

## WISSEN, WIE PLANER PLANEN

Eine Einführung in das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) von Erik Rötthele

Das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) ist das speziell für die Planung von Passivhäusern entwickelte Berechnungsverfahren. Es dient nicht allein dem quantitativen Nachweis, sondern soll vielmehr aktiv als Planungswerkzeug für den gesamten Bauprozess eingesetzt werden. Nur so können von der Vorplanung bis zur Fertigstellung die beim Bauen erforderliche Flexibilität und die gebaute Qualität des Passivhauses sichergestellt werden.

Hierzu hat das Passivhaus Institut in Darmstadt eine Tabellen-Kalkulations-Mappe auf der Basis von Microsoft Excel entwickelt. Dadurch sind sämtliche Bezüge und Rechenalgorithmen für den Bearbeiter nachvollziehbar. Der erfahrene Nutzer kann mit den Daten arbeiten und eigenständig Auswertungen ergänzen. Das klingt genauso spannend, wie es ist! Der besondere Reiz besteht aber nach wie vor in der Konzeption von Gebäuden, die weniger als 25 % der Heizenergie von konventionellen Neubauten benötigen. Die seit 20 Jahren erforschte und wirtschaftliche Bauweise hat im PHPP ihr ebenso flexibles wie komplexes Planungswerkzeug gefunden.

Bestehende Normen waren damals wie heute für Gebäude mit extrem geringem Energieverbrauch zu ungenau. Zur Realisierung der ersten Passivhäuser waren daher noch aufwändige Gebäudesimulationen erforderlich, um die Wärme- und Energiebilanz zu ermitteln. Für jedes Gebäude eine instationäre Simulation durchzuführen, ist weder praktikabel noch tragbar. Der Aufwand wäre sehr hoch und die erforderliche Flexibilität nicht gegeben.

Aus diesem Grund wurden die ersten gebauten Passivhäuser wissenschaftlich begleitet, die Simulation anhand von Messungen in den genutzten Gebäuden überprüft. Mit den validierten Ergebnissen wurde ein vereinfachtes Rechenmodell entwickelt, das die als wesentlich identifizierten Einflussgrößen berücksichtigt. Seither wird es interaktiv mit der Gebäudesimulation und den Messergebnissen weiter entwickelt. Es ist für den Bau von Passivhäusern in gemäßigten Klimazonen, also hier in Mitteleuropa, optimal eingestellt und liefert seit Jahren zuverlässige Ergebnisse. Das Berechnungsverfahren orientiert sich, soweit möglich, an internationalen Normen, basiert aber im Kern auf den physikalischen Gesetzen. An manchen Stellen sind Abweichungen von den Normen erforderlich, um das äußerst geringe Energieniveau präzise zu berechnen, Verschattungsroutinen für die ganze Welt zu berücksichtigen oder die Lüftungsdimensionierung zu regeln. Die internationalen Normen sind in diesem Bereich nicht ausreichend auf Energieeffizienz ausgerichtet.

Die Bewertungskriterien für ein Passivhaus sind auf fünf Kenngrößen reduziert. Der Heizwärme- und Nutzkältebedarf von maximal je 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr ( $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ), alternativ die Heizlast von max.  $10 \text{ W}/\text{m}^2$  stellen sicher, dass eine sehr gut gedämmte Gebäudehülle ausgeführt wird. Diese Grenzwerte ermöglichen gegebenenfalls die Beheizung über die Zuluft ohne Heizkörper und zusätzliche Wärmeverteilungsnetze.

Die korrekte Ausführung der Luftdichtheitsebene muss geprüft werden, um die Wärmeverluste gering zu halten und die Quali-

tät der Gebäudehülle sicher zu stellen. Beim Drucktest darf eine Leckage von  $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$  nicht überschritten werden.

Für die Behaglichkeit im Sommer sind die Stunden im Jahr, an denen die Innenraumtemperatur im Sommer über  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  steigt, auf maximal 10 % beschränkt.

Der resultierende Primärenergiebedarf von maximal  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  schließt den Haushaltsstrom mit ein und stellt somit auch Anforderungen an die Nutzer und ihre Haushaltsgeräte.

