Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

VIENNA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

AUSARBEITUNG VON PASSIVHAUSKONZEPTEN FÜR VERSCHIEDENE KLIMATISCHE REGIONEN IN DER TÜRKEI

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Bednar

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Azra Korjenic

Institut für Hochbau und Technologie
Zentrum für Bauphysik und Bauakustik

E206 /2

eingereicht an der Technische Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von
Mustafa GÜNAYDI

Mat. Nr. E610 / 0227165
1050 Wien Margaretengürtel 94/3/17

Wien im Mai 2009

Danksagung

Danken möchte ich an dieser Stelle

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Azra Korjenic

für fachliche Betreuung und Unterschützung

meinen Kollegen und Freunden an der Universität
für ihre Unterschützung

besonders meine Familie
für ihre Geduld und Unterschützung meines Studiums.

Kurzfassung

Das Passivhaus ist ein Baustandard, der für die Zukunft wichtig ist. Das erste erfolgreiche Beispiel eines Passivhauses wurde in Deutschland (Darmstadt) gebaut. Bis heute wurden tausende erfolgreiche Passivhäuser in verschiedenen Ländern realisiert. Steigende Energiepreise und Umweltprobleme erklären die dringende Notwendigkeit dieses Baustandards.

In der Türkei ist der Zustand noch dramatischer als in Europa. Die Energiepreise sind zu hoch und bei cirka 90% der bestehenden Gebäude ist die Wärmedämmung unzureichend. Weswegen enorme Energieverluste hingenommen werden müssen.

Eine hohe Energie und CO_2 - Einsparung könnte im Baubereich durch die Verwendung von Passivhauskomponenten erreicht werden. Der Heizenergiebedarf lässt sich dadurch bis auf 1/10 reduzieren und bietet ein sehr günstiges Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen.

Das Gebiet der Türkei lässt sich laut der TS 825 (Türkische Wärmedämmstandard) in vier Klimagebieten einteilen. In dieser Arbeit wurden vier Städte aus jedem Gebiet ausgewählt und untersucht: Unter welchen Bedingungen, das erste Passivhaus aus Darmstadt in den jeweiligen Klimagebieten das Passivhausstandard beibehalten kann.
Es wurden viele verschiedene Varianten ausgearbeitet und analysiert. Dabei wurden die Dämmstärke, Fenstergröße und Orientierung, Verschattung etc. variiert um das bauphysikalische aber auch ökonomische Optimum, sowohl im Winter als auch im Sommer, zu finden.

Die Ergebnisse zeigten, dass das Passivhauskonzept besonders in zwei Gebieten von der Türkei eine energetisch, ökonomisch und ökologisch günstige Lösung darstellt.

Abstract

The passive house is a building standard, which is very important for the future. The first successful example of a passive house was in Germany (Darmstadt) built. Till now thousands of successful passive houses have been realized in different countries. Concerning the increasing energy prices, and the ecological problems explain us the necessity of this building standards.

In Turkey, the situation is more dramatic than in Europe. The energy costs are too high, and around 90% of the buildings have not enough heat isolation. That's why too much energy lost take place.

The high energy and CO_2 savings by using the passive house components could be a solution in the construction sector. The heating energy need could be reduced from ten to one as proportional, and supplies an optimum cost-use performance.

The regions of Turkey according to TS 825 (Turkish heating isolation standards) have four different climate types. In this study the four cities are chosen from this four different climate types, and analyzed: Under the aspect of; how the conditions of the first Passive house from Darmstadt could be applied into the chosen four cities. The different variants were analyzed and researched. The thickness of the isolation, window dimensions, orientation, shading, and e.g. were varied under the aspect of the building physical and also the economical views, for winter and summer.

The results have shown that the passive house concept especially in the two climate regions of Turkey have enormous meaning for saving in energy, lead an economical and an ecological advantages.

INHALTSVERZEICHNIS

1. ALLGEMEINES 7

1.1 Wichtige Kennwerte und Daten 7

1.2 Gute Dämmstandards und Ziele 15

1.3 Dammstoffe 15

1.4 Primärenergiebedarf 16

1.5 Niedrigenergiehaus(NEH)-Standard und Stand der Technik 17

2 PASSIVHAUS 21

2.1 Die Kernidee des Passivhauses 21

2.2 Warum Passivhäuser? 22
2.2.1 Ökologische Gründe 22
2.2.2 Ökonomische Gründe 22

2.3 Funktionsweise und Vorteile eines Passivhauses 23
2.3.1 Wie wird ein Gebäude zum Passivhaus 25

2.4 Passivhauskriterien 26
2.4.1 Wärmedämmung 26
2.4.2 Fenster 26
2.4.3 Vermeidung von Wärmebrücken 27
2.4.4 Wind-/Luftdichtheit des Gebäudes 27
2.4.5 Kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung 27
2.4.6 Passiv-solare Gewinne 28
2.4.7 Das Passivhaus- Gesamtkonzept 28

3 PASSIVHAUSPLANUNG 30

3.1 Bauplatzanforderungen 30

3.2 Entwurfsgrundlagen 30

3.3 Bauphysikalische Planung 31
3.3.1 Beeinflussbare Faktoren der bauphysikalischen Planung 32

3.4 Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) 37

4 ERSTES PASSIVHAUS 38

4.1 Darmstadt Kranichstein (Hessen) 38

5 LAGE IN DER TÜRKEI 40

5.1 TS (Türkischer Standard) 825 40

5.2 TS 825 Berechnungsverfahren 42

6 BERECHNUNGEN FÜR DIE TÜRKEI 45

6.1 Antalya 46
6.1.1 Klimadaten von Antalya 47
6.1.3 Ergebnisse von Antalya 50
6.1.3 Analyse für Antalya 51

6.2 Istanbul 52
6.2.1 Klimadaten von Istanbul 53
6.2.2 Ergebnisse von Istanbul 56
6.2.3 Analyse für Istanbul 57

6.3 Ankara 58
6.3.1 Klimadaten von Ankara 59
6.3.2 Ergebnisse von Ankara 62
6.3.3 Analyse für Ankara 63

6.4 Erzurum 64
6.4.1 Klimadaten von Erzurum 65
6.4.2 Ergebnisse von Erzurum 68
6.4.3 Analyse für Erzurum 69

6.5 Kostenanalysen für die geeigneten Gebiete in der Türkei 70
6.5.1 Kostenanalyse für Istanbul 70
6.5.2 Kostenanalyse für Ankara 74

7. ZUSAMMENFASSUNG 78

1. ALLGEMEINES

Der Energiekennwert in kWh/(m².a) wird im Bauwesen für das Maß des Energieverbrauchs verwendet. Die gesamte Energie, die in einem Jahr verbraucht wird, wird durch diesen Kennwert beschrieben. Der Verbrauch wird auf 1 m² Wohnfläche bezogen, um verschiedene Wohnungen und Häuser vergleichen zu können. Jedoch kommt es bei dieser Bezugsgröße zur Unterscheidung einzelner Teilbereiche wie z. B. Energie zur Erzeugung des warmen Brauchwassers, Energie, die zum Heizen, und Strom, der für den Betrieb der technischen Anlagen und des Haushaltes benötigt wird [SOM08].

1.1 Wichtige Kennwerte und Daten

Um ein Passivhaus verstehen zu können, ist es wichtig einige Parameter der Bauphysik zu betrachten.

Energiebezugsfläche:

Die Energiebezugsfläche bildet die Fläche, auf die sich der Kennwert eines Energiebilanzverfahrens bezieht. Sie wird nach EnEV (Energieeinsparverordnung) aus dem Volumen abgeleitet und ist bei kleineren Gebäuden meist deutlich größer als die tatsächliche Wohn- und Nutzfläche. Bei der PHPP (Passivhaus Projektierungs-Paket) leitet sich die Energiebezugsfläche nicht aus dem Volumen ab, sondern ergibt sich aus der Wohnfläche mit Keller bzw. Abstellräumen, die mit 60 % angesetzt werden. Bezugsgröße für den Energiebedarf nach PHPP ist seit 31.12.2003 die Wohnfläche, die nach der WoFIV (Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche) ermittelt wird. Bei Nicht-Wohngebäuden ist die Nutzfläche nach DIN 277-2 „Grundflächen und Rauminhalte für Bauwerke im Hochbau - Teil 2: Gliederung der Nettogrundfläche; Nutzflächen, technische Funktionsflächen und Verkehrsflächen“ (Ausgabe 2005) zu berechnen. Angerechnet werden nur Flächen, die innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen, d.h., Balkone, Terrassen usw. werden nicht angerechnet.

Primärenergie

Alle Energien, die aus nicht erneuerbaren Energieträgern gewonnen werden, z. B. Öl, Gas und Kohle, bezeichnet man als Primärenergie, wobei auch der normale Haushaltsstrom durch Verbrennen von Primärenergie erzeugt wird. Um beim Passivhaus den entstehenden Restwärmebedarf zu mindern, sollte keine Steigerung der internen Wärmequellen z.B. durch eine hohe Anzahl von Glühbirnen stattfinden, da die verbrauchte Primärenergie bereits im Vorfeld durch den festgelegten Primärenergiekennwert bei maximal 120 kWh/(m².a) begrenzt wird. Der komplett benötigte Energieverbrauch, d.h. die Heizenergie, die Warmwasserenergie und der Stromverbrauch des Hauses in einem Jahr, wird in diesem Wert einbezogen.

Jahresheizwärmebedarf:

Der Jahresheizwärmebedarf beschreibt die benötigte jährliche Wärmezufuhr eines Gebäudes zur Erhaltung normaler Innenraumtemperaturen bei gewöhnlichen äußeren Klimabedingungen und normalem Luftwechsel. Er ist die Summe aus Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten, solaren und internen Wärmegewinnen. Somit ist der Jahresheizwärmebedarf die in einem normalen kalten Jahr bei normaler Nutzung benötigte Menge an Heizenergie, die dem Haus über die Heizanlage zugeführt werden muss. Bei einem Haus mit einer beheizten Fläche von 150 m² ergibt dies Q_H = 150 m². 15 kWh/(m² a) = 2.250 kWh/a. Dies entspricht ca. 225 Litern Öl im Jahr.

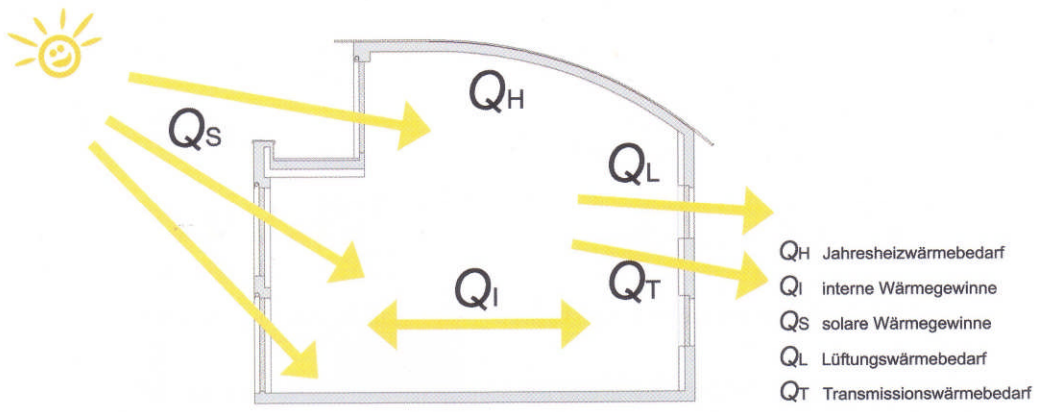

Abb. 1.1 Energieflüsse bei Gebäude

In Abb. 1.1 lassen sich die Energieflüsse bei einem Gebäude erkennen und verdeutlichen die Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs. Um die Heizenergie zu erläutern, muss aufgeführt werden, dass der Wärmeverlust eines Hauses auf unterschiedliche Weise stattfinden kann. Zum einem dringt Wärme durch Bauteile wie Boden, Wand, Dach und Fenster nach außen, der sog. Transmissionswärmeverlust. Dieser Verlust kann jedoch durch die Dämmeigenschaft des Bauteils, also die Art und Dicke der verwendeten Materialien u. Ä., reguliert und berechnet werden. Zum anderen kann ein hoher Wärmeverlust über die Lüftung entstehen, wenn z. B. im Winter die Fenster geöffnet werden und erhebliche Wärme nach außen dringt. Um nun eine behagliche Raumtemperatur zu erhalten, muss diese aufgrund von Transmission und Lüftung verloren gegangene Wärmemenge durch Beheizen des Innenraums ausgeglichen werden.
Da es aber auch Wärmegewinne bzw. Energiequellen wie die Sonnenstrahlen und interne Wärmequellen wie den Menschen oder Strom gibt, muss die tatsächlich benötigte Restheizwärme in einem Energiebilanzverfahren errechnet werden. Dieses Verfahren ermittelt zuerst die Werte der Transmissions- und Lüftungsverluste. Anschließend werden die aus der Solarstrahlung und den internen Wärmequellen zu erwartenden Wärmegewinne vom zuvor errechneten Wert subtrahiert.
Die durchschnittlichen Innen- und Außentemperaturen sowie eine mittlere Solareinstrahlung in Deutschland und in der Türkei bilden die Basis bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs. Da Passivhäuser mittlerweile europaweit, demnach auch unter ganz anderen klimatischen Bedingungen, gebaut werden, tritt zur internationalen Vereinfachung der Wert des jährlichen Heizwärmebedarfs von 15 kWh/(m².a) in den Hintergrund. Die tatsächliche Heizlast pro m² berücksichtigt u. a. regionale Unterschiede und wird somit vorrangig betrachtet [SOM08].

<u>End- Energiebedarf (Energieverbrauch):</u>

Energie, die wir zur Nutzung einkaufen und bezahlen und vor Ort zur Verfügung haben wie z.B. Heizöl im Tank, Erdgas am Zähler, Holz im Vorratslager, Benzin im Auto, Strom am Zähler usw. vor der letzten Umwandlung [KON02].

<u>Heizlast:</u>
Die maximale Heizlast beschreibt die Menge der Wärmeleistung, die dem Haus am kältesten Tag des Jahres für das Heizen ohne Warmwasser zugeführt werden muss. Aufgrund dieses Wertes wird die Heizung ausgelegt. Bei einem Haus mit z. B. 150 m² beheizter Fläche bedeutet dies: 150 m² 10 W/ m² = 1.500 W = 1,5 kW Heizlast. Diese Vorgabe bezieht auch den Sonnenschein an kalten

Wintertagen sowie die Wärme abgebenden internen Wärmequellen durch Menschen und Strom ein. Der Grenzwert liegt beim Passivhaus bei einer Heizlast von 10 W/ m² [SOM08].

Wärmeleitfähigkeit:

Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, welche Wärmemenge durch eine Fläche von 1 m² eines Baumaterials von 1m Dicke strömt, wenn die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten 1 Kelvin beträgt. Die Maßeinheit ist W/m K. Je größer der λ_R -Wert ist, desto besser leitet das Material die Wärme.

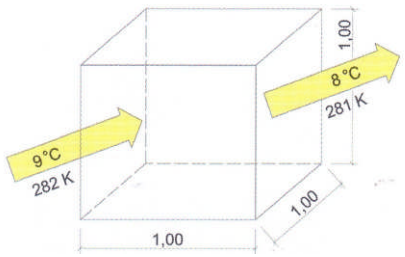

Abb.1.2 Darstellung der Wärmeleitfähigkeit [SOM08]

Wärmedurchgangskoeffizient:

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist die wichtigste bauphysikalische Größe im Wärmeschutz, früher wurde er k-Wert genannt. Er gibt an, wie viel Wärmeenergie durch 1 m² Bauteil wie Wand, Fenster, Dach usw. bei einer Temperaturdifferenz von 1 °K hindurchgeht, daher die Einheit W/(m².K). Im U-Wert sind alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigt, er gilt jedoch als rein rechnerische Größe. Wärmedämmeigenschaften von Baustoffen bzw. von Bauteilen, die sich aus mehreren Stoffen zusammensetzen, werden durch den U-Wert wiedergegeben. Auch können Transmissionswärmeverluste errechnet werden.

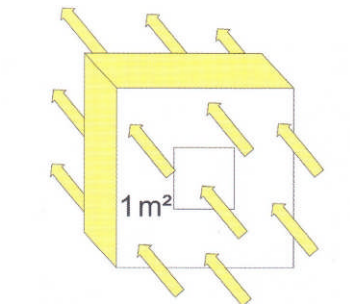

Abb.1.3 Darstellung des U- Wertes

U-Werte sind die Maßeinheiten für den Wärmedurchgang durch Bauteile und geben den Wärmestrom in Watt an, der durch 1 m² eines nicht lichtdurchlässigen, d.h. opaken Bauteils bei einer Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von 1 Kelvin fließt. Je kleiner der U-Wert, desto besser ist die Dämmwirkung. Ein U-Wert ≤ 0,15 W/(m² K) an Bauteilen wie Wänden, Dächern und Decken erfordert ca. 30 cm Dämmung. Dächer werden meist noch stärker gedämmt, Kellerdecken und erdberührte Bauteile etwas weniger.

U_w -Werte (w = windows) bezeichnen den Wärmedurchgang ganzer Fenster. Sie werden anhand der U_g- Werte (g = glass) der Gläser, der U_f -Werte (f = frame) der Rahmen sowie der Wärmebrücken am Glas-Randverbund und am Einbaurand der Fenster berechnet. Ein U-Wert ≤ 0,8 W/(m².K) verlangt Dreifachverglasung und wärmegedämmte Rahmen.

