe man diese ausfüllt. Dieses Verfahren basiert ausschließlich auf Standard-Normwerten. Ein reales Produkt - z.B. die Verluste des speziellen Kessels der Firma XY - kann hier nicht berücksichtigt werden.

Die Berechnung der technischen Verluste und Hilfsenergien erfolgt in folgenden Stufen, Prozessschritte genannt:

- Wärmeübergabe
- Wärmeverteilung
- Wärmespeicherung
- Wärmeerzeugung und
- Primärenergiewandlung

Warmwasserbereitung	
Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gebäudezentral, wohnungszentral oder dezentral</li> <li>- mit oder ohne Zirkulation</li> <li>- zentrale Verteilungen im beheizten oder unbeheizten Bereich</li> </ul>
Speicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kein Speicher, indirekt beheizter Speicher, bivalenter Solarspeicher, gasbeheizter Speicher, elektrisch beheizter Tag- oder Nachtspeicher, elektrischer Kleinspeicher</li> <li>- Aufstellung im beheizten oder unbeheizten Bereich</li> </ul>
Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstanttemperatur-, Niedertemperatur-, Brennwert- oder Holzkessel</li> <li>- Elektroheizstab oder Elektrodurchlauferhitzer</li> <li>- Elektro-Heizungswärmepumpe Wasser/Wasser, Erdreich/Wasser, Luft/Wasser oder Abluft/Wasser</li> <li>- Elektro-Trinkwasserwärmepumpe</li> <li>- Nah- und Fernwärme mit KWK oder aus Heizwerken, aus fossilem oder erneuerbarem Brennstoff</li> <li>- Anschluss an ein bestehendes Gebäude</li> <li>- mit oder ohne Solaranlage</li> </ul>

Für jeden Prozessschritt schlägt die DIN V 4701-10 alternative Merkmale der Anlage vor, von denen eines ausgewählt werden muss – siehe Tabellen. Beispielsweise hat

der Anlagenfachmann die Wahl zwischen verschiedenen Arten der Wärmeverteilung (zentral, dezentral ...). Jeder Art der Wärmeverteilung ist ein unterschiedlicher Wärmeverlust zugeordnet, der in die Anlagenbewertung übernommen wird.

Lüftung	
Art der Anlage und Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Lüftungsanlage, dezentrale oder zentrale Lüftungsanlage</li> <li>- Abluftanlage oder Zu/Abluftanlage mit Luftwechsel 0,4 ... 1,0 h<sup>-1</sup></li> <li>- Verteilungen im unbeheizten Dach, im unbeheizten Keller oder im beheizten Bereich</li> </ul>
Wärmeübergabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlage mit Temperaturen unter oder über 20 °C</li> <li>- Luftauslässe im Außen- oder Innenwandbereich</li> <li>- mit oder ohne Einzelraumregelung</li> <li>- mit oder ohne zentrale Vorregelung</li> </ul>
Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mit oder ohne Wärmerückgewinnung</li> <li>- Wärmerückgewinnungsgrad 60% oder 80%</li> <li>- ohne Wärmepumpe, Zuluft/Abluftwärmepumpe oder Wärmepumpe zur Trinkwasserbereitung</li> <li>- ohne Heizregister, Heizregister mit 35°C oder 45°C Auslegung</li> <li>- elektrisch betriebenen oder Anschluss an den Heizkessel</li> </ul>
Hilfsenergien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechselstromventilator (AC) oder Gleichstromventilator (DC)</li> </ul>

Das dritte Verfahren zur Bestimmung der Anlagenaufwandszahl  $e_{PI}$  ist das ausführliche Verfahren der DIN V 4701-10. Es ist praktisch nur als Software anwendbar, denn jeder technische Verlust wird hier mit einer mathematischen Gleichung berechnet.

In der Software sind die Rechenregeln der Norm programmiert. Der Anwender kann eine Bewertung der Anlagen in der Regel durchführen, ohne mit Zahlenwerten konfrontiert zu werden. Dann erfolgt die Berechnung zwar mit den programmierten Gleichungen, aber es werden die Norm-Standardwerte eingesetzt. Er kann aber

auch einzelne Anlagenmerkmale (Leitungslängen, Kesselgrößen, Kollektorflächen u.a.) manuell ändern.

In der Regel wird die Mühe, die es macht, die wirklichen Projekt- und Produktdaten zu ermitteln und zu verwenden, nicht belohnt. Die berechnete Anlagenaufwandszahl ist auch mit den Standardwerten meist genauso gut, manchmal sogar besser!