Alle Werte werden vom PHPP auf einem Blick im Tabellenblatt „Nachweis“ dokumentiert.

Zur Berechnung dieser Kenngrößen stellt das PHPP 29 Tabellenblätter bereit. Es umfasst alle erforderlichen Tools zur Projektierung von Passivhäusern – von der Berechnung der U-Werte, Projektierung der Fenster und der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung bis zur Berechnung der Energiebilanz. Es dient zur Ermittlung der Werte zum sommerlichen Komfort sowie zur Auslegung der Heizung. Aus dem PHPP lassen sich im Unterschied zu den gängigen Berechnungsverfahren der Energieeinsparverordnung (EnEV) die Heizlast und die Dimensionierung der Anlage direkt entnehmen. Dieses Vorgehen ist in der Praxis erprobt und ermöglicht durch die genauen Berechnungsergebnisse eine geringere Dimensionierung ohne Sicherheitszuschläge, was dem Anspruch kostengünstiger Passivhäuser entgegenkommt.

Auch wenn das Führen von öffentlich-rechtlichen Nachweisen oder KfW-Anträgen nicht das ursprüngliche Ziel bei der Entwicklung des PHPP gewesen ist, wurde es dahingehend erweitert. Damit entfällt für den Auftraggeber und den Planer die lästige Arbeit, das gleiche Gebäude mit unterschiedlichen Berechnungsverfahren nachweisen zu müssen.

Frisch erschienen ist die neue Version PHPP 2012. Wesentliche Neuerungen sind die Ergänzung der Zertifizierung von Altbausanierungen „EnerPHit“, der PHPP-KfW-Nachweis mit der Möglichkeit, die höchste Förderstufe der KfW zu erreichen, eine Schnittstelle zum Datenimport und -export und weitere Verbesserungen in den Möglichkeiten der Eingabe und Berechnung. Außerdem ist es nun möglich komplexe Lüftungsanlagen mit mehreren Geräten zu berücksichtigen, dies ist vor allem für Nichtwohngebäude von Vorteil.

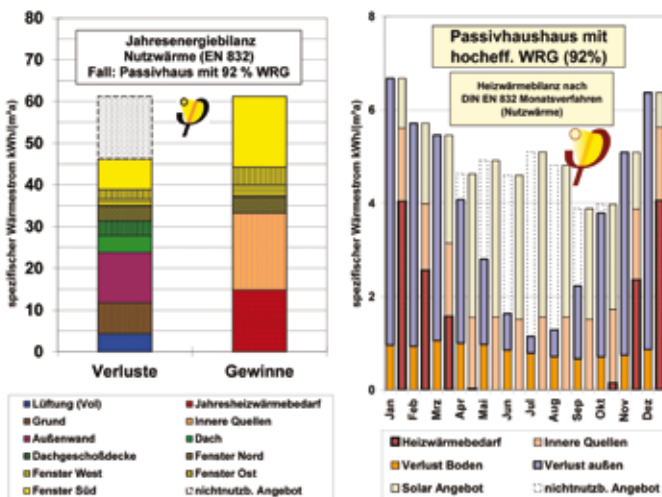
### Was ist eine Energiebilanz?

Jedes Gebäude verliert im Winter Wärme durch die Gebäudehülle und die Lüftung. Diese werden Wärmeverluste oder Wärmesenken genannt. Damit eine behagliche Innentemperatur, unabhängig von der Außentemperatur, aufrecht erhalten werden kann, müssen die Energieverluste dem Gebäude wieder zugeführt werden.

Das Passivhaus nutzt die in der Umwelt und Umgebung vorhandene Energie besonders effektiv. Das Gebäude wird durch die Sonneneinstrahlung über die Fenster erwärmt. Menschen und Geräte im Gebäude geben ebenso Wärme ab. Diese solaren und

inneren Wärmegewinne werden optimiert und passiv genutzt. Nur ein kleiner Teil der Wärmeverluste kann nicht wirtschaftlich passiv kompensiert werden. Dieser Restwärmebedarf wird dem Gebäude aktiv über die Heizung zugeführt.