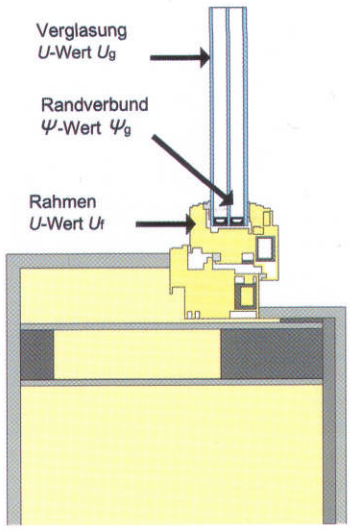

Abb. 1.4 Schematische Darstellung des Fensters[SOM08]

Energiedurchlassgrad:

Der Energiedurchlassgrad ist die Kennzahl von Gläsern, die angibt, wie viel Prozent der auf die Scheibe treffenden Sonnenenergie diese durchdringt. Je höher der g-Wert ist, desto mehr solare Wärmegewinne erhält das Haus durch die Fenster. Dabei gilt: je besser der U-Wert, desto geringer der g-Wert [SOM08].

Lüftungswärmebedarf:

Der Lüftungswärmebedarf bezeichnet den Wärmebedarf, der für die Erwärmung der Frischluft nötig ist. Um Feuchteschäden zu vermeiden und sicherzustellen, dass das Lüften im Passivhaus mit WRG (Wärmerückgewinnungsanlage) und nicht durch Ritzen oder Fugen erfolgt, benötigt ein Passivhaus eine hohe Luftdichtheit. Die EnEV 2007 und die DIN 4108-7 "Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden - Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele „ (Ausgabe 2001) begrenzen die Luftdichtheit der Gebäudehülle von Neubauten mit Lüftungsanlage auf einen maximal 1,5-fachen Luftaustausch pro Stunde bei 50 Pascal Differenzdruck (n_{50}-Wert). Für Passivhäuser darf dieser Luftaustausch durch Ritzen und Fugen nicht höher, besser noch niedriger als 0,6-fach pro Stunde sein (Luftdichtheit $n_{50} \leq 0{,}6\ h^{-1}$).

Die Lüftungsanlagen, die in einem Passivhaus eingesetzt werden, müssen eine hohe Energieeffizienz der WRG -Anlage (Wirkungsgrad $\eta \geq$ 75 %) und einen niedrigen Stromverbrauch ($\leq$ 0,4 W h / m^3) haben. Zum Einsatz kommende Wärmepumpen müssen speziellen Anforderungen gerecht werden.

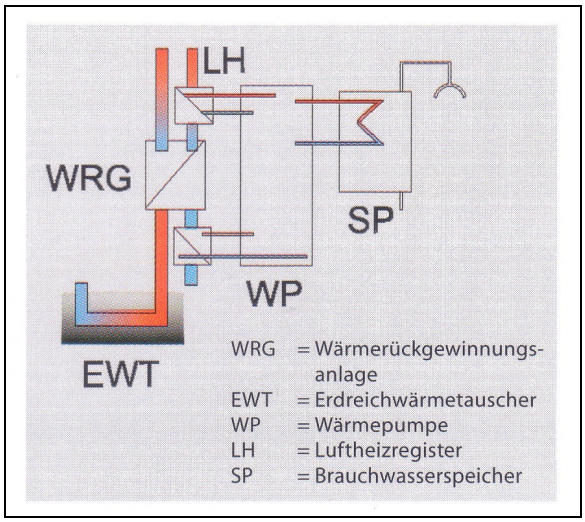

Abb. 1.5 Grundversorgungstechnik Passivhaus [SOM08]

Die Versorgungstechnik in einem Passivhaus beinhaltet, wie in Abb. 1.5 gezeigt, häufig eine (Abluft-) WRG (Wärmerückgewinnungsanlage) mit vorgeschaltetem EWT (Erdreichwärmetauscher) und einer angeschlossenen WP (Wärmepumpe), welche nach dem Wärmeentzug der Fortluft über ein LH (Luftheizregister) die Zuluft erwärmt. Gleichzeitig wird auch der SP (Brauchwasserspeicher) beheizt.

Durch den Wärmeentzug der deutlich erwärmten Abluft wird die eingetretene Außenluft erwärmt und dem Bewohner als wohltemperierte Zuluft in den Wohnräumen zugeführt. Erst nachdem der Abluft sämtliche Wärme entzogen wurde, verlässt sie als Fortluft das Gebäude. Durch diesen Vorgang ist ein WRG -Grad $\eta \geq 75$ % möglich. Hilfreich für die Effizienz ist es, wenn die Frischluft im Winter in einem Sole- oder Luftkanal -EWT vorerwärmt wird. Dagegen sollte im Sommer die erwärmte Frischluft durch das Erdreich abgekühlt werden.

Aufgrund direkter Sonneneinstrahlung durch transparente Bauteile wie Fenster, ergeben sich solare Wärmegewinne im Gebäude. Diese Wärmegewinne werden bestimmt durch die Ausrichtung und Größe der Fenster, den Energiedurchlassgrad der Gläser sowie Einflüsse der Verschattung und der Verschmutzung der Scheiben. Aber auch opake, d.h. undurchsichtige Bauteile lassen je nach Oberfläche und Farbe Energie durch[SOM08].

Interne Wärmegewinne:

Interne Wärmegewinne Q_I werden aus der Abwärme von elektrisch betriebenen Geräten, von anderen Wärmequellen wie Gasherden und von in den Räumen lebenden Menschen erreicht. Ebenso bringen Baden und Duschen sowie die Abwärme der Beleuchtung interne Wärmegewinne [SOM08].

Behaglichkeit

Behaglichkeit ist ein subjektives Empfinden des Körpers, welches von Zusammenspiel mehrerer Komponenten abhängt. Das behagliche Wohlbefinden des Menschen hängt im Wesentlichen von der Raumluft- und der Oberflächentemperatur der umgebenden Bauteile wie Wände, Decke und Fußboden, sowie der relativen Luftfeuchtigkeit, der Art und Dauer der Lüftung und vom Speichervermögen der Bauteile ab, da der menschliche Körper ständig Wärme mit seiner Umgebung austauscht. Hierbei ergänzen sich Raumluft - und Bauteiloberflächentemperatur im

Raum gegenseitig. Ein Passivhaus erreicht ohne aktives Heizsystem im Winter und ohne eine Klimaanlage im Sommer hohe Behaglichkeit.

Liegt die Oberflächentemperatur der Wände bei 10 °C, kann trotz hoher Raumlufttemperatur nur ein unbehagliches Raumklima erzielt werden. Dem menschlichen Körper wird dann zu viel Wärme entzogen besonders in Wandnähe. Erhöht man dagegen die Temperatur von allen raumumschließenden Flächen auf 20 °C und senkt sich gleichzeitig die Raumlufttemperatur auf 16 °C, entsteht ein behagliches Raumklima und eine Einsparung von Heizenergie.

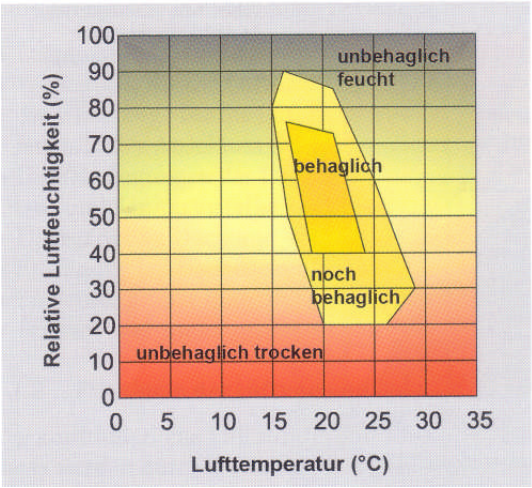

Abb.1.6 Behaglichkeit in Abhängigkeit zur Oberflächentemperatur

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 70 % und einer Lufttemperatur von etwa 20°C ist das menschliche Wohlbefinden am größten. Dies zeigt die Abhängigkeit der relativen Luftfeuchte von Lufttemperatur. Ein sinken der Temperatur führt zum Steigen der relativen Luftfeuchtigkeit und umgekehrt. Dabei sollte die maximale Heizwärmelast ≤ 10 W/m² sein.

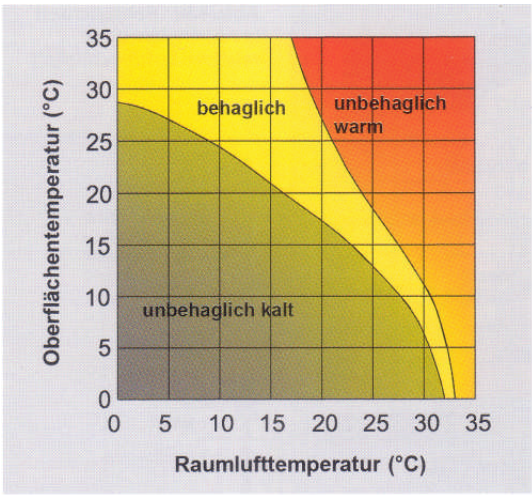

Abb. 1.7 Behaglichkeit in Abhängigkeit zur relativen Luftfeuchtigkeit [SOM08]

1.2 Gute Dämmstandards und Ziele

Energieeinsparung heißt Minderung des Heizenergiebedarfs und damit des Verbrauchs vor allem an fossilen Energieträgern wie Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas. NEH (Niedrigenergiehaus) verbrauchen durchschnittlich 20 - 30 % weniger Energie als ein nach EnEV gebautes Haus. Der Bau eines NEH hilft daher, die CO_2-Emissionen zu reduzieren und so das globale Klima zu schützen. Dabei steigern Niedrigenergiehäuser gleichzeitig den Wohnkomfort und die Behaglichkeit. Und sie tragen erheblich zur Vermeidung von Schäden an Natur und Bauwerken bei, weil der Schwefeldioxid-Ausstoß (SO_2) vermindert wird, der den " Sauren Regen „ verursacht.

NEH leisten auch durch ihren geringen Heizwärmeverbrauch wegen der Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger einen Beitrag zu einer wenigstens mittelfristig sicheren Energieversorgung. Und schließlich wird der wirtschaftliche Einsatz von regenerativen Energien wie z.B. der Sonnenenergie über thermische Solaranlagen eher möglich.

Energieeinsparung heute ist die richtige Vorsorge für morgen. Passivhäuser gehen hier noch einen Schritt weiter wie NEH. Ihre Dämmung ist so hervorragend, dass sie kein aktives Heizsystem mehr benötigen [KON02].

1.3 Dammstoffe

Eire große Rolle spielt in allen Diskussionen die Wahl der Dämmstoffe. Als Kriterien werden regelmäßig genannt: Herstellung und Entsorgung, Art und Menge des Rohstoffbedarfs, Material-eigenschaften, Einsatzbereich, physikalische Daten, Schadstoffwirkungen und die betriebswirt-schaftlichen Kosten.

Dies gilt für die "ökologischen„ oder "natürlichen„ (z.B. Zellulose, Kork, Baumwolle, Flachs, Schafwolle, Holzweichfasern) ebenso wie für die " konventionellen „ oder "künstlichen„ Dammstoffe (z.B. Mineralfasern wie Gesteins- oder Glasfaser, Polystyrol, Polyurethan-Hartschaum oder Schaumglas). Aber gerade die Vielfalt der angebotenen Dammstoffe ermöglicht auch ihren differenzierten Einsatz und die optimale Anpassung an bauliche Gegebenheiten.

Alle aktuelle Untersuchungen und Vergleiche machen deutlich, dass pauschale Aussagen über Dämmstoffqualitäten nicht möglich sind.

Aus ökologischer Sicht spielt der Bereich Herstellung und Entsorgung die größte Rolle. Hier haben die konventionellen Dammstoffe deutliche Nachteile. Die langen Herstellungsprozessketten stehen in

direkter Verbindung mit der Chlor- und Petrochemie; ozonschichtzerstörende Treibmittel, Treibhausgase und selbst krebserregende Substanzen werden bei ihrer Produktion freigesetzt. Manche Rohstoffreserven (z.B. Erdöl) sind begrenzt, ein Recycling benötigt derzeit guten Willen von allen Seiten, meist folgt die Entsorgung auf einer Deponie. Aber auch die ökologischen Dämmstoffe haben Nachteile. Probleme gibt es hier durch Monokulturen (z.B. Baumwolle, Flachs) bei Massenproduktion, durch hohen Transportenergieaufwand (z.B. durch Schafwolle aus Neuseeland oder Kork aus Portugal) oder durch Belastungen bei der Herstellung (z.B. hohe Abwasser- und Staubbelastungen bei der Zelluloseherstellung). Da aus Brandschutzgründen alle ökologischen Dammstoffe mit Borsalz imprägniert sind, müssen sie im Fall der Entsorgung deponiert oder besonders aufwendig verbrannt werden [KON02].

1.4 Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf ist der Energiebedarf, der für Heizung und Warmwasser (Nutzwärme und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird − teilweise wird auch noch der Haushaltsstrom miteingerechnet. Dabei werden auch die zusätzlichen Energiemengen berücksichtigt, die durch vorgelagerte Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen (zum Beispiel der Stromerzeugung, Transport).
Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch Wärmegewinne und − verluste. Gewinne entstehen durch die passive Nutzung der Solarenergie und Körperwärme. Verluste treten zum Beispiel durch die Weiterverarbeitung der Rohstoffe, Lüftung und ungenügende Dämmung auf.
Im Passivhaus: <120 kWh/(m²a) (Heizung, Warmwasser, Haushaltsstrom) [PAS23]
Bedarf an erschöpflichen Ressourcen für die Bereitstellung des Gesamtenergiebedarfs. Wird nach DIN 4701-10 über sog. Primärenergiefaktoren berücksichtigt,

Für den Primärenergiebedarf gilt:

$$Q_P = p \cdot Q_{End} \qquad \text{(Formel 1.1)}$$

Q_P = Primärenergiebedarf
p = Primärenergiefaktor
Q_{End} = Endenergiebedarf

	Primärenergie-faktor kWh_{Prim}/kWh_{End}	
Energieträger	Deutschland	Türkei
Heizöl	1,1	1,19
Erdgas	1,1	1,15
Flüssiggas	1,1	1,1
Steinkohle	1,1	1,07
Strom-Mix	2,7	2,8

Tabelle 1.1 Primärenergiefaktoren in Deutschland und in der Türkei

1/3 des gesamten Primärenergiebedarfs in Deutschland besteht aus Raumheizung und Warmwasser. Die größten Verbraucher sind die privaten Haushalte. Um die daraus entstehenden Umweltbelastungen zu verringern und die begrenzte Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe zu schonen, muss Energie aus Öl, Gas und Kohle effizient eingesetzt werden.

Die Anteile der Energieträger zur Stromerzeugung sind in Deutschland 21% Steinkohle, 23% Braunkohle, 12%Erdgas, 27% Kernenergie und 17% andere Quellen [ALT07].

In der Türkei wurde Strom im Jahr 2007 nach türkischer Energie Ministerium 47,3 % von Erdgas, 20,7 % von Steinkohle, 18,2% von Wasserkraft und 13,8 % von anderen Quellen erzeugt.

1.5 Niedrigenergiehaus(NEH)-Standard und Stand der Technik

Das Niedrigenergiehaus (NEH) ist ein Gebäude-Dämmstandard, für den sich eine für das Bauen in der Breite geeignete "Technik-Linie„ herausgebildet hat. Der Erfolg des NEH- Standards ist u. a. auf die folgenden Merkmale zurückzuführen:

Anknüpfung an übliche Bautechniken und traditionelle Baustandards.

Realisierbar mit allen marktgängigen Bau- und Wärmedämmstoffen.

Gegenüber dem EnEV - Neubaustandard kaum messbare Mehrkosten von etwa 0-1 %, die im Rahmen der Schwankungsbreite von Ausschreibungsergebnissen liegen.

Die erzielbare Energieeinsparung (und damit auch langfristige Kosteneinsparung) ist durch eine Vielzahl ausgeführter Bauten nachgewiesen.

Die Aufgabe des Architekten beim Entwerfen eines NEH besteht in der Beachtung von einige prinzipiellen Konstruktionsmerkmalen im Hinblick auf einen energie- und kostenoptimalen Entwurf.

Die NEH –Konstruktionsmerkmale:

- Sehr guter Wärmeschutz aller Bauteile der Gebäudehülle
- Sorgfaltige Ausführung des Wärmeschutzes im Detail; Vermeidung und Reduzierung von Wärmebrücken
- Kompakte Bauweise (geringes A/ V-Verhältnis)
- Luftdichtheit der Außenbauteile mit Nachweis durch Drucktest
- Kontrollierte, bedarfsgerechte Lüftung (die in erster Linie der Wohnhygiene dient, weniger der Energieeinsparung)
- Ausnutzung passiv – solarer Gewinne
- Flinke Heizungsregelung

Der NEH- Standard erfordert keine andere "Architektur „. Er lasst sich - bis auf die Ausnahmen der exzessiven Glasarchitektur - aus jedem Entwurf entwickeln, weil die Anforderungen hauptsächlich baukonstruktiver Art sind. Niedrigenergiehäuser zeigen die gleiche architektonische Qualität wie konventionelle Gebäude. Das heißt: Die jeweilige "Handschrift„ des Architekten bleibt erhalten.

NEH sind wie bereits erwähnt grundsätzlich definiert durch einen Jahresheizwärmebedarf von 30 bis 70 kWh/(m²a) - mit einer weiteren Differenzierung für Einfamilienhäuser [weniger als 70 kWh/(m²a)] sowie für Mehrfamilienhäuser [weniger als 55 kWh/(m^2a)]. Das NEH bezeichnet demnach einen Standard, nicht eine Bauweise.

Konstruktionen oder gar fixierte U-Werte werden nicht vorgeschrieben. Auf welche Weise der gewünschte geringe Heizwärmebedarf realisiert wird, bleibt Bauherr und Architekt überlassen [KON02].