Heizung	
Übergabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserheizung, Elektrospeicher- oder Elektrodirektheizung</li> <li>- freie Heizflächen mit 90/70°C, 70/55°C oder 55/45°C Auslegung oder integrierte Heizflächen mit 35/28°C Auslegung</li> <li>- Anordnung im Innenwand- oder Außenwandbereich</li> <li>- Thermostatventile mit Auslegung auf <math>X_{p,1} = 1</math> oder 2K, elektronische Regelung oder elektronische Regelung mit Optimierung</li> </ul>
Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dezentrales oder zentrales System</li> <li>- zentrale Verteilungen im beheizten oder unbeheizten Bereich</li> <li>- Steigstränge innen- oder außenliegend</li> <li>- geregelte oder ungetriggerte Pumpe</li> </ul>
Speicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kein Speicher, normaler Pufferspeicher oder Biomassepufferspeicher vorhanden</li> <li>- Aufstellung im beheizten oder unbeheizten Bereich</li> </ul>
Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstanttemperatur-, Niedertemperatur-, Brennwert- oder Holzkessel</li> <li>- Aufstellung im beheizten oder unbeheizten Bereich</li> <li>- Elektrodirekt- oder -speicherheizung</li> <li>- Einzelfeuerstätte</li> <li>- Elektro-Heizungswärmepumpe Wasser/Wasser, Erdreich/Wasser, Luft/Wasser oder Abluft/Wasser</li> <li>- Nah- und Fernwärme mit KWK oder aus Heizwerken, aus fossilem oder erneuerbarem Brennstoff</li> <li>- Anschluss an ein bestehendes Gebäude</li> <li>- mit oder ohne Solaranlage</li> </ul>

Die Berechnung der Anlagentechnik (mit Wärmeübergabe, -verteilung, -speicherung, -erzeugung, Primärenergie-

umwandlung und Hilfsenergien) kann derzeit nur für Neubauten erfolgen.

Die DIN-Normen für den Anlagenbestand sind noch in Arbeit und werden voraussichtlich erst 2005 oder 2006 gültig. Dann wird ein Gesamtpaket an Berechnungsvorschriften gültig, mit dessen Hilfe sowohl der Neubau als auch der Bestand energetische bewertet werden kann. Auch der gesamte Bereich der Raumlufttechnik und Beleuchtung, der heute noch komplett fehlt, wird zu diesem Zeitpunkt ergänzt.

Für die derzeitige Bewertung neuer Anlagentechnik mit DIN V 4701-10 gibt es jedoch auch bereits eine Ergänzung: die Erstausgabe der Norm im Februar 2001 wurde im August 2003 ersetzt. Mit der zweiten Version können nun u.a. auch Holzkessel energetisch bewertet werden.

Die neue Norm wird aber erst offiziell gültig und für den Nachweis nach EnEV anwendbar, wenn sie in der EnEV-Novelle (voraussichtlich Mitte 2004) mit ihrem aktuellen Ausgabedatum zitiert wird. Bis dahin gilt offiziell die alte Ausgabe von 2001.

Der Nachweis im Bestand umfasst derzeit nur die Berechnung der Güte der Gebäudehülle bzw. einzelner Bauteile. Die Berechnung führt der Baufachplaner durch. Er vergleicht, ob nach einer Voll- oder Teilmodernisierung die U-Werte (früher k-Werte) einzelner Bauteile (Fenster, Wände usw.) unter den zulässigen Höchstwerten der EnEV liegen. Ein Primärenergiebedarf kann nicht berechnet werden.

## Mit der EnEV erfolgreich neu bauen

### Anforderungen

Wichtige Anforderungen an den Primärenergiebedarf (Hauptanforderung) und den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle (Nebenabforderung) der EnEV zeigt die Tabelle oben.

Wie sind die Werte in der Tabelle zu verstehen? Bei der baulichen Bewertung eines Gebäudes durch den Baufachplaner werden in einem ersten Schritt die wichtigsten geometrischen Eigenschaften eines Gebäudes bestimmt. Dies sind die Hüllfläche  $A$ , das umbaute Volumen des Gebäudes  $V_e$  und die daraus abgeleitete Nutzfläche  $A_{Nt}$ .

Setzt man diese Größen in die oben genannten Gleichungen ein, ergeben sich

auf das Gebäudevolumen bezogene Primärenergiebedarf  $Q_P'$  in  $\text{kWh}/(\text{m}^3\text{a})$  für alle anderen Gebäude.

2. Nebenabforderung: der auf die Außenfläche bezogene spezifische Transmissionswärmeverlust  $H_{T'}$  in  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , der einem mittleren U-Wert (früher k-Wert) der Hüllflächen entspricht.

Das Gebäude, für welches der Nachweis geführt wird, muss beide Bedingungen erfüllen, d.h. die Berechnungsergebnisse dürfen die Grenzwerte nicht überschreiten.