Das Wort Bilanz leitet sich ursprünglich aus dem lateinischen „bilanx“ ab und bedeutet Waage. Wenn sich die Wärmeverluste und Gewinne die Waage halten, bleibt die Raumtemperatur auf dem gewünschten Maß konstant. Auf diese Weise berechnet das PHPP den Heizwärmebedarf. Anhand der Energiebilanz sind die wesentlichen Einflussfaktoren also leicht ablesbar. Wenn wir zum Beispiel höhere Wärmeverluste durch eine schlechter gedämmte Außenwand erleiden, wird es schwerer, den Grenzwert für den Heizwärmebedarf zu erreichen. Lassen die Fenster weniger Sonnenenergie in das Haus, können weniger Wärmeverluste passiv kompensiert werden und der Heizwärmebedarf steigt ebenfalls. Im PHPP werden die Jahres- und Monatsbilanz parallel berechnet. Das Monatsverfahren bilanziert jeden Kalendermonat einzeln und berücksichtigt somit die Auswirkungen der Klimadaten genauer. In der Grafik sind die passiv nutzbaren solaren Gewinne deutlich ablesbar.



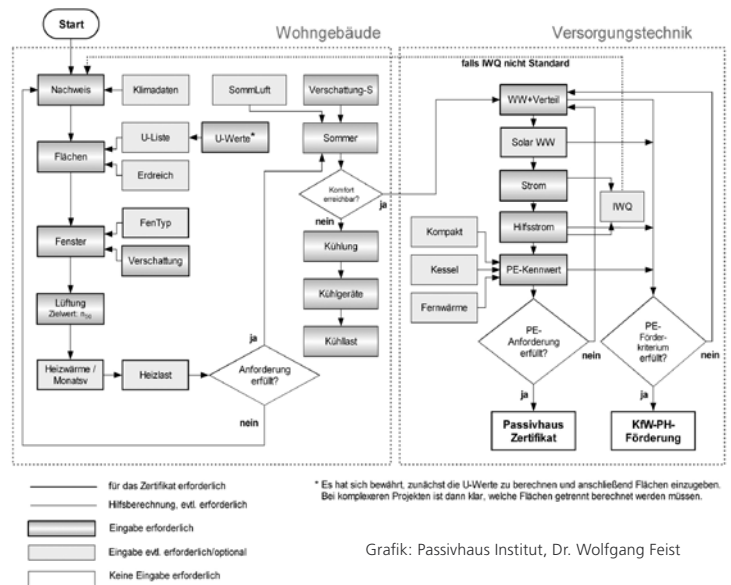
Jahresenergiebilanz und Monatsenergiebilanzen eines typischen Passivhauses Grafiken: Passivhaus Institut, Dr. Wolfgang Feist

### Aufbau und Eingabe

In diesem Abschnitt werden der Aufbau und Eingabeablauf erläutert. Die Abbildung stellt dies übersichtlich als Schema dar. Die für die Eingabe wesentlichen Tabellenblätter sind grau hinterlegt. Die wichtigen Eingabeparameter und deren Auswirkungen dieser Blätter werden im Text erläutert und die Namen der Tabellenblätter zur besseren Übersicht kursiv gedruckt.

Im Blatt „Nachweis“ werden sämtliche Bewertungskriterien angezeigt. Darüber hinaus erfolgt hier die Eingabe übergeordneter Projektdaten und wesentlicher Faktoren wie zum Beispiel drei Nutzungsart, welche die inneren Wärmegewinne beeinflusst,

### Eingabeschema für Wohngebäude



oder der gewünschten Innentemperatur. Diese Eingaben sind Grundlagen für die Berechnung des Heizwärmebedarfs und werden automatisch im gleichnamigen Blatt übernommen.

Im weiteren Eingabeablauf ist die Energiebilanz deutlich ablesbar. Zunächst werden die für die Wärmeverluste maßgeblichen Bauteile eingegeben. Das erfolgt anhand der U-Werte der Wand-, Dach- und Bodenaufbauten mit den thermischen Eigenschaften und Schichtdicken der Materialien.

Die Abmessungen der Bauteile werden im Blatt „Flächen“ eingegeben. Regional unterschiedliche Klimabedingungen wie zum Beispiel Außenlufttemperaturen und Strahlungswerte oder angrenzende Gebäude mit deren Raumtemperaturen werden ebenso berücksichtigt wie die Temperaturdifferenz zum Keller oder Dachboden.