U-Werte in W/m^2K	Dachschräge Dachboden	Außenwand	Kellerdecke Bodenplatte	Fenster
EnEV	U=0,30 12-14 cm	U=0,35 8-10 cm	U=0,45 5-6 cm	U_w=1,7 mit 2-fach Wärmeschutzglas
NEH - Standard	U=0,20 20-25 cm	U=0,28 12-15 cm	U=0,33 10-12 cm	U_w=1,5 mit 2-fach Wärmeschutzglas
PH-Standard	U=0,15 30-40 cm	U=0,15 25-35 cm	U=0,15 25-35 cm	U_w=0,8 mit 3-fach Wärmeschutzglas

Tabelle 1.2 Richtwerte für eine Vorplanung in Deutschland

Gerade weil nicht die Einhaltung von Bauteil- U-Werten gefordert ist, hat der Planer für seinen Gebäudeentwurf ausreichend große Spielräume. Wird das eine Bauteil aus konstruktiven oder ästhetischen Gründen geringer gedämmt, so kann der Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes durch Mehrdämmung anderer Bauteile und/oder Maßnahmen im Bereich passiver Solarenergienutzung und Lüftung dennoch erreicht werden. Es wird deutlich, dass im Gegensatz zu früheren Zeiten der NEH - Standard (wie auch die EnEV) höhere Ansprüche an die Entwurfsplanung stellt und deshalb als Herausforderung statt als Hemmnis empfunden werden sollte.

In Diskussionen vor allem mit Verantwortlichen aus Kommunen bezüglich der Einführung des NEH-Standards ist dabei immer wieder ein Phänomen zu beobachten. In kürzester Zeit konzentriert sich die gesamte Diskussion ausschließlich auf ein Bauteil: die Außenwand.

Wahrend z.B. 20 cm Mineralwolle im Dachbereich zwischen den Sparren (vom Wohnbereich nur durch eine dünne Gipskartonplatte getrennt) als selbstverständlich angesehen und deshalb auch ohne Bedenken akzeptiert werden, stößt der Vorschlag einer Dämmung von z.B. 15 cm Mineralwolle oder Polystyrol außen auf der Außenwand sofort auf Ablehnung - und dann auch gleich das Gesamtkonzept NEH- Standard .

Damit gekoppelt ist oft die irrige Vorstellung, dass die Hülle eines Wohngebäudes zu 70 bis 80 % aus Außenwänden besteht [KON02].

Deshalb wird die vermeintliche Rundumverpackung rein gefühlsmäßig abgelehnt, wahrend der vermutete “kleine„ Rest von Dach und Grundflachendämmung Akzeptanz findet.

Richtig ist jedoch, dass der Anteil der Außenwand an der Gesamthüllflache des Wohnhauses je nach Bauweise nur 35-45 % ausmacht und insofern die Dämmung der Außenwand nur eine Komponente unter vielen im NEH darstellt. Außenwanddammsysteme stehen heute in verschiedenster Ausführung zur Verfügung, sie sind bauphysikalisch einwandfrei und seit langem erprobt - mit Herstellergarantien von 20 Jahren und mehr [KON02].

2 PASSIVHAUS

2.1 Die Kernidee des Passivhauses

Deutschland hat in klimatisch unterschiedlichen Gebieten heiße Sommer aber auch sehr kalte Winter - bei zum Teil gleichzeitig vergleichsweise viel Sonnenschein. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen liegen von Oktober bis April deutlich unter der Heizgrenze von 12 °C. Fallt das Thermometer unter diese Außentemperatur, springt der Kessel an. Im Winter gibt es nicht nur niedrige durchschnittliche Monatstemperaturen von bis zu - 3°C, an wenigen Tagen herrschen auch sehr tiefe Außentemperaturen. Bei der Kesseldimensionierung sind deshalb Norm-Außentemperaturen von - 10°C (z.B. Wiesbaden) bis zu - 16°C (z.B. Schwarzwald) zu berücksichtigen.

Hauptgrund für die Notwendigkeit einer Heizungsanlage ist aber nicht die Tatsache, dass die Außentemperaturen zu tief sind, sondern dass die Gebäude zu wenig " eingepackt „ sind: Es fehlt an ausreichender Wärmedämmung!

Es verhält sich mit Gebäuden genauso wie mit uns Menschen. Im Sommer benötigen wir kaum Kleidung, weil wir im Verhältnis zur uns umgebenden Außentemperatur kaum (Körper) wärme verlieren. Je weiter die Außentemperatur sinkt, je schneller kühlen wir aus , desto "wärmer ziehen wir uns an „ (um so besser wird unsere Wärmedämmung), um uns vor dem Auskühlen zu schützen. Und je besser wir uns "einpacken„ um so weniger sind selbst tiefste Außentemperaturen wirklich ein Problem. Denn der Körperwärmeverlust wird damit sehr stark verzögert. Für jeden Wintersportler ist dies eine Binsenweisheit.

Und natürlich ist es mit einem Gebäude nicht anders nur dass sich wie bei uns die " Bekleidung „ nicht dauernd den äußeren Verhältnissen anpassen lässt. Der einmal gewählte Wärmedämm-Standard bleibt i.d.R. für Jahrzehnte bestehen und bei fehlender oder zu wenig Dämmung muss zur Temperaturerhaltung eine Heizung installiert werden.

Selten aber planen Architekten und Bauherren einen besseren Wärmedamm-Standard für ein Gebäude als den, der vom jeweiligen Gesetzgeber eines Landes vorgegeben ist. Dann ist eine Heizungsanlage unumgänglich.

Das Standardheizsystem ist die Warmwasserzentralheizung (Öl- oder Gaskessel mit Heizflachen und Wärmeverteilung). Dabei sind durchschnittlich in Altbauten 100 - 150 W/m^2, in Neubauten 80 -120 W/m^2 und in NEH 50 W/ m^2 Wohnflache an Kesselleistung (Heizlast) installiert.

Die Wärmeverluste über die Gebäudehülle und Lüftung werden derart stark verringert, dass die max. Heizlast unter 10 W/m^2 liegt. Ein "aktives „ Heizsystem ist dann nicht mehr erforderlich. Die

“Restheizung„ erfolgt allein durch passive Wärmequellen wie Sonne, Menschen, Haushaltsgeräte und Wärmeruckgewinnung aus der Raumluft (Abluft). Deshalb wird ein solches Gebäude Passivhaus genannt. Ein Vorteil: Die Investitionskosten für die sonst übliche Heizungsanlage können eingespart werden [KON02]!

2.2 Warum Passivhäuser?

Dieser neuere Bau-Standard hat ein hohes Entwicklungspotenzial, das einerseits ökonomisch sehr interessant ist und andererseits ökologisch Maßstabe setzt [KON02].

2.2.1 Ökologische Gründe

Das Passivhaus ist Umweltschutz direkt an der Wurzel. Die Reduzierung der Umweltbelastung wird hier z.B. nicht durch nachgeschaltete Filtertechnik oder durch einen Ausgleich an anderer Stelle erreicht. Dieser Bau-Standard lässt Umweltschäden erst gar nicht entstehen, weil es keine Heizungsanlage gibt, die Emissionen wie Staub, Schwefeldioxid oder das klimaschädliche CO_2 in die Luft gelangen lässt. Der extrem geringe Restenergiebedarf eines PH kann dauerhaft und umweltverträglich durch die vorhandenen Ressourcen gedeckt werden; langfristig vollständig aus Erneuerbaren Energien. Mit dem Bau eines PH leistet man damit den derzeit maximalen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz - wo keine Schadstoffe entstehen, können sie auch niemanden schädigen [KON02].

2.2.2 Ökonomische Gründe

Mit einem Passivhaus werden Werte geschaffen, die dauerhaft besseren Komfort und höhere Wertbeständigkeit garantieren. Und dies geschieht nicht zu Lasten sondern zu Gunsten unserer natürlichen Umwelt. Die Wertschöpfung kommt unmittelbar dem jeweiligen Investor zugute (lokale Komponente) indirekt aber auch der Volkswirtschaft als Ganzes durch Verringerung von teuren Umweltschaden (globale Komponente). Und alle Wirtschaftszweige sind gefordert, Ihren Beitrag zu leisten. Dies gilt für Dienstleister (Architekten, Bauträger) ebenso wie für Baustofflieferanten und ausführende Handwerksbetriebe. Es handelt sich um einen neuen, expansiven Markt mit jährlichen Zuwachsraten von mehr als 100% [KON02].

2.3 Funktionsweise und Vorteile eines Passivhauses

Die Abb. 2.1 zeigt die wesentlichen Merkmale eines Passivhauses: Es besitzt eine winddichte, wärmebrückenfreie und hoch wärmegedämmte Gebäudehülle, welche zur Speicherung der warmen inneren Raumluft und zum Abhalten der kalten Außenluft vom beheizten Raumvolumen dient. Zu den niedrigen Wärmeverlusten tragen ebenso die sog. Passivhausfenster mit ihren niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten bei, welche durch ihren hohen Energiedurchlassgrad wertvolle Sonnenenergie einfangen. Fußböden, Decken und Wänden speichern diese Wärme. Solare Gewinne können mit diesen Fenstern sogar im Winter erzielt werden, sie zählen als gewinnbringende Heizquellen.

Positioniert man große Fensterflächen im Süden und Westen, kleinere im Norden und Osten, so lässt sich eine enorme Erhöhung der Einstrahlung erreichen. Zur Verschattung sollte ein Konzept erstellt werden, in welchem die Beschaffenheit des Standortes als auch die temporären Verschattungsvorrichtungen berücksichtigt werden.

Die Nutzung interner Wärmequellen zählt zu den weiteren Prinzipien eines Passivhauses. Diese beinhalten neben der Abwärme elektrischer Haushaltsgeräte auch die Abwärme der sich im Gebäude befindenden Personen. Bereits bei 2 Personen stellt sich eine behagliche Wärme ein, wenn diese sich längere Zeit in einem Raum aufhalten [SOM08].

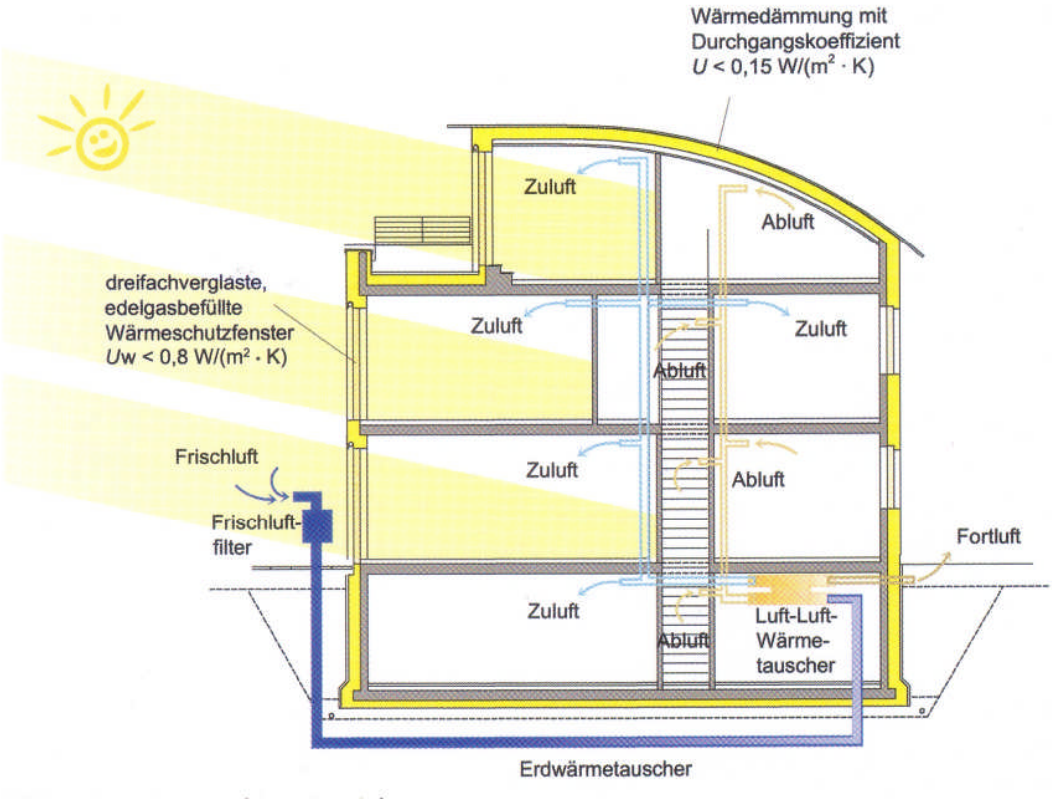

Abb. 2.1. Systemskizze Passivhaus

Betrachtet man gebräuchliche Bauweisen, so bietet das Passivhaus im Vergleich viele Vorteile wie:

- die Unabhängigkeit hinsichtlich fossiler Energien,
- einen gesteigerten Wohnkomfort in Bezug auf

  - geringe Temperaturschwankungen im Gebäudeinneren,

  - die Vermeidung sommerlicher Überhitzung durch hohen Dämmstandard,

  - hohen Lichteinfall durch große Verglasungen im Süden,

  - die Vermeidung von Belästigung durch Lärm aufgrund geschlossener Fenster mit Lüftungssystem,

  - die Gesundheit durch Raumtemperaturabsenkung,

- größere Behaglichkeit durch höhere Oberflächentemperaturen,
- das Wegfallen störender Heizöfen,

• die sehr gute Luftqualität, da

- durch Wegfall von Radiatoren Staubumwirbelung vermieden wird,
- durch den Einbau von Luftfiltern Allergiker keine Probleme haben,
- eine Steuerung von CO_2 und Feuchtigkeit möglich ist,
- keine Zugerscheinungen durch geöffnete Fenster auftreten,
- durch Regulierung der Luftfeuchtigkeit kein Feuchte- oder Schimmelbefall entstehen kann,

•die hochwertige, detaillierte Planung und Ausführung sowie

•den Wiederverkaufswert, der aufgrund der Klimasituation zunehmend steigt [SOM08] .

2.3.1 Wie wird ein Gebäude zum Passivhaus

Die Verwirklichung von PH stellt an die Planung und Bauleitung, die Bauausführung und verwendeten Komponenten nochmals höhere Anspruche wie z.B. bei NEH.

Die prinzipiellen baulichen Grundlagen für das PH sind allerdings die gleichen wie für das NEH: Gute Dämmung, super Fenster und Komfortlüftung. Qualitätsverbesserungen in diesen 3 Bereichen haben sich schon beim NEH bewahrt.

Die bloße Zusammenstellung geeigneter Einzel-Komponenten reicht jedoch nicht aus, um ein Gebäude zum Passivhaus zu machen: Das Ganze ist mehr wie die Summe seiner Teile!

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung des Passivhaus-Konzepts ist eine integrale Planung, welche auf jeden Fall die Wechselwirkungen der Einzel-Komponenten berücksichtigt.

Das Passivhaus ist wie gesagt über die Energiekennzahl für den Jahres-Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh/(m^2a) definiert - das ist der Zielwert, der unterschritten werden soll [KON02].

2.4 Passivhauskriterien

Zu den wichtigsten bauphysikalischen Kriterien eines Passivhauses zählen folgende Kenndaten:

• Jahresprimärenergiebedarf $Q_P \leq 120$ kWh/(m^2.a), davon zur Stromerzeugung ≤ 55 kWh/(m^2.a)

• Jahresheizwärmebedarf $Q_H \leq 15$ kWh/(m^2.a)

• maximale Heizlast $P_{HZ} < 10$ W/m^2

• Wärmedurchgangskoeffizienten für Wand-, Dach- und Fußbodenkonstruktionen U < 0,15 W/(m^2 .K)

• dreifachverglaste, edelgasbefüllte Wärmeschutzfenster mit wärmegedämmten Rahmen U_w < 0,8 W/(m^2.K)

• Luftdichtheit $n_{50} \leq 0{,}6\ h^{-1}$ (max. 0,6 Luftwechsel pro Stunde aus unkontrollierter Lüftung bei 50 Pascal Differenzdruck)

• Lüftungsanlage mit WRG $\eta \geq 75$ % [SOM08]

2.4.1 Wärmedämmung

Unverzichtbar ist die erhebliche Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle - und zwar aller Bauteile vom Boden über die Außenwand bis hin zum Dach.

Zielwert für alle Bauteile:

- U-Wert < 0,15 W/(m²K)
- mit λ= 0,04 W/(mK)
- Dämmstärke 25-40 cm [KON02].

2.4.2 Fenster

Ebenso unverzichtbar für das Passivhaus sind ganz entscheidend verbesserte Fenster:

Zielwert für das komplette Fenster:

- U_w-Wert < 0,80 W/(m²K)
- mit (U_g - 1,6 W/(m²K) x g < 0)

Um den Zielwert zu erreichen, reicht es weder aus, nur die Verglasung zu verbessern [Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit U_g = 0,6 - 0,8 W/(m^2K)], noch allein besser dämmende Fensterrahmen [U_f= 0,5 - 0,9 W/ (m^2K)] zu verwenden. Es ist notwendig, beides zu kombinieren und dabei auch noch die Wärmebrücke am Glasrandverbund zu reduzieren. Die Erfahrungen mit gebauten, messtechnisch begleiteten Passivhäusern zeigen: Diese Fenster funktionieren und Ihr Einsatz ist für den Erfolg des Passivhauses eine unverzichtbare Voraussetzung [KON02].