### Sonderfälle

Neben den dargestellten Regelfällen gibt es zahlreiche Ausnahmefälle, die hier nur in der Übersicht genannt werden:

- Für Gebäude, die zu 70 % (bezogen auf die Nutzenergie) oder mehr aus Kraft-Wärme-Kopplung oder regenerativen

Art des Gebäudes	Hauptanforderung	Nebenabforderung
Wohngebäude, mehr als 50 % Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom	$Q_p'' = 72,94 + 75,29 \cdot \frac{A}{V_e}$	$H_{T'} = 0,3 + \frac{0,15}{A/V_e}$
Wohngebäude, sonstige Warmwasserbereitung	$Q_p'' = 50,94 + 75,29 \cdot \frac{A}{V_e} + \frac{2600}{100 + A_{Nt}}$	$H_{T'} = 0,3 + \frac{0,15}{A/V_e}$
Nichtwohngebäude, Fensterflächenanteil $\leq 30\%$	$Q_p' = 9,9 + 24,1 \cdot \frac{A}{V_e}$	$H_{T'} = 0,3 + \frac{0,15}{A/V_e}$
Nichtwohngebäude, Fensterflächenanteil $> 30\%$	$Q_p' = 9,9 + 24,1 \cdot \frac{A}{V_e}$	$H_{T'} = 0,35 + \frac{0,24}{A/V_e}$
Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	besteht nicht	$H_{T'} = 0,53 + 0,1 \cdot \frac{A}{V_e}$

zwei Höchstwerte, die die EnEV zulässt:

1. Hauptanforderung: der auf die Nutzfläche bezogene Primärenergiebedarf  $Q_P'$  in  $\text{kWh}/(\text{m}^3\text{a})$  für Wohngebäude oder der

- Gebäude, die zu mindestens 50 % von Einzelfeuerstätten versorgt werden oder für die es keine Berechnungsvorschriften gibt (das sind Techniken, die nicht in DIN V 4701-10 abgebildet werden), haben keine Anforderung an den Jahresprimärenergiebedarf, aber müssen eine bessere Gebäudehülle (76 % des tabellierten Wertes für  $H_{T'}$ ) aufweisen.

- Gebäude mit elektrischer Speicherheizung und zugehöriger Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung dürfen in der Bilanz nach DIN V 4701-10 mit einem besseren Primärenergiefaktor für Strom (2,0 statt 3,0) bewertet werden (bis 31.01.2010).

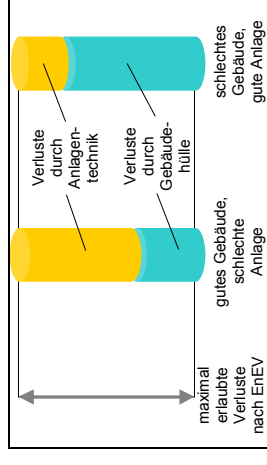
Weitere Ausnahmen bestehen für Gebäude mit geringem Volumen ( $\leq 100 \text{ m}^3$ ) sowie für Ein- und Zweifamilienhäuser mit monolithischer Außenwandkonstruktion und NT-Kessel. Im Einzelfall kann eine Ausnahme von der EnEV erreicht werden, wenn die Anforderungen nachweislich unwirtschaftlich sind.

### Anwendung in der Praxis

Eine Ausnahmeregelung gilt für den Einsatz erneuerbarer Energien. Wird eine Anlagentechnik überwiegend (70%-Regel, siehe oben) auf Basis erneuerbarer Energien ausgewählt und geplant, so entfällt der Primärenergieachweis und damit für den Anlagenfachplaner die Berechnung der Anlagenaufwandszahl. Dies soll den Einsatz erneuerbarer Energien erleichtern, erfordert aber trotzdem eine objektive Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gegenüber dem Bauherrn und in den meisten Fällen trotzdem eine ausführliche Berechnung nach DIN V 4701-10.

Die Anforderungen der EnEV an Neubauten bieten dem Bauherrn die Möglichkeit,

in gewissen Bandbreiten zwischen effizienter Gebäudehülle und effizienter Anlagentechnik zu wählen. Eine sehr gute Anlagentechnik kann die etwas schlechtere bauliche Ausführung eines Gebäudes kompensieren. Dies ist jedoch nur in gewissen Bandbreiten möglich, damit das Gebäude nicht zu schlecht wird. Deshalb wurde vom Verordnungsgeber die Nebenabforderung an die Mindestgüte der Gebäudehülle gestellt



Im Sinne des Bauherrn sollten Gebäudehülle und Technik ausreichend gut unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten gewählt werden. Das Gebäude als Ganzes sollte nicht nur preiswert in der Investition sein, sondern auch im laufenden Betrieb geringe Verbrauchskosten aufweisen.

Auf jeden Fall bleibt dem Anlagentechniker immer der Freiraum, durch die Wahl des Temperaturniveaus einer Heizung, geschickter Verlegung der Leitungen im beheizten Bereich usw. technischen Energiebedarf und späteren Energieverbrauch des Gebäudes zu optimieren.

Quelle: K. Jagnow, Manuskript für Deutsche Energieagentur, 2004