In diesem Blatt wird außerdem die Energiebezugsfläche erfasst. Diese Fläche hat einen wesentlichen Einfluss, weil die Kriterien Heizwärmebedarf und Primärenergiebedarf sich darauf beziehen. Beim PHPP ist dies die tatsächliche Nutzfläche des Gebäudes und nicht wie in der EnEV-Berechnung eine fiktive, aus dem Volumen abgeleitete Fläche. Das ist ein Grund von vielen, warum die Ergebnisse der Berechnungen nach EnEV und dem PHPP nicht vergleichbar sind. Außerdem erfolgt die Eingabe der Wärmebrücken in diesem Blatt.

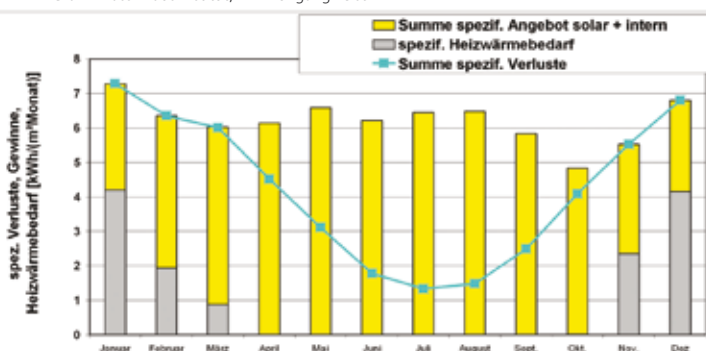
Im nächsten Schritt werden die Fenster erfasst. Aufgrund ihres wesentlichen Einflusses auf das Gebäude erfolgt auch deren Eingabe deutlich genauer als zum Beispiel im Berechnungsverfahren nach EnEV. Es werden sowohl die tatsächliche Rahmenbreite als auch die Verschattung durch die Fensterlaibung berücksichtigt, weil diese den solaren Ertrag mindern. Fensterausrichtung und Neigung müssen gradgenau eingegeben werden. Der U-Wert

## WÄRMEBRÜCKEN

Ein wesentlicher Unterschied des PHPP zu den Nachweisverfahren nach EnEV ist die Berücksichtigung der Wärmebrücken. In der EnEV werden meist pauschale Aufschläge für die Wärmebrücken angesetzt. Dieses Vorgehen ist für das Passivhaus nicht genau genug, weil der sehr niedrige Energiebedarf nur mit einer weitgehend wärmebrückenfreien Konstruktion erreicht werden kann und sich der Einfluss der Wärmebrücken bei Gebäuden mit sehr niedrigem Energiebedarf viel stärker auswirkt. Dies stellt besondere Anforderungen an die Planer und die Details. Die wenigen „unvermeidbaren“ Wärmebrücken müssen einzeln eingegeben werden.

jedes Fensters wird anhand seiner tatsächlichen Abmessungen aus den Anteilen Glas und Rahmen ermittelt. Auch die Erfassung der Einbauwärmebrücke der Fenster erfolgt in diesem Bereich. Die Ergebnisse der Wärmeverluste und Wärmegewinne gehen in das Blatt „Heizwärme“ und somit auch in das Blatt „Heizlast“ ein. Der Einfluss auf die Erwärmung des Gebäudes im Sommer wird im gleichnamigen Tabellenblatt berücksichtigt.