2.4.3 Vermeidung von Wärmebrücken

Wärmebrücken müssen in Passivhäusern sorgfaltig in ihren Auswirkungen auf ein Mindestmaß reduziert werden. Wärmebrücken beeinträchtigen die Behaglichkeit, weil durch den verstärkten Wärmeabfluss die innere Oberflächentemperatur abnimmt. Dadurch wird dem Nutzer wesentlich mehr Strahlungswärme entzogen. Durch die niedrige Oberflächentemperatur kommt es gerade beim Passivhaus im Bereich der Wärmebrücke zu Ausfall von Tauwasser (Wasserdampfkondensation) und wegen der Durchfeuchtung zu Bauschäden und Schimmelpilzbefall.

Zielwert für das Gebäude:

- ψ< 0,01 W/(mK) wärmebrückenfreie Konstruktion

Durch gute Planung und Bauausführung können aber fast alle Wärmebrücken vermieden oder stark reduziert werden [KON02].

2.4.4 Wind-/Luftdichtheit des Gebäudes

Alle Außenbauteile müssen gegen ein- und austretenden Luftzug abgedichtet werden.
Zielwert für das Gebäude:

- n_{50} < 0,60 h^{-1} : Nachweis durch Druck-Test [KON02]

2.4.5 Kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung

Der Lüftungswärmeverlust ohne WRG beträgt in "normalen„ Gebäuden etwa 35 kWh/m^2a. Das ist mehr als doppelt soviel Bedarf wie für das gesamte Passivhaus. Weniger Lüftungswärmeverluste sind nur durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) erreichbar, und diese muss in Passivhäusern auch hocheffizient sein:

Zielwert für die WRG:

- η>75 %

Die Komfort-Lüftung hat im Passivhaus neben der Energieeinsparung weitere positive Auswirkungen: Die Luftqualität wird spürbar verbessert und die eintretende Frischluft ist auch im Winter bereits angenehm temperiert. Im Passivhaus sollte diese Zuluftwärme ausreichen, um behagliche Raumtemperaturen auch bei tiefen Außentemperaturen zu erzielen [KON02].

2.4.6 Passiv-solare Gewinne

Passiv-solare Gewinne erhält man über transparente Gebäudeteile, also die Fenster. Auch diese wichtige Heizquelle ist optimal zu planen:

- Nordfenster sollen nur eine ausreichende Helligkeit in den Räumen dahinter sicherstellen. 10% der Nordfassadenfläche sollten nicht überschritten werden.
- 15 - 30% der Fassadenflächen für Fenster sind auf der Ost- und Westseite optimal. Die Gefahr der sommerlichen Überhitzung ist im Westen großer als im Osten.
- Zielwert Südfassade:

  Fensterfläche < 60 %
- Der Fensterflächenanteil an der Südfassade sollte bei 40 - max. 60% liegen. Darüber hinaus können die zusätzlichen Solargewinne nicht mehr genutzt werden! Das haben umfangreiche Messungen ergeben. Im Gegenteil mit zunehmender Fensterfläche muss ein immer besserer Sonnenschutz gegen Überhitzung im Sommer gewährleistet werden. Fenster sind bei jedem Gebäude das mit Abstand teuerste Bauteil!

Der Passivhaus-Standard beruht nur auf Einhaltung der zuvor beschriebenen Konstruktionsmerkmale. Oft werden energiesparende Gebäude-Standards wie das NEH oder das PH aber auch mit anderen Komponenten in Verbindung gebracht [KON02].

2.4.7 Das Passivhaus- Gesamtkonzept

Ein Passivhaus lebt einerseits von den äußeren passiv-solaren Gewinnen. Selbst in Deutschland werden im Winter teilweise tiefere Außentemperaturen erreicht. Gerade dann aber ist (bei eigener maßen verschattungsfreien Standorten) die Sonneneinstrahlung gleichzeitig wesentlich höher und liefert so einen viel höheren Beitrag zur Restheizung.

Andererseits ist ein Passivhaus auch sehr von den internen Wärmequellen abhängig. Messergebnisse aus zwei Wintern (92/93 und 93/94) im Passivhaus Darmstadt zeigen, dass die benötigte Heizleistung nie über 7 W/m^2 stieg.

Es ist deshalb “einfach„ ein Passivhaus im beschriebenen Sinne zu bauen und den Restenergiebedarf durch die Abwärme von Elektrogeraten bereitzustellen. Das ist aber nicht Projektziel. Deshalb wurde die Definition des Passivhauses mittlerweile erweitert:

Ein Gebäude ist ein Passivhaus, wenn der Heizwärmebedarf < 15 $kWh/(m^2a)$ + der Primarenergiebedarf < 120 $kWh/(m^2a)$ ist.

Strom wird überwiegend aus fossilen Brennstoffen mit niedrigem Wirkungsgrad erzeugt. Das bedeutet einen hohen Primarenergieverbrauch, der ebenfalls so niedrig wie möglich gehalten werden soll. Die Einführung obiger Kennzahl bedeutet, dass im Passivhaus auch der Strom effizient durch sehr sparsame Elektrogeräte und Lampen genutzt werden soll [KON02].

3 Passivhausplanung

3.1 Bauplatzanforderungen

Für die Lage und Orientierung eines Passivhauses auf einem Grundstück ist vorab zu klären, ob eine intensive Nutzung der Sonnenwärme gewährleistet werden kann. Es muss sichergestellt werden, dass die einfallenden Sonnen strahlen das Haus auch erreichen können. So wirkt sich erhebliche Verschattung durch hohen Baumbestand oder angrenzende Gebäude nachteilig auf die solaren Wärmegewinne aus. Der Passivhausstandard ist leicht zu erreichen, wenn eine Südorientierung des Hauses und eine geringe Verschattung vorliegen [SOM08].

3.2 Entwurfsgrundlagen

Die Grundlage für einen erhöhten oder niedrigen Energieverbrauch eines Passivhauses wird bereits durch die Form und den Grundriss des Gebäudes festgelegt. Die Gebäude haben mit einer großen Hüllfläche A im Verhältnis zum umbauten Volumen V einen größeren Energieverbrauch als Gebäude, die eine kleinere Hüllfläche bei gleichen Volumen aufweisen. Somit sollte das A/V-Verhältnis möglichst gering sein, um einen günstigen Energieverbrauch zu erreichen. Dies wäre bei einer Kugel der Optimalfall. Ein Würfel erreicht durch seine kompakte und energetisch günstige Form das für ein Passivhaus beste A/V Verhältnis. Wird ein solcher Gebäudewürfel durch Vor- bzw. Rücksprünge oder Erker aufgelöst, entstehen weitere äußere Flächen, die Wärme abgeben. Dazu kommen die höheren Baukosten. Die schwierigste Herausforderung bilden dabei frei stehende Einfamilienhäuser, da sie nicht, wie z. B. Reihen- bzw. Doppelhäuser, durch die aneinandergrenzenden Wände, die keine Wärmeverluste aufweisen, thermisch neutrale Wände haben.

Um die Sonneneinstrahlung im Winter weit in das Gebäude hineinzulassen, sollte die Südfläche durch große Fensterflächen geprägt sein. Des Weiteren lässt sich der Energiegewinn durch Abschrägen der Fensterlaibungen günstig beeinflussen. Die Nordseite sollte lediglich Fenster erhalten, die zur Belichtung der Räume notwendig sind.

Bei der Planung der Grundrissaufteilung sollten die Wohnräume nach Süden und die Neben- sowie Abstellräume nach Norden orientiert werden, um ein Temperaturgefälle von Süden nach Norden, von den Aufenthalts- zu den Nebenräumen, zu erreichen [SOM08].

3.3 Bauphysikalische Planung

Bei der bauphysikalischen Planung gilt es Energiegewinne, -verluste sowie -quellen so zu steuern, dass möglichst günstige Gesamtwerte erreicht werden.

Folgende Verluste sind zu berücksichtigen und zu reduzieren:

• Transmissionswärmeverluste über Außenbauteile wie Fenster, Wände, Dach, Kellerdecken usw. durch Verbesserung des Wärmeschutzes

• Verluste aufgrund von Windundichtigkeiten durch flächendeckende Außenputze

• Optimierung von Wärmebrücken, z.B. Transmissionswärmeverluste durch Kragplatten der Balkone aus Beton mit thermischer Trennung

• Lüftungsverluste durch gezieltes Lüften und mittels Lüftungsanlagen mit oder ohne WRG

Folgende Gewinne sind zu optimieren:

• solare Wärmegewinne, welche durch Größe und Orientierung der Fensterflächen positiv beeinflussbar sind

• interne Wärmegewinne, welche z.B. durch Haushaltsgeräte und Bewohner entstehen

• gespeicherte Wärme, welche z.B. durch massive Bauteile, die als Wärmespeicher dienen, kostengünstig nutzbar gemacht werden können

Nach der Berechnung des maximal zulässigen Jahresheizwärmebedarfs werden die einzelnen Energieverlust- und Energiegewinnquellen berechnet (siehe Abb.3.1). Diese wiederum fließen in den Jahresheizwärmebedarf des Neubaus ein [SOM08].

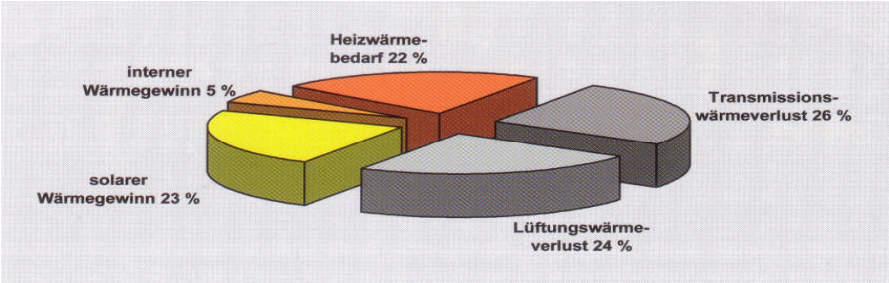

Abb. 3.1 Wärmegewinne und Verluste eines Gebäudes [SOM08]

3.3.1 Beeinflussbare Faktoren der bauphysikalischen Planung

Transmissionswärmeverlust:

Der spezifische Transmissionswärmeverlust H_T (bei beheizten an Außenluft grenzenden Zonen) in W/K wird wie folgt ermittelt:

$$H_T = F_{xi} . U_i . A_i + A . U_{WB} \text{ (W/K)} \qquad \text{(Formel 3.1)}$$

mit

F_{xi} Temperaturkorrekturfaktor des Bauteils

U_i Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteile W/(m^2 K)

A_i Wärmeübertragende Umfassungsfläche der Bauteile (m^2)

A Wärmeübertragende Umfassungsfläche (m^2)

U_{WB} 0,05 W/(m^2. K) Wärmebrückenzuschlag [SOM08]

- Ermittlung der wärmeübertragenden Umfassungsfläche A (m^2):

A ist die Summe aller Teilflächen, die das Gebäude bzw. den zu berechnenden Raum umgeben, z. B. den Wandanteil (A_{AW}), den Fensteranteil (A_W)...

$$\text{Beispiel: } A = A_{AW} + A_W + \ldots \qquad \text{(Formel 3.2)}$$

- Ermittlung der zugehörigen U-Werte (W/m^2 . K)

$$\text{Beispiel: } (U_{AW} . A_{AW}) + (U_w . A_W) + \qquad \text{(Formel 3.3)}$$

multiplizieren mit dem Temperaturkorrekturfaktor

$$\text{Beispiel: } 1{,}00 . (U_{AW} . A_{AW}) + (U_w . A_W) + 0{,}8 (U_D . A_D) + \ldots \qquad \text{(Formel 3.4)}$$

Dann wird der Wert auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogen [SOM08].

$$H_T = H_T / A \qquad \text{(Formel 3.5)}$$

Lüftungswärmeverlust :

Der spezifische Lüftungswärmeverlust H_V (W/K) wird wie folgt ermittelt:

$H = 0{,}190\ W/(k \cdot m^3)\ V_e\ (W/K)$ ohne Dichtheitsprüfung (Formel 3.6)

$H = 0{,}163\ W/(k \cdot m^3)\ V_e\ (W/K)$ mit Dichtheitsprüfung (Formel 3.7)

mit

V_e beheiztes Gebäudevolumen (m^3) [SOM08]

Unterscheidung zwischen Lüftungswärmeverlust H_V ohne mechanisch betriebene Lüftungsanlage und mit mechanisch betriebener Lüftungsanlage.

Der Lüftungswärmeverlust H_V (kWh/a) ohne mechanisch betriebene Lüftungsanlage wird wie folgt ermittelt:

$H_V = n.\ V.\ 0{,}34\ \ (W\ h/(m^3\ k))$ (Formel 3.8)

mit

n = Standard-Luftwechselrate

Ermittlung des anrechenbaren Luftvolumens V (m^3):

$V = 0{,}8\ V_e$ oder $V = 0{,}76\ V_e$ (Formel 3.9)

(bei Ein- und Zweifamilienhäusern bis 3 Vollgeschosse)

mit

V beheiztes Nettovolumen (m^3)

V_e Über Außenmaß berechnetes Bruttovolumen (m^3)

0,8 Festgelegte Werte

Der Lüftungswärmeverlust H_V (kWh/a) mit mechanisch betriebener Lüftungsanlage wird wie folgt ermittelt:

$$V = V_f + V_x \qquad \text{(Formel 3.10)}$$

mit

V_f mittlerer Luftvolumenstrom (Lüftungssytem)

V_x zusätzlicher Luftvolumenstrom (Wind, Auftrieb)

Die Lüftungswärmeverluste mit mechanisch betriebener Lüftungsanlage werden noch unterschiedlich berechnet nach:

- Lüftungsanlage mit mechanischer Wärmerückgewinnung
- Lüftungsanlage mechanisch betrieben mit elektrisch angetriebener Wärmepumpe[SOM08]

<u>Interne Wärmegewinne:</u>

Die internen Wärmegewinne Q_i (kWh/a) werden wie folgt ermittelt:

$$Q_i = 22\ (\text{kWh/m}^2.\text{a})\ .\ A_N\ \ (\text{kWh/a}) \qquad \text{(Formel 3.11)}$$

Nutzbare interne Wärmegewinne Q_i:

Interne Wärmegewinne dürfen bei Gebäuden berücksichtigt werden, jedoch höchstens bis zu einem Wert von

$$Q_i = 8{,}0\ .\ V\ (\text{kWh/a}). \qquad \text{(Formel 3.12)}$$

Bei lichten Raumhöhen von nicht mehr als 2,60 m können die nutzbaren, auf die Gebäudenutzfläche A_N bezogenen, internen Wärmegewinne höchstens wie folgt angesetzt werden:

$$Q_i = 25.A_N\,(\text{kWh/a}) \qquad \text{(Formel 3.13)}$$

Für Gebäude und Gebäudeteile mit vorgesehener ausschließlicher Nutzung als Büro- oder Verwaltungsgebäude werden andere Werte für die nutzbaren internen Wärmegewinne zugrunde gelegt [SOM08].

Solare Wärmegewinne

Nutzbare solare Wärmegewinne Q_S (kWh/a) aufgrund von Strahlungstransmission durch transparente Bauteile gelten bei außen liegenden Fenstern und Fenstertüren sowie bei Außentüren. Dabei muss der Glasanteil des Bauteils ≥ 60 % der gesamten Wandfläche betragen. Bei Fensteranteilen von mehr als ⅔ der Wandfläche darf der solare Gewinn nur bis zu dieser Größe berücksichtigt werden.

Die solaren Wärmegewinne Q_S (kWh/a) werden wie folgt ermittelt:

$$Q_S = (l_s)_{j,HP} \cdot 0{,}567\, g_i \cdot A_i \text{ (kWh/a)} \qquad \text{(Formel 3.14)}$$

mit

$(l_s)_{j,HP}$ Solare Einstrahlung in der Heizperiode je Orientierung

g Gesamtenergiedurchlassgrad (-)

g_i Gesamtenergiedurchlassgrad für senkrechte Einstrahlung

A Fläche der Fenster (m^2)

j Zählindex für Orientierungen

i Zählindex für Gesamtenergiedurchlassgrad [SOM08]

In Abhängigkeit von der Himmelsrichtung sind folgende Werte des Strahlungsangebotes l_s pro Heizperiode anzusetzen:

$l_{s\ j,HP}$ = 270 kWh/m^2 .a für Südost-Südwestorientierung

$l_{s\ j,HP}$ = 100 kWh/m^2 .a für Nordwest-Nordostorientierung

$l_{s\ j,HP}$ = 155 kWh/m^2 .a für restliche Orientierung

$l_{s\ j,HP}$ = 255 kWh/m^2 .a der Dachflächenfenster mit Neigung < 30°

Hierbei ist unter “Orientierung„ eine Abweichung der Senkrechten auf die Fensterflächen von nicht mehr als 45° von der jeweiligen Himmelsrichtung zu verstehen. In den Grenzfällen (NO,

NW, SO, SW) gilt jeweils der kleinere Wert für l_s. Fenster in Dachflächen mit einer Neigung ≥ 30° sind wie Fenster in senkrechten Flächen zu behandeln [SOM08].

Sind die Fensterflächen überwiegend verschattet, so ist der Wert l_s für die Nordorientierung anzusetzen.

Weitere zu berücksichtigende Faktoren sind:

- Ermittlung des Abminderungsfaktor Fc für Verschattung
- Gesamtenergiedurchlassgrad g der transparenten Bauteile
- Strahlungsabsorptionsgrad a verschiedener Oberflächen
- eventuell vorhandene Solarkollektorflächen

Eine gesonderte Ermittlung ist bei Wintergärten und transparenter Wärmedämmung anzusetzen.

Zu den genannten 4 beeinflussbaren Faktoren der bauphysikalischen Planung kommen folgende Aspekte hinzu, die berücksichtigt werden sollten:

- topografische Lage
- Klimaeinflüsse wie Sonne, Regen, Wind und Temperatur
- vorhandener bzw. geplanter Bewuchs, z. B. schützende Bäume, Sträucher, Kletterpflanzen
- Grundrissgestaltung, z. B. nordorientierte Nebenräume, Pufferzonen
- Gebäudeform und -größe
- Ausrichtung und Dimensionierung der Fenster
- passive Sonnenenergienutzung
- aktive Sonnenenergienutzung
- Art und Wahl der Heizung sowie Lüftung
- Art der Wärmerückgewinnung
- Formen der Wärmespeicherung
- Vermeidung von Wärmebrücken
- Feuchtigkeits- und Schlagregenschutz
- temporärer Wärmeschutz
- Luftdichtheit des Gebäudes [SOM08]

3.4 Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP)

Um die speziellen Berechnungsabläufe für die Realisierung eines Passivhauses zu berücksichtigen, wurde im Passivhaus Institut in Darmstadt, unter der Leitung von Dr. Wolfgang Feist, das PHPP entwickelt. Es ist ein Planungsinstrument, mit dem ein Passivhaus ausgelegt und die Planung optimal unterstützt werden kann. Alle wichtigen Planungsdetails, wie Wärmedämmung, Luftdichtheit, Vermeidung von Wärmebrücken, Passivhausfenster, Lüftung, Heizlast, Wärmebereitstellung, Sommer-Behaglichkeit u. a., werden unterstützt. Die Sensibilität eines Passivhauses in Bezug auf Veränderungen seiner Lage, Qualität oder Haustechnik wurde in Form von Eingabe exakter - nicht pauschalierter - Werte berücksichtigt.

Die EnEV 2002 ist allerdings weiterhin das gesetzmäßig verankerte, öffentlich-rechtliche Verfahren. Um dennoch verordnungskonforme Berechnungen durchzuführen oder nachzuweisen, wurde bei der vierten Ausgabe des PHPP 2002 die EnEV implementiert.

Das PHPP beinhaltet u. a.

• die Energiebilanzberechnung (mit U-Wert),

• die Auslegung der Heizlast,

• die Auslegung von Heizung und Warmwasserbereitung,

• die Projektierung der Fenster,

• die Projektierung der Komfortlüftung,

• die sommerliche Komfortaussage,

• den benötigten Passivhausnachweis für Förderungen sowie

• den Nachweis aus der EnEV.

Durch die einfache Modellstruktur kann bereits im sehr frühen Planungsstadium eine detaillierte Genauigkeit erzielt werden. Denn das Paket erfasst das Gebäude als eine Zone. Die Vereinfachungen liegen u. a. im übersichtlichen Berechnungsgang und führen zu einem geringeren Aufwand in der Datenerhebung, da lediglich die Daten der Hüllfläche des Gebäudes und der Lüftung errechnet werden müssen [SOM08].

4 ERSTES PASSIVHAUS

4.1 Darmstadt Kranichstein (Hessen)

Abb. 4.1 Ansicht erstes Passivhauses in Darmstadt [Quelle: www.passivhaustagung.de]

Erstes modernes Passivhaus weltweit. An diesem Bauprojekt wurden die Erfahrungen gesammelt, die zur allgemeinen Verfügbarkeit des Passivhausstandards führten.

Objekttyp:	Reihenhaus (Neubau)
Projektbeschreibung:	4 Wohneinheiten in Zeilenbauweise
Bauort:	D-64289 Darmstadt Kranichstein (Hessen)
Baujahr:	1991
Anzahl Wohn- / Nutzeinheiten:	4
Energiebezugsfläche nach PHPP:	156 m²
Konstruktion:	Massivbau

Außenwand:	KS-Mauerwerk, Wärmedämmverbundsystem mit 27,5 cm Wärmedämmung U-Wert = 0,14 W/(m²K)
Kellerdecke / Bodenplatte:	Stahlbetondecke, 25 cm Dämmstoff von unten U-Wert = 0,13 W/(m²K)
Dach:	Doppel-T-Holzleichtbauträger mit einer insgesamt 44,5 cm starken Einblasdämmung (Mineralwolle)U-Wert = 0,1 W/(m²K)
Fensterrahmen:	spezielle Dreifach-Wärmeschutzverglasung mit Kryptonfüllung. Diese Scheiben wurden in einen speziell entwickelten und handwerklich gefertigten Fensterrahmen eingesetzt. In einer Wohneinheit wurden im Rahmen eines Experiments seit 1994 durch gedämmte Fensterläden die nächtlichen Wärmeverluste über die Fenster weiter verringert U_w-Wert = 0,78 W/(m²K)
Verglasung:	U_g-Wert = 0,7 W/(m²K)
Eingangstür:	Fenstertür aus Holz mit zusätzlicher, handwerklich gefertigter Dämmung das RahmensU_d-Wert = 0,78 W/(m²K)
Lüftung:	kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (TemoVex, DK; gemessene Wärmerückgewinnung 80%
Heizung:	Ein wandhängendes Brennwertgerät (12 kW) für alle vier Häuser, sehr kleine Heizkörper an den Innenwänden
Warmwasser:	Solaranlage mit Vakuum-Flachkollektoren unterstützt vom Gas-Brennwert-Kessel
Luftdichtheit:	n_{50} = 0,22/h
Ökologische Aspekte:	Regenwassernutzung, Gründach, unversiegelte Hoffläche. Mülltrennung
Heizwärmebedarf:	10,5 kWh/(m²a) berechnet nach PHPP
Primärenergiebedarf:	30 kWh/(m²a) Wohn-/Nutzfläche für Heizung, Warmwasser, Hilfs- und Haushaltsstrom berechnet nach PHPP
Sonstiges:	Forschungsprojekt unter wissenschaftlicher Leitung des Darmstädter Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) und mit Unterstützung der Hessischen Landesregierung sowie der Stadt Darmstadt [PAS09]

5 Lage in der Türkei

20% des gesamten Imports werden für Energie ausgegeben, wobei der Energiebedarf jährlich ansteigt. 34% der erzeugten Energie gehen in Gebäuden verloren, wovon 80% für Heizzwecke benützt werden. Das Fehlen von ausreichender Wärmedämmung in 90% der Gebäude kostet der Türkei jährlich Jahr 7,5 Milliarden $.

Umweltbelastende Heizstoffe wie Kohle und Heizöl führen zu enormer Luftverschmutzung, welche im letzten Jahrzehnt durch die vermehrte Nutzung von Erdgas rückgängig ist.

Der erste Wärmedämmstandard TS 825 wurde im Jahr 2000 in Kraft gesetzt. Seit 2008 gilt zwar eine durch ISO 9164 und EN 832 aktualisierte Version vom TS 825, die erzielten Grenzen jedoch von den Passivhauskriterien weit entfernt.

5.1 TS (Türkischer Standard) 825

Mittels dieses Standards wurde die Türkei in vier verschiedene Klimagebiete eingeteilt mit definierten Grenzen des max. Jahresheizwärmebedarfs um somit eine Energieeinsparung zu erzielen.

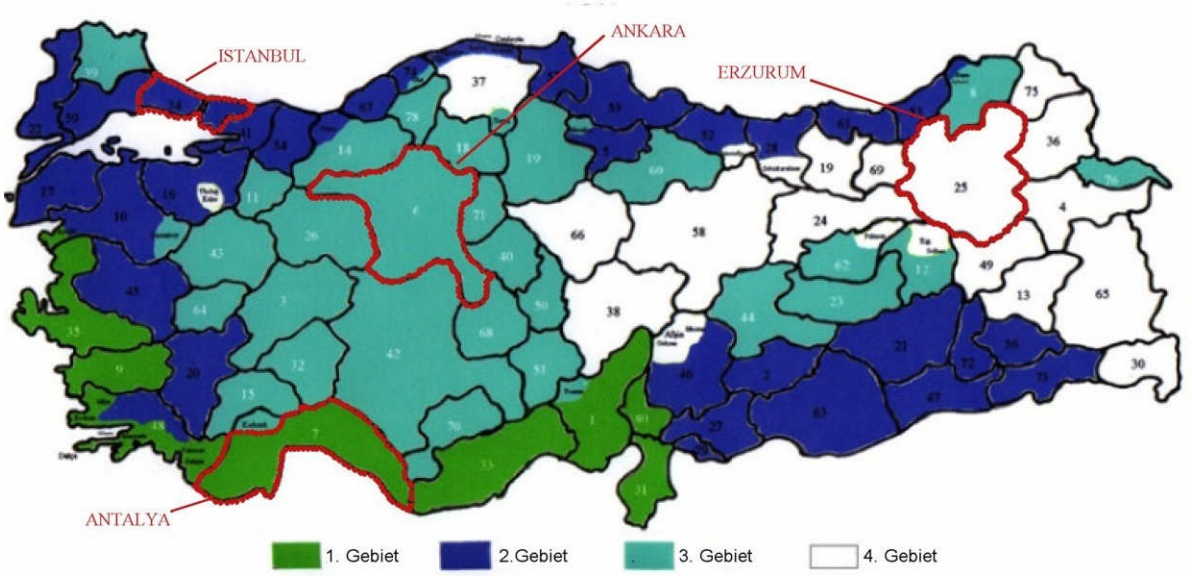

Abb.5.1 Klimatischegebiete nach TS 825 und gewählte Städte

	h (m)	**für A/V ≤ 0,2**	**für 0,2<A/V<1,05**	**für A/V ≥1,05**	Einheit
Q für 1. GEBIET	h ≤ 2,6m Bezogen auf A_N	19,2	44,1A/V+10,4	56,7	kWh/m^2
	h > 2,6m Bezogen auf V	6,2	14.1A/V+3,4	18,2	kWh/m^3
Q für 2. GEBIET	h ≤ 2,6m Bezogen auf A_N	38,4	70A/V+24,4	97,9	kWh/m^2
	h > 2,6m Bezogen auf V	12,3	22,4A/V+7,8	31,3	kWh/m^3
Q für 3. GEBIET	h ≤ 2,6m Bezogen auf A_N	51,7	76,3A/V+36,4	116,5	kWh/m^2
	h > 2,6m Bezogen auf V	16,6	24,4A/V+11,7	37,3	kWh/m^3
Q für 4. GEBIET	h ≤ 2,6m Bezogen auf A_N	67,3	82,8A/V+50,7	137,6	kWh/m^2
	h > 2,6m Bezogen auf V	21,6	26,5 A/V+ 16,3	44,1	kWh/m^3

Tabelle 5.1 Heizwärmebedarfgrenzen nach TS 825

Q : Jährlicher Heizwärmebedarf (kWh/m^2)

H : Geschoßhöhe (m)

A/V : Wärmeübertragende Umfassungsfläche (m²) / Beheizte Brutto-Gebäudevolumen (m^3)

A_N : Gebäude Nutzfläche (m²) [TSE98]

Neben den Grenzen des Heizwärmebedarfs beinhaltet das TS 825 Standard auch die empfohlene U- Werte für die umschliessenden Bauteile eines Gebäudes.

	U_D (W/m²K)	U_T (W/m²K)	U_t (W/m²K)	U_P (W/m²K)
1. Gebiet	0,80	0,50	0,80	2,80
2. Gebiet	0,60	0,40	0,60	2,60
3. Gebiet	0,50	0,30	0,45	2,60
4. Gebiet	0,40	0,25	0,40	2,40

Tabelle 5.2 Empfohlene U -Werte in der Türkei nach TS 825

U_D : Außenwand U-Wert

U_T : Dachschräge Dachboden U-Wert

U_t : Bodenplatte U-Wert

U_P : Fenster U-Wert [TSE98]

5.2 TS 825 Berechnungsverfahren

Jährliches Heizwärmebedarf:

$$Q_{yıl} = \Sigma\, Q_{ay} \qquad \text{(Formel 5.1)}$$

$Q_{yıl}$ und Q_{ay} : Jährlich und monatlich Heizwärmebedarf (Joule)

$$Q_{ay} = [H\,(T_{iç} - T_{dış,ay}) - \eta_{ay}\,(\phi_i + \phi_{g,ay})]\,.\,t \qquad \text{(Formel 5.2)}$$

H: Wärmeverlust von Gebäude (W/K)

Tiç: Innentemperatur (°C)

$T_{dış,ay}$: Mittlere Außentemperatur (K,°C);

ϕ_i : Interne Wärmegewinne (W)

$\phi_{g,ay}$: Monatliche solare Wärmegewinne (W);

η_{ay} : Monatlich mittlere Gewinn nutzungsfaktör (-<1);

t: Zeit in Sekunde (Monatsweise ; 60x60x24x30 Sekunde)

<u>Verluste:</u>

$H = H_i + H_h$ (Formel 5.3)

H_i: Transmissionswärmeverlust (W/K)

H_h: Lüftungswärmeverlust (W/K)

<u>Gewinne</u>

- Interne Wärmegewinne:

Für Verwaltungsgebaude monatlicher Interne Gewinn; $\phi_i \leq 10.\ A_N$ (W)
Für Wohnung monatlicher Interne Gewinn; $\phi_i \leq 5.\ A_N$ (W)

A_N : Gebäude Nutzfläche (m²)

- Solare Gewinne:

$$\phi_{g,ay} = \Sigma\, r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \qquad \text{(Formel 5.4)}$$

$\phi_{g,ay}$: Monatlicher Solar Gewinn (W)

i: Zählindex für Orientierungen

A_i : Glasfläche der Fenster (m^2)

$I_{i,ay}$: solare Einstrahlung je Orientierung (W/m^2)

$g_{i,ay}$: Energiedurchlassgrad je Orientierung (-)

$r_{i,ay}$: Monatliche Verschattungsfaktor je Orientierung (-)

$g_{\perp}$ Energiedurchlassgrad für senkrechte Einstrahlung (-) [TSE98]

Die Türkei hat ein relativ großes Solarstrahlungspotential, das für solaren Gewinn wichtig ist.

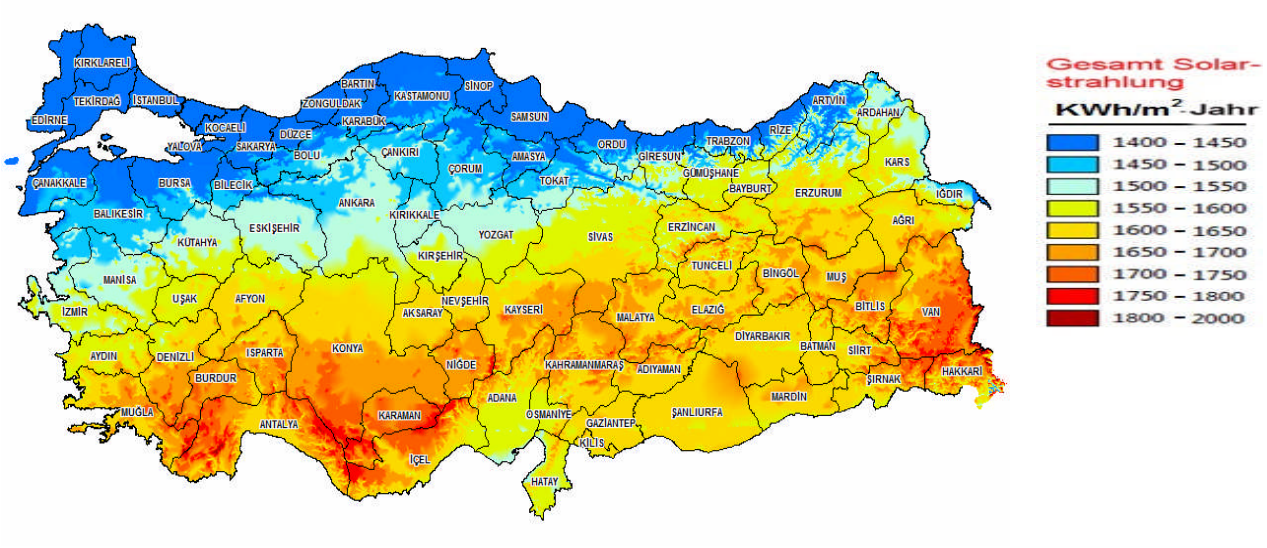

Abb 5.2 Solarstrahlungskarte für die Türkei [EIE09]

6 Berechnungen für die Türkei

Im Rahmen dieser Arbeit wurden vier Städte, die sich in verschiedenen Klimagebieten der Türkei befinden ausgewählt (Antalya als heißeste Stadt aus dem ersten Gebiet, Istanbul als größte Stadt aus dem zweiten Gebiet, Ankara als Hauptstadt aus dem dritten Gebiet und Erzurum als kälteste Stadt aus dem vierten Gebiet - siehe Abb. 5.1) und ein Optimum des Passivhauskonzeptes für diese Regionen eruiert und analysiert.

Als Beispielgebäude wurde das erste Passivhaus aus Darmstadt genommen und für verschiedene Standorte in der Türkei simuliert. Dabei wurden die Dämmstärken, Fensterflächenanteil und Orientierung, Verschattung etc. variiert. Alle Bauteile und Komponenten des Passivhauses aus Darmstadt wurden übernommen.
Klimadaten der Türkei sind in der Software PHPP 2007 nicht verfügbar. Außer der deutschen Klimadaten stehen in der deutschsprachigen Fassung des PHPP 2007-Programms, Klimadaten aus Österreich, der Schweiz, den Benelux - Staaten, verschiedene Städten Europas sowie für Nordamerika zur Verfügung [PHI07].

Um Klimadaten der Türkei zu berechnen, wurde die Software Meteonorm verwendet. Meteonorm ist ein Programm, zur Berechnung und Simulation von Klimadaten. Mittels Meteonorm berechnete Klimadaten der türkischen Städte wurden für die Datenbank des PHPP 2007-Programms vorbereitet und als “Eigene Daten„ ins Programm integriert.