Grafik: Passivhaus Institut, Dr. Wolfgang Feist



Verluste, interne Gewinne und Heizwärmebedarf

Im Tabellenblatt „Lüftung“ werden die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, das Kanalnetz und der Infiltrationsluftwechsel durch die Gebäudehülle eingegeben und deren Auswirkungen berechnet. Auch die Planung der erforderlichen Luftmengen erfolgt im gesonderten Pflichtblatt Lüftung. Die Luftmengen werden beim Passivhaus allein anhand des hygienisch erforderlichen Luftwechsels ermittelt. Lüftungswärmeverluste werden reduziert, es wird weniger Ventilatorstrom benötigt und im Winter steigt die Behaglichkeit durch eine dem Menschen angemessene Raumluftfeuchte. Eine optimierte Anordnung von Zuluft, Überströmung und Abluft kann berücksichtigt werden. Dadurch ist eine sehr gute Luftqualität in Wohngebäuden sichergestellt. Das Blatt „Heizwärme“ zeigt alle Einflussgrößen der Heizwärmebilanz an. Hier ist es möglich, auf einen Blick die Verluste und die Gewinne zu erfassen, auf Plausibilität zu prüfen und Verbesserungspotenziale zu erkennen. Ergebnis des Blattes ist der Heizwärmebedarf. Hier entscheidet sich also, ob der Grenzwert als ein wesentlicher Meilenstein auf dem Weg zum Passivhaus eingehalten ist.

Wenn die Passivhauskriterien nach der ersten Eingabe oder durch baubedingte Änderungen nicht eingehalten sind, müssen mögliche Verbesserungen untersucht werden. Das Blatt „Heizwärme“ ist dafür ein steter Begleiter, weil hier die Bilanz im Überblick dargestellt ist. Bauteile oder Komponenten zu verbessern ist ein möglicher Weg. Für das Ergebnis sind aber zum Beispiel die Kubatur des Gebäudes oder die Lage und Größe der Fenster mit deren Ausrichtung deutlich relevanter. Hier ist die Optimierung in der Regel wirtschaftlicher und einfacher zu erreichen. Natürlich wird dadurch der Entwurf verändert – möglicherweise aber sogar verbessert. Dieses größte Potenzial kann allerdings, ohne Mehrkosten, nur in der frühen Planungsphase realisiert werden. Deswegen ist es wichtig, mit der Pflege des PHPP bereits in der Vorentwurfsphase zu beginnen. Hierzu bietet das Passivhaus Vorprojektierungs Paket (PHVP) eine vereinfachte Eingabemöglichkeit. Es ist jedoch auch möglich, direkt mit dem PHPP zu arbeiten und zu Anfang noch nicht definierte Parameter anhand von Erfahrungswerten sinnvoll zu schätzen.

## Fazit

Der Leitsatz „Erst klimagerecht bauen, dann baugerecht klimatisieren“ ist ein steter Begleiter auf dem Weg zur klimagerechten Architektur. Er verbessert die Gebäudequalität, senkt die Kosten und erleichtert die Arbeit aller Beteiligten.

Die Planung und Umsetzung mit dem PHPP als äußerst komplexem Planungswerkzeug ist manchmal Fluch und Segen zugleich. Vor allem wenn der Kampf um Zehntel beginnt, die erforderlich sind, um Grenzwerte einzuhalten. Zehntel, die bisweilen schwer zu erreichen sind und deren Einfluss auf den Energiebedarf nur noch gering ist. Hierbei geht es jedoch um die Entscheidung, ob der Passivhausstandard erreicht werden soll oder nicht. Wir können die Probleme nur lösen, wenn wir sie als Herausforderung annehmen.

Die Eingabemöglichkeiten sind vielfältig und teilweise etwas umständlich. Das fordert vom Bearbeiter immer wieder das Denken in Abstraktionsgraden und in alternativen Lösungsansätzen. Zweifellos: Das PHPP ist ein aufwändiges Berechnungsverfahren. Im Vergleich zu einer Simulation ist es, bei ähnlich genauen Ergebnissen, jedoch gravierend einfacher und flexibler. Die Herausforderung, auf komplexe Fragestellungen eine ausgewogene Lösung zu finden, ist doch – nach der Gestaltung – die zweitgrößte Aufgabe des Architekten. Dabei ist das PHPP alles, was es sein kann: ein Planungswerkzeug.



### ERIK RÖTHELE

ist Architekt, zertifizierter Passivhausplaner und Nachweisberechtigter. Er leitet die Abteilung Energieplanung und Bauphysik als Partner für den Bereich Lengfeld & Wilisch Energie. Die Erfahrung aus mehreren Lehraufträgen nutzt er als Referent und Autor für klimagerechte Architektur. [www.lengfeld-wilisch.com](http://www.lengfeld-wilisch.com)