6.1 Antalya

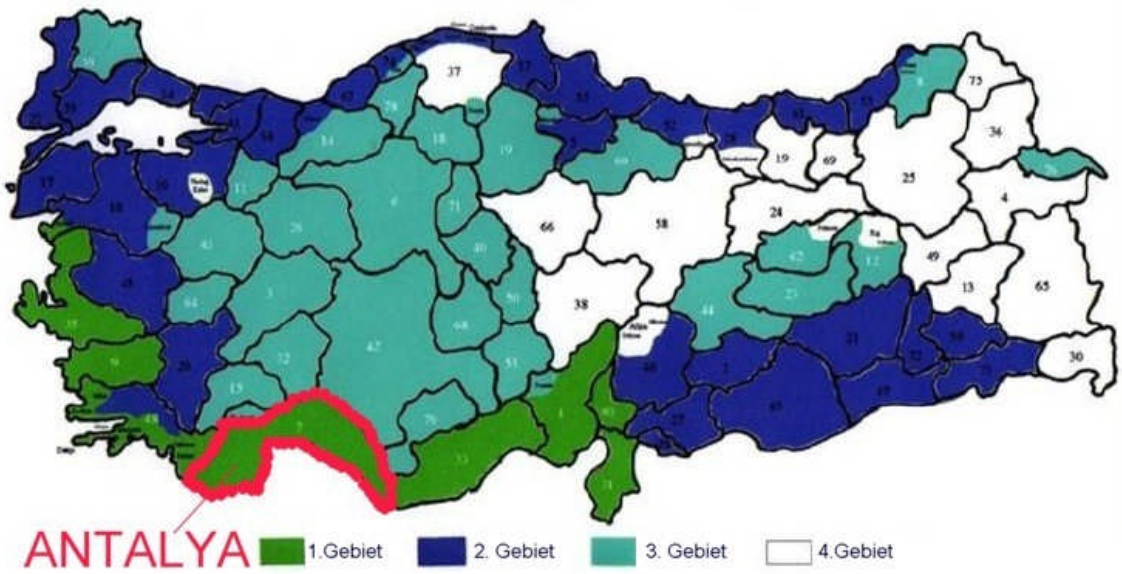

Abb.6.1 Standort von Antalya

Antalya befindet sich im 1. Gebiet der Türkei und mittels der Software Meteonorm 6,025 wurden die Klimadaten in Abhängigkeit von den unten stehenden Werten berechnet.

Geogr. Breite [°] = 36,890,

Geogr. Länge [°] = 30,700,

Höhe [m] = 0,

Klimaregion = IV, 1 (für Meteonorm)

Albedo = fix (Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden, also nicht selbst leuchtenden Oberflächen.)

Strahlungsmodell = Standard (Stunde);

Temperaturmodell = Standard (Stunde)

Modell für geneigte Flächen = Perez

Temperatur: Neue Periode = 1996-2005

Strahlung: Neue Periode = 1981-2000

Ta: Nur 3 Station(en) für Interpolation

Rh: Nur 3 Station(en) für Interpolation

RR: Nur 1 Station(en) für Interpolation

FF: Nur 3 Station(en) für Interpolation

Nächste Station: Gh: Mugla (212 km), Ta: Antalya (21 km)

tägl. Temperaturschwankung Sommer : 10,1 K [MET25]

6.1.1 Klimadaten von Antalya

ANTALYA													
Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Einheit
Außentemp.	11,4	11,7	13	15,7	20,7	25,4	28,7	28,7	25,6	21,3	16,3	12,8	°C
Nord	18	21	29	35	46	56	54	36	28	24	19	17	kWh/(m².Monat)
Ost	46	59	84	104	117	127	133	119	108	77	54	45	kWh/(m².Monat)
Süd	114	113	124	111	92	81	89	113	139	148	123	117	kWh/(m².Monat)
West	48	55	83	102	116	123	130	119	104	83	51	43	kWh/(m².Monat)
global	74	92	138	178	213	224	235	217	177	130	84	70	kWh/(m².Monat)
Taupunkt	3,9	3,2	5,2	9,3	13,6	15,5	18,2	19	15	11,2	8,3	5,8	°C
Himmelstemp	-1,8	-3,1	-0,9	2,9	7,8	9,9	13,3	15,4	9,9	6,8	3,4	0,6	°C

Tabelle 6.1 Klimadaten von Antalya [MET25]

Außentemp:	Aussenlufttemperatur in °C, Monatsmittelwerte
Strahlung:	Monatssummen in kWh/(m^2 Monat)
Ost:	Globalstrahlung auf die Nordfassade, berechnet mit Albedo 0.1
Sued:	Globalstrahlung auf die Ostfassade, berechnet mit Albedo 0.175
West:	Globalstrahlung auf die Südfassade, berechnet mit Albedo 0.25
Nord:	Globalstrahlung auf die Westfassade, berechnet mit Albedo 0.175
Global:	Globalstrahlung auf die Horizontale
Taupunkt:	Monatsmittelwert der Taupunkttemperatur in °C
Himmelstemp:	Monatsmittelwert der äquivalente Himmelstemperatur in °C [MET25]

Zur Berechnung der Heizlast und der Kühllast sind Heiz - bzw. Kühllastdaten erforderlich. Obwohl die meisten Datensätze der verschiedenen Standorte bereits im Software PHPP enthalten sind, mussten

die Klimadaten für Heizlast und Kühllast der Türkei mittels der Software Meteonorm 6.025 berechnet werden. Die regenerierten Daten für Antalya sind in der Tabelle 6.2 dargestellt.

ANTALYA	Heizlast		Kühllast	Einheit
	W 1	W 2		
Außentemp	7,2	10,1	33,5	°C
Nord	23	22	69	W/m²
Ost	69	47	192	W/m²
Süd	145	73	125	W/m²
West	46	28	192	W/m²
global	93	63	337	W/m²
Heizgradstunde (12/20)			18764	h
Kühllaststunde (25)			9537	h

Tabelle 6.2 Klimadaten von Antalya zur Berechnung der Heizlast [MET25]

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Unterer Wert: 12 °C

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Oberer Wert: 20 °C

Kritische Temperatur für Kühlgradstunden: 25 °C

Heizlasten (Anzahl kalte Tage): Statistik basiert auf: Kältester Periode / Gewichtung aus kält. und trübster Periode

Kühllasten (Anzahl Heiße Tage): Statistik basiert auf: Mittelwerte

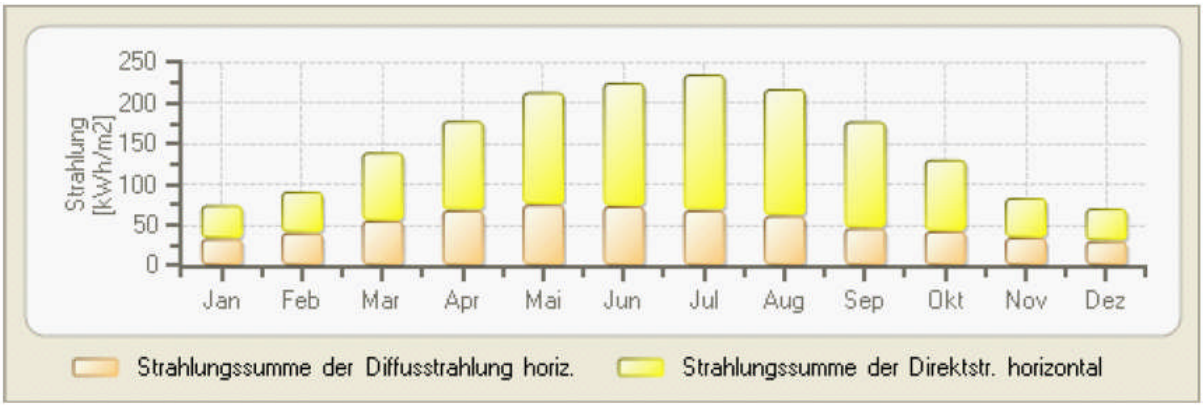

Abb. 6.2 Strahlungswerte für Antalya [MET25]

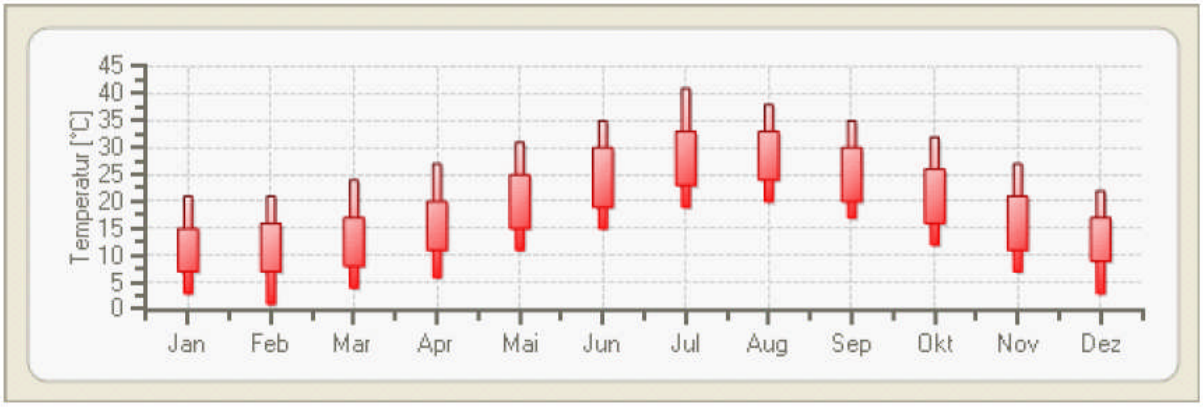

Abb. 6.3 Monatsmittelwerte der Temperaturen für Antalya [MET25]

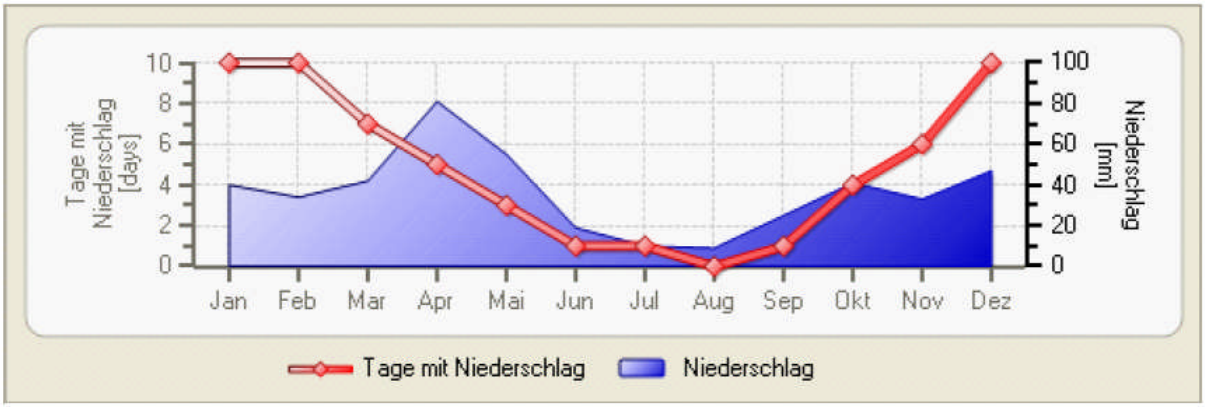

Abb.6.4 Niederschlag für Antalya [MET25]

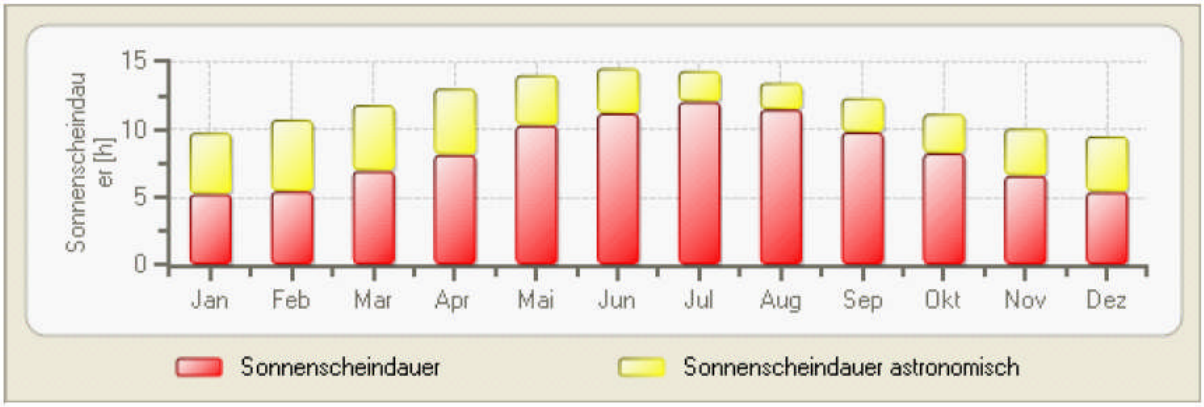

Abb.6.5 Sonnenscheindauer für Antalya [MET25]

6.1.3 Ergebnisse von Antalya

Standort und Klima:	ANTALYA (1. GEBIET)
Land:	Türkei
Objekt-Typ:	Reihenhaus/Wohnungen
Zahl WE:	1,00
Umbautes Volumen Ve:	665,00 m^2
Personenzahl:	4,50
Innentemperatur:	20,00 °C
Interne Wärmequellen	2,10 W/m^2

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiebezugsfläche:	**156,00** m^2		
Energiekennwert Heizwärmebedarf :	**0,00** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	ja
Drucktest-Ergebnis:	**0,22** h^{-1}	**0,6** h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**33,68** $kWh/(m^2a)$	**120** $kWh/(m^2a)$	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**7,36** $kWh/(m^2a)$		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33** $kWh/(m^2a)$		
Heizlast:	**0,10** W/m^2		
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**59,74** %		
Energiekennwert Nutzkälte:	**28,51** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	nein
Kühllast:	**13,26** W/m^2		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80** m^2	Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**5,40** $kWh/(m^2a)$	**40** $kWh/(m^2a)$	ja

Tabelle 6.3 PHPP Ergebnisse für Antalya [PHI10]

6.1.3 Analyse für Antalya

MAßNAHMEN UND ÄNDERUNGEN	**Darmstadt Projekt in Antalya**	A 1.5 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	B 5 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	C 10 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	D Verschattunsfaktor für süd und westseitige Fenster r_{so} 0%	E Maßnahme C + Maßnahme D	Einheit
Energiekennwert Heizwärmebedarf:	**0,00**	11,07	0,43	0,00	0,00	0,00	kWh/(m²a)
Drucktest-Ergebnis:	**0,22**	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	h^{-1}
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**33,68**	73,98	62,61	63,32	49,69	53,72	kWh/(m²a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**7,36**	20,44	7,87	7,36	7,36	7,36	kWh/(m²a)
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33**	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	kWh/(m²a)
Heizlast:	**0,10**	15,80	5,60	2,53	0,10	2,53	W/m²
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**59,74**	42,63	47,74	52,62	40,87	39,01	%
Energiekennwert Nutzkälte:	**28,51**	43,26	33,61	30,47	12,35	15,48	kWh/(m²a)
Kühllast:	**13,26**	29,41	19,84	16,17	10,04	12,96	W/m²
Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV							
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80**						m²
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**5,40**	14,99	5,77	5,77	5,40	5,39	kWh/(m²a)

Tabelle 6.4 Maßnahmen und Änderungen für Antalya

In der ersten Spalte befinden sich Ergebnisse des Darmstadt-Passivhauses unter Klimabedingungen von Antalya. Auffällig ist das Kühlungsproblem, welches mittels beeinflussbarer Komponenten reduziert werden muss. Rot hinterlegte Ergebnisse erfüllen die Passivhauskriterien nicht. In der letzten Spalte E befinden sich die Ergebnisse der Kombination von C und D, die alle Passivhauskriterien erfüllen. In Antalya entsteht durch große Solarstrahlungswerte hoher solarer Gewinn, welche mit gezielten Maßnahmen reduziert werden muss. In Antalya kann mittels Solaranlagen-, bzw. Kollektoren, das Konzept Plusenergiehaus angewendet werden. (Wird mehr Energie erzeugt als selbst verbraucht, spricht man von einem Plusenergiehaus.)

6.2 Istanbul

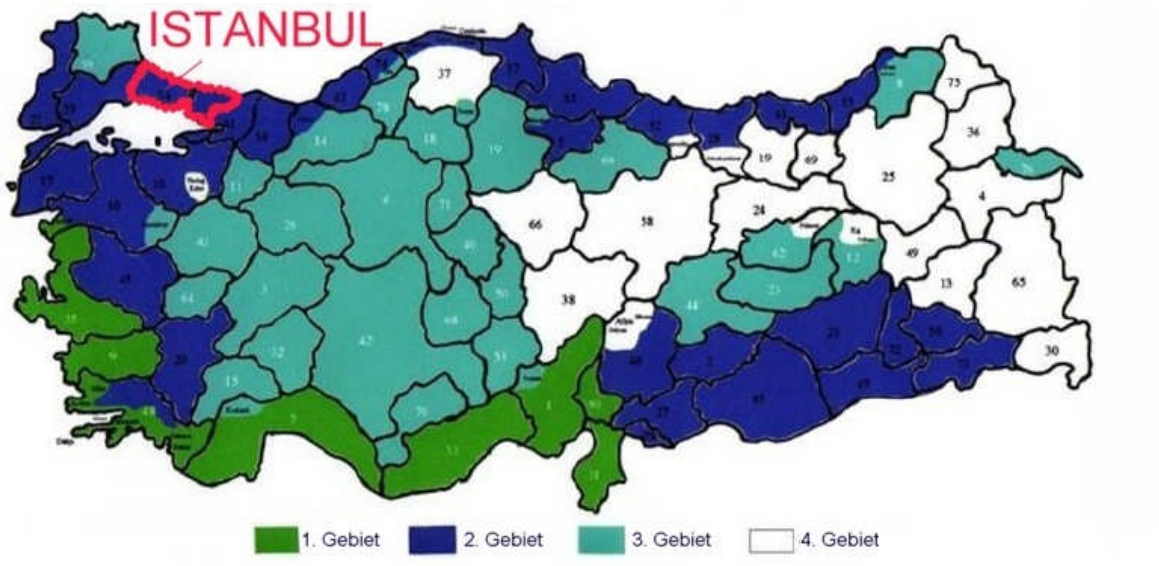

Abb.6.6 Standort von Istanbul

Istanbul befindet sich im 2. Gebiet der Türkei und mittels der Software Meteonorm 6,025 wurden die Klimadaten in Abhängigkeit von den unten stehenden Werten berechnet.

Geogr. Breite [°] = 41,030,

Geogr. Länge [°] = 28,950,

Höhe [m] = 2,

Klimaregion = IV, 1(für Meteonorm)

Albedo = fix (Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden, also nicht selbst leuchtenden Oberflächen.)

Strahlungsmodell = Standard (Stunde); Temperaturmodell = Standard (Stunde)

Modell für geneigte Flächen = Perez

Temperatur: Neue Periode = 1996-2005

Strahlung: Neue Periode = 1981-2000

RR: Nur 1 Station(en) für Interpolation

SD: Nur 1 Station(en) für Interpolation

Gh: Verwendung von vorberechneter Karte, die auf Boden- und Satellitendaten basiert, wegen niedriger Stationsdichte., Ta: Istanbul/Atatürk Ab (13 km)

tägl. Temperaturschwankung Sommer : 7,1 K [MET25]

6.2.1 Klimadaten von Istanbul

ISTANBUL													
Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Einheit
Außentemp	6,2	6,1	7,9	12,2	17,5	22,2	25,3	24,9	20,8	16,5	12,1	8,3	°C
Nord	15	18	28	35	48	53	52	40	28	23	15	14	kWh/(m².Monat)
Ost	34	38	60	88	116	116	123	104	71	56	31	29	kWh/(m².Monat)
Süd	79	81	94	100	93	86	91	104	101	100	71	73	kWh/(m².Monat)
West	35	43	64	86	108	108	110	102	77	56	34	31	kWh/(m².Monat)
global	52	65	105	152	193	201	204	180	122	88	51	45	kWh/(m².Monat)
Taupunkt	2,8	2,3	3,2	6,8	11,3	14,9	17,9	18,4	14,8	11,8	8,2	4,5	°C
Himmelstemp	-4,3	-4,7	-3,6	0,4	5	9,5	12,9	14	9,7	6,7	3	-1,8	°C

Tabelle 6.5 Klimadaten von Istanbul [MET25]

Außentemp:	Aussenlufttemperatur in °C, Monatsmittelwerte
Strahlung:	Monatssummen in kWh/(m^2 Monat)
Ost:	Globalstrahlung auf die Nordfassade, berechnet mit Albedo 0.1
Sued:	Globalstrahlung auf die Ostfassade, berechnet mit Albedo 0.175
West:	Globalstrahlung auf die Südfassade, berechnet mit Albedo 0.25
Nord:	Globalstrahlung auf die Westfassade, berechnet mit Albedo 0.175
Global:	Globalstrahlung auf die Horizontale
Taupunkt:	Monatsmittelwert der Taupunkttemperatur in °C
Himmelstemp:	Monatsmittelwert der äquivalente Himmelstemperatur in °C [MET25]

Zur Berechnung der Heizlast und der Kühllast erforderlichen Heiz - bzw. Kühllastdaten für Istanbul sind in der Tabelle 6.6 ersichtlich. Diese Datensätze wurden mittels der Software Meteonorm 6.025 regeneriert und für die Berechnung mit PHPP Software vorbereitet.

ISTANBUL	Heizlast		Kühllast	Einheit
	W 1	W 2		
Außentemp	0,4	1,8	28,8	°C
Nord	21	18	67	W/m²
Ost	44	39	195	W/m²
Süd	89	67	143	W/m²
West	42	30	189	W/m²
global	63	52	331	W/m²
Heizgradstunde (12/20)			44666	h
Kühllaststunde (25)			2454	h

Tabelle 6.6 Klimadaten von Istanbul zur Berechnung der Heizlast [MET25]

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Unterer Wert: 12 °C

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Oberer Wert: 20 °C

Kritische Temperatur für Kühlgradstunden: 25 °C

Heizlasten (Anzahl kalte Tage): Statistik basiert auf: Kältester Periode / Gewichtung aus kält. und trübster Periode

Kühllasten (Anzahl Heiße Tage): Statistik basiert auf: Mittelwerte

Abb. 6.7 Strahlungswerte für Istanbul [MET25]

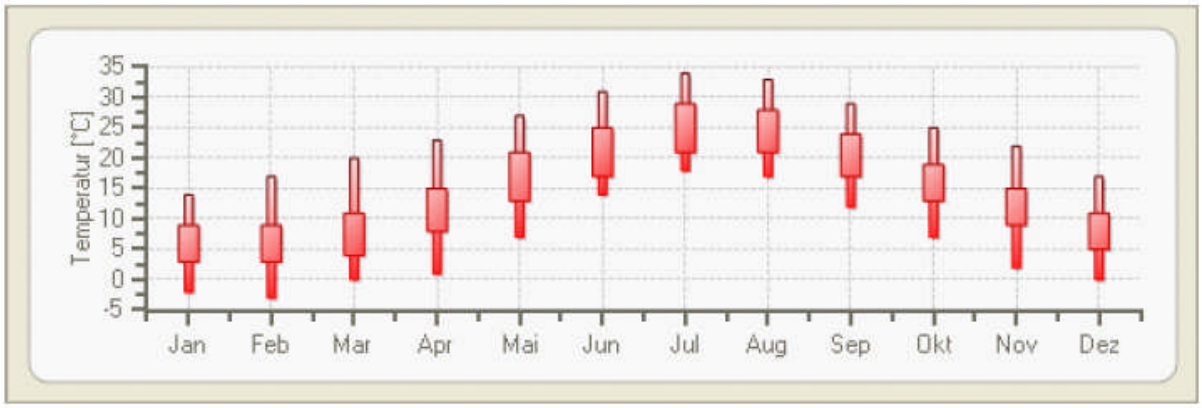

Abb. 6.8 Monatsmittelwerte der Temperaturen für Istanbul [MET25]

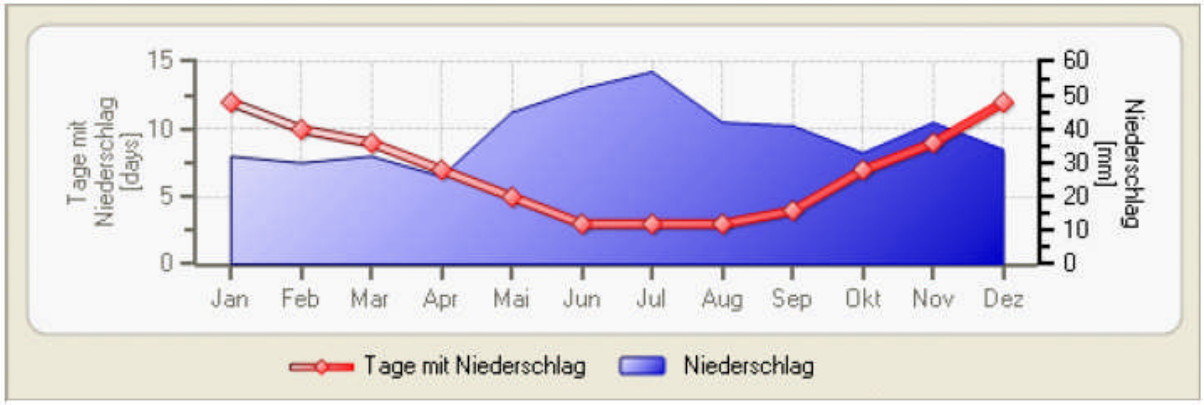

Abb.6.9 Niederschlag für Istanbul [MET25]

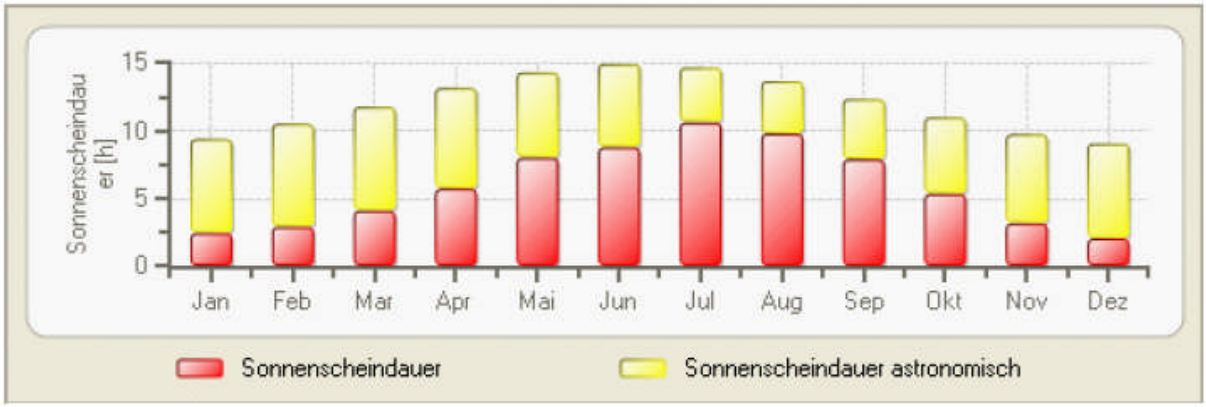

Abb.6.10 Sonnenscheindauer für Istanbul [MET25]

6.2.2 Ergebnisse von Istanbul

Standort und Klima:	ISTANBUL (2. GEBIET)
Land:	Türkei
Objekt-Typ:	Reihenhaus/Wohnungen
Zahl WE:	1,00
Umbautes Volumen Ve:	665,00 m^2
Personenzahl:	4,50
Innentemperatur:	20,00 °C
Interne Wärmequellen	2,10 W/m^2

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiebezugsfläche:	**156,00** m^2		
Energiekennwert Heizwärmebedarf:	**0,07** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	ja
Drucktest-Ergebnis:	**0,22** h^{-1}	**0,6** h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**57,64** $kWh/(m^2a)$	**120** $kWh/(m^2a)$	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**13,58** $kWh/(m^2a)$		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33** $kWh/(m^2a)$		
Heizlast:	**4,64** W/m^2		
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**38,05** %		
Energiekennwert Nutzkälte:	**11,99** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	ja
Kühllast:	**9,79** W/m^2		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80** m^2	Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**9,96** $kWh/(m^2a)$	**40** $kWh/(m^2a)$	ja

Tabelle 6.7 PHPP Ergebnisse für Istanbul [PHI10]

6.2.3 Analyse für Istanbul

MAßNAHMEN UND ÄNDERUNGEN	Darmstadt Projekt in Istanbul	A 4 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	B 8 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	C 9 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	D 30 cm Dachdämmung statt 40 cm	E Maßnahme C+ Maßnahme D	Einheit
Energiekennwert Heizwärme:	**0,07**	21,47	7,72	6,12	0,14	6,74	kWh/(m^{2}a)
Drucktest-Ergebnis:	**0,22**	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	h^{-1}
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**57,64**	80,49	65,23	63,53	57,53	64,11	kWh/(m^{2}a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**13,58**	38,21	22,32	20,48	13,65	21,19	kWh/(m^{2}a)
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33**	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	kWh/(m^{2}a)
Heizlast:	**4,64**	17,64	10,73	9,82	4,96	10,16	W/m^2
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**38,05**	29,96	32,59	33,00	37,37	32,77	%
Energiekennwert Nutzkälte:	**11,99**	12,82	12,12	12,07	11,86	11,98	kWh/(m^{2}a)
Kühllast:	**9,79**	14,60	12,12	11,79	9,86	11,86	W/m^2
Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV							
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80**						m^2
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**9,96**	28,01	16,36	15,01	10,01	15,53	kWh/(m^{2}a)

Tabelle 6.8 Maßnahmen und Änderungen für Istanbul

In der ersten Spalte befinden sich Ergebnisse des Darmstadt-Passivhauses unter Klimabedingungen von Istanbul, wobei alle Ergebnisse die Kriterien eines Passivhauses erfüllen. Um Kosten zu reduzieren, was in der Türkei für die Auswahl des Baukonzeptes ausschlaggebend ist, wurde hier eine ökonomische Variante des Passivhauskonzeptes, den klimatischen Bedingungen entsprechend optimiert, gesucht. In der letzten Spalte befinden sich die Ergebnisse der Kombination von C und D, die alle Passivhauskriterien erfüllen und sich als optimal aufweisen. Diese Kombination ist nicht einzige optimale Lösung. Da das Klima im Istanbul nicht extrem ist, kann man mittels verschiedenen Maßnahmen die Passivhauskriterien erfüllen. Das Optimum hängt von Kosten und Vorteilen ab.

6.3 Ankara

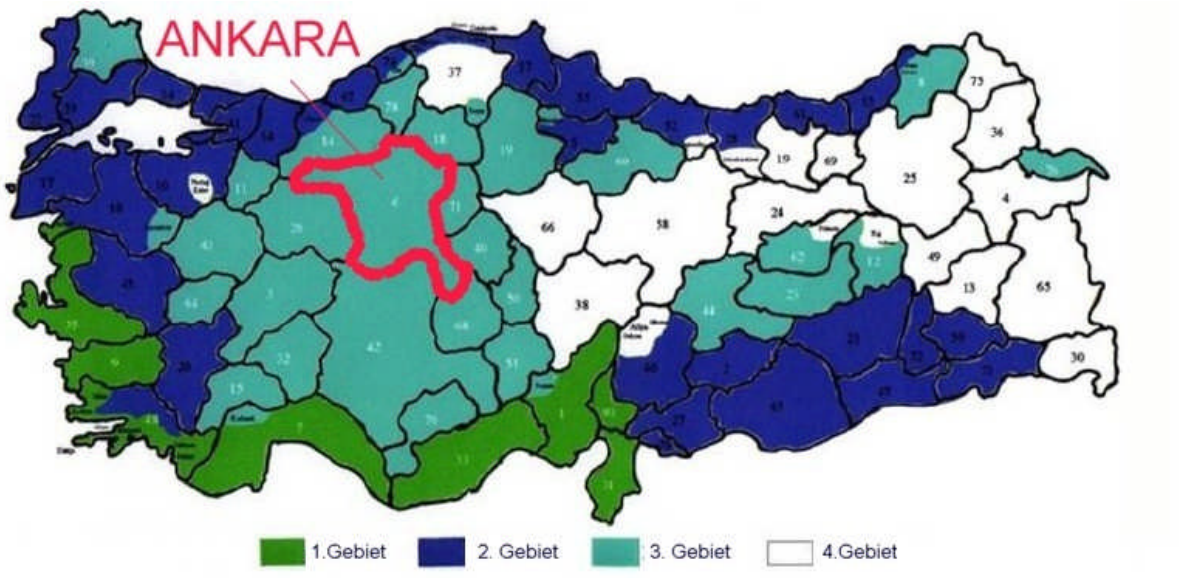

Abb.6.11 Standort von Ankara

Ankara befindet sich im 3. Gebiet der Türkei und mittels der Software Meteonorm 6,025 wurden die Klimadaten in Abhängigkeit von den unten stehenden Werten berechnet.

Standortname = ANKARA TU

Geogr. Breite [°] = 39,920,

Geogr. Länge [°] = 32,830,

Höhe [m] = 872,

Klimaregion = III, 10 (für Meteonorm)

Albedo = fix (Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden, also nicht selbst leuchtenden Oberflächen.)

Strahlungsmodell = Standard (Stunde);

Temperaturmodell = Standard (Stunde)

Modell für geneigte Flächen = Perez

Temperatur: Neue Periode = 1996-2005

Strahlung: Neue Periode = 1981-2000

Gh: Nur 4 Station(en) für Interpolation

RR: Nur 2 Station(en) für Interpolation

RD: Nur 4 Station(en) für Interpolation

Nächste Station: Gh: Ankara (6 km), Ta: ETIMESGUT (13 km)

Tägl. Temperaturschwankung Sommer : 13,0 K [MET25]

6.3.1 Klimadaten von Ankara

ANKARA													
Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Einheit
Außentemp	0,2	1,3	5	10,1	15,5	19,3	23,6	22,8	17,4	12	6,1	1,7	°C
Nord	14	18	28	33	48	54	53	36	28	24	16	14	kWh/(m².Monat)
Ost	35	43	69	95	125	126	143	125	101	73	49	28	kWh/(m².Monat)
Süd	87	93	109	104	95	88	100	121	139	142	121	77	kWh/(m².Monat)
West	34	50	73	91	108	129	136	123	99	78	51	36	kWh/(m².Monat)
global	54	71	121	159	203	225	243	218	165	117	72	47	kWh/(m².Monat)
Taupunkt	-3,4	-3,7	-2,3	2,5	6,7	8,8	10,3	10	6,8	3,9	0,6	-1,7	°C
Himmelstemp.	-11,4	-12,7	-9,8	-4,5	0,3	3,1	4,6	5,5	1	-3	-7,6	-10,1	°C

Tabelle 6.9 Klimadaten von Ankara [MET25]

Außentemp.: Außenlufttemperatur in °C, Monatsmittelwerte

Strahlung: Monatssummen in kWh/(m^2 Monat)

Ost: Globalstrahlung auf die Nordfassade, berechnet mit Albedo 0.1

Sued: Globalstrahlung auf die Ostfassade, berechnet mit Albedo 0.175

West: Globalstrahlung auf die Südfassade, berechnet mit Albedo 0.25

Nord: Globalstrahlung auf die Westfassade, berechnet mit Albedo 0.175

Global: Globalstrahlung auf die Horizontale

Taupunkt: Monatsmittelwert der Taupunkttemperatur in °C

Himmelstemp: Monatsmittelwert der äquivalente Himmelstemperatur in °C [MET25]

Zur Berechnung der Heizlast und der Kühllast sind Heiz - bzw. Kühllastdaten erforderlich. Obwohl die meisten Datensätze der verschiedenen Standorte bereits im Software PHPP enthalten, mussten die Klimadaten für Heizlast und Kühllast der Türkei mittels der Software Meteonorm 6.025 berechnet werden. In der Tabelle 6.10 sind die Daten von Ankara dargestellt.

ANKARA	Heizlast		Kühllast	Einheit
	W 1	W 2		
Außentemp	-6,9	-0,9	28,1	°C
Nord	22	15	68	W/m²
Ost	38	24	197	W/m²
Süd	79	53	139	W/m²
West	38	26	200	W/m²
global	64	43	340	W/m²
Heizgradstunde (12/20)			75961	h
Kühllaststunde (25)			2563	h

Tabelle 6.10 Klimadaten von Ankara zur Berechnung der Heizlast [MET25]

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Unterer Wert: 12 °C

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Oberer Wert: 20 °C

Kritische Temperatur für Kühlgradstunden: 25 °C

Heizlasten (Anzahl kalte Tage): Statistik basiert auf: Kältester Periode / Gewichtung aus kält. und trübster Periode

Kühllasten (Anzahl Heiße Tage): Statistik basiert auf: Mittelwerte

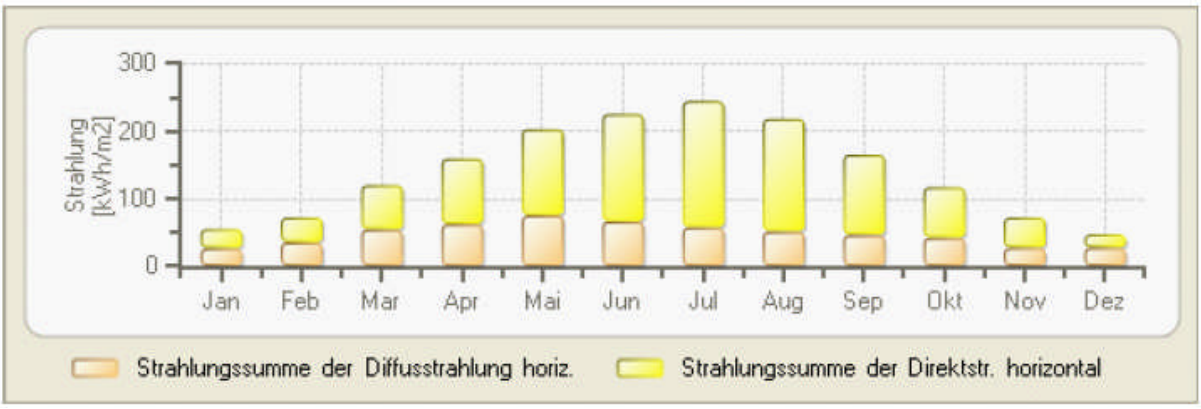

Abb. 6.12 Strahlungswerte für Ankara [MET25]

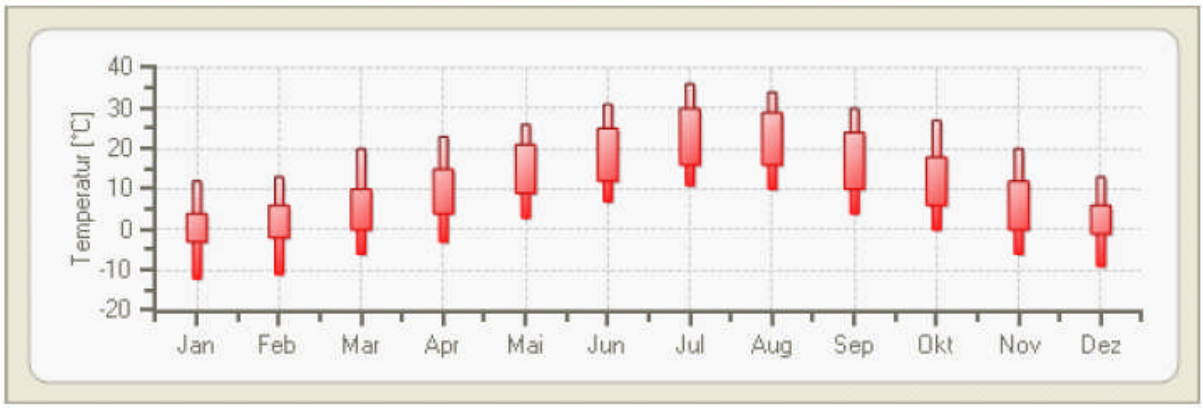

Abb. 6.13 Monatsmittelwerte der Temperaturen für Ankara [MET25]

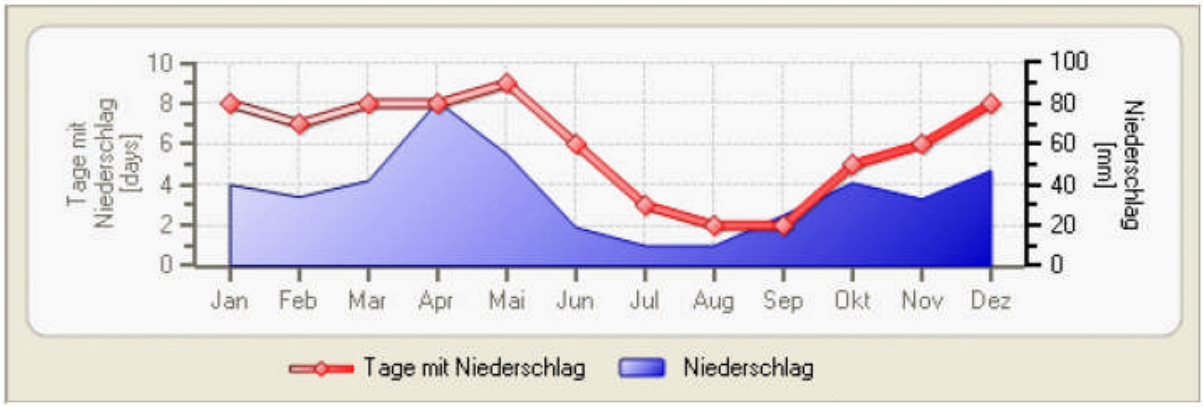

Abb.6.14 Niederschlag für Ankara [MET25]

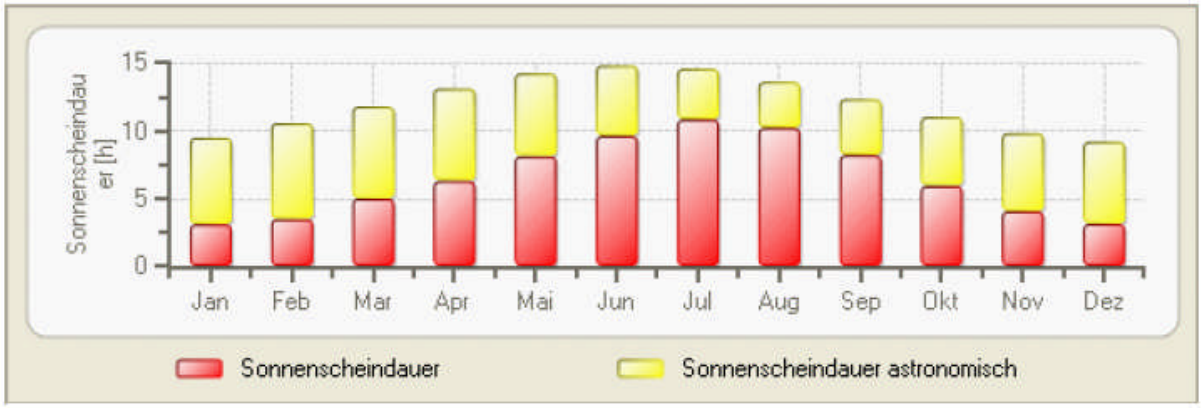

Abb.6.15 Sonnenscheindauer für Ankara [MET25]

6.3.2 Ergebnisse von Ankara

Standort und Klima:	ANKARA (3. GEBIET)
Land:	Türkei
Objekt-Typ:	Reihenhaus/Wohnungen
Zahl WE:	1,00
Umbautes Volumen Ve:	665,00 m^2
Personenzahl:	4,50
Innentemperatur:	20,00 °C
Interne Wärmequellen	2,10 W/m^2

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiebezugsfläche:	**156,00** m^2		
Energiekennwert Heizwärmebedarf:	**3,18** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	ja
Drucktest-Ergebnis:	**0,22** h^{-1}	**0,6** h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**49,70** $kWh/(m^2a)$	**120** $kWh/(m^2a)$	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**15,94** $kWh/(m^2a)$		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33** $kWh/(m^2a)$		
Heizlast:	**8,43** W/m^2		
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**28,12** %		
Energiekennwert Nutzkälte:	**6,77** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	ja
Kühllast:	**8,57** W/m^2		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80** m^2	Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**11,68** $kWh/(m^2a)$	**40** $kWh/(m^2a)$	ja

Tabelle 6.11 PHPP Ergebnisse für Ankara [PHI10]

6.3.3 Analyse für Ankara

MAßNAHMEN UND ÄNDERUNGEN	Darmstadt Projekt in Ankara	A 4 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	B 10 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	C 20 cm Außenwanddämmstärke statt 27,5 cm	D 30 cm Dachdämmstärke statt 40 cm	E Maßnahme C+ Maßnahme D	Einheit
Energiekennwert Heizwärmebedarf:	**3,18**	41,13	14,41	5,37	3,84	6,10	kWh/(m²a)
Drucktest-Ergebnis:	**0,22**	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	h^{-1}
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**49,70**	93,54	62,21	52,06	50,30	52,77	kWh/(m²a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**15,94**	60,19	28,98	18,48	16,71	19,34	kWh/(m²a)
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33**	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	kWh/(m²a)
Heizlast:	**8,43**	26,81	15,03	9,95	8,90	10,42	W/m²
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**28,12**	17,03	22,39	26,38	27,01	25,83	%
Energiekennwert Nutzkälte:	**6,77**	6,31	6,26	6,58	6,62	6,45	kWh/(m²a)
Kühllast:	**8,57**	12,98	10,16	8,94	8,63	8,99	W/m²
Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV							
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80**						m²
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**11,68**	44,12	21,24	13,55	12,25	14,18	kWh/(m²a)

Tabelle 6.12 Maßnahmen und Änderungen für Ankara

In der ersten Spalte befinden sich Ergebnisse des Darmstadt– Passivhauses das den Klimabedingungen von Ankara ausgesetzt ist und alle Passivhauskriterien erfüllt. Auch hier wurde eine ökonomische Variante gesucht um Kosten zu reduzieren. Das Passivhaus wurde den klimatischen Bedingungen entsprechend optimiert. In den nächsten Spalten sind die Ergebnisse für verschiedene Stärken der Außendämmung dargestellt. In der letzten Spalte befinden sich die Ergebnisse der Kombination von C und D, die alle Passivhauskriterien erfüllen. Genauso wie im Fall Istanbul, ist es möglich, auch mit anderen Maßnahmen das Passivhauskonzept zu optimieren. Die Wirtschaftlichkeit ist dabei ganz wichtig.

6.4 Erzurum

Abb.6.16 Standort von Erzurum

Erzurum befindet sich im 4. Gebiet der Türkei und mittels der Software Meteonorm 6,025 wurden die Klimadaten in Abhängigkeit von den unten stehenden Werten berechnet.

Geogr. Breite [°] = 39,950,

Geogr. Länge [°] = 41,280,

Höhe [m] = 1823,

Klimaregion = III, 7(für Meteonorm)

Albedo= fix (Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden, also nicht selbst leuchtenden Oberflächen.)

Strahlungsmodell = Standard (Stunde);

Temperaturmodell = Standard (Stunde)

Modell für geneigte Flächen = Perez

Temperatur: Neue Periode = 1996-2005

Strahlung: Neue Periode = 1981-2000

Ta: Nur 4 Station(en) für Interpolation

Rh: Nur 4 Station(en) für Interpolation

FF: Nur 4 Station(en) für Interpolation

SD: Nur 2 Station(en) für Interpolation

RD: Nur 3 Station(en) für Interpolation

Nächste Station: Gh: Kars (169 km), Ta: Erzurum (4 km)

Tägl. Temperaturschwankung Sommer : 17,0 K [MET25]

6.4.1 Klimadaten von Erzurum

ERZURUM													
Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Einheit
Außentemp	-9,8	-8,9	-3	5	10,2	14,4	18,8	19,2	13,4	7,5	0,3	-6,5	°C
Nord	15	19	28	34	48	57	53	39	28	23	17	14	kWh/(m².Monat)
Ost	34	43	66	86	107	133	131	122	97	71	42	32	kWh/(m².Monat)
Süd	81	90	96	94	91	84	94	112	125	135	95	79	kWh/(m².Monat)
West	39	45	66	80	120	110	118	117	98	74	45	31	kWh/(m².Monat)
global	53	72	110	143	192	210	220	203	156	110	65	48	kWh/(m².Monat)
Taupunkt	-13	-12,5	-7,1	-1,3	2,6	5,4	7,7	7	2,3	0,5	-4,5	-9,7	°C
Himmelstemp	-25,7	-24	-17,3	-9,1	-5,2	-1,7	2,3	1,3	-4,6	-7,3	-13,3	-20,4	°C

Tabelle 6.13 Klimadaten von Erzurum [MET25]

Außentemp:	Außenlufttemperatur in °C, Monatsmittelwerte
Strahlung:	Monatssummen in kWh/(m^2 Monat)
Ost:	Globalstrahlung auf die Nordfassade, berechnet mit Albedo 0.1
Sued:	Globalstrahlung auf die Ostfassade, berechnet mit Albedo 0.175
West:	Globalstrahlung auf die Südfassade, berechnet mit Albedo 0.25
Nord:	Globalstrahlung auf die Westfassade, berechnet mit Albedo 0.175
Global:	Globalstrahlung auf die Horizontale
Taupunkt:	Monatsmittelwert der Taupunkttemperatur in °C
Himmelstemp:	Monatsmittelwert der äquivalente Himmelstemperatur in °C

Die Heiz - bzw. Kühllastdaten für Erzurum, die zur Berechnung der Heizlast und der Kühllast erforderlich sind wurden mittels der Software Meteonorm 6.025 aus den Klimadaten für Türkei regeneriert und für die Berechnung mit dem PHPP vorbereitet. Diese Daten sind in der Tabelle 6.14 ersichtlich.

ERZURUM	Heizlast		Kühllast	Einheit
	W 1	W 2		
Außentemp	-21,1	-17,2	23	°C
Nord	20	16	60	W/m²
Ost	42	24	194	W/m²
Süd	110	57	144	W/m²
West	54	43	201	W/m²
global	68	43	361	W/m²
Heizgradstunde (12/20)			127668	h
Kühllaststunde (25)			1000	h

Tabelle 6.14 Klimadaten von Erzurum zur Berechnung der Heizlast [MET25]

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Unterer Wert: 12 °C

Kritische Temperaturen für Heizgradstunden Oberer Wert: 20 °C

Kritische Temperatur für Kühlgradstunden: 25 °C

Heizlasten (Anzahl kalte Tage): Statistik basiert auf: Kältester Periode / Gewichtung aus kält. und trübster Periode

Kühllasten (Anzahl Heiße Tage): Statistik basiert auf: Mittelwerte

Abb. 6.17 Strahlungswerte für Erzurum [MET25]

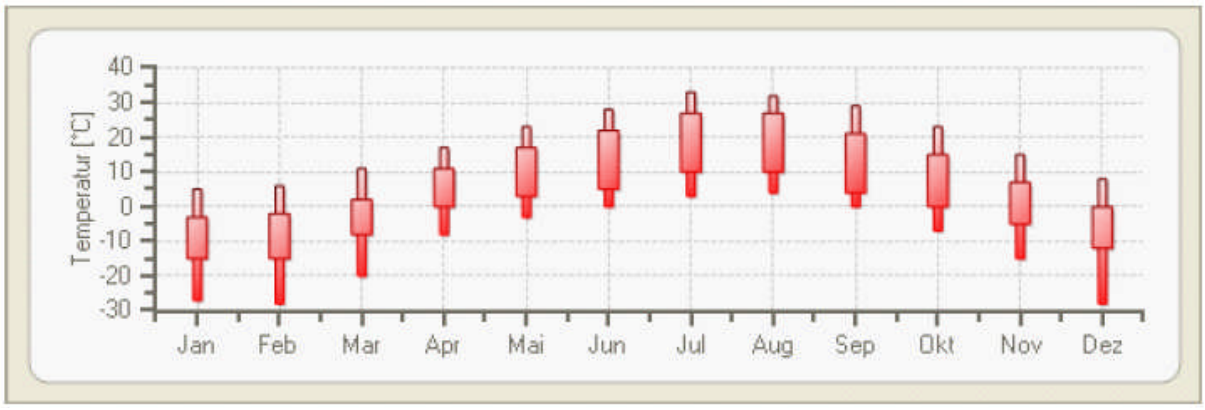

Abb. 6.18 Monatsmittelwerte der Temperaturen für Erzurum [MET25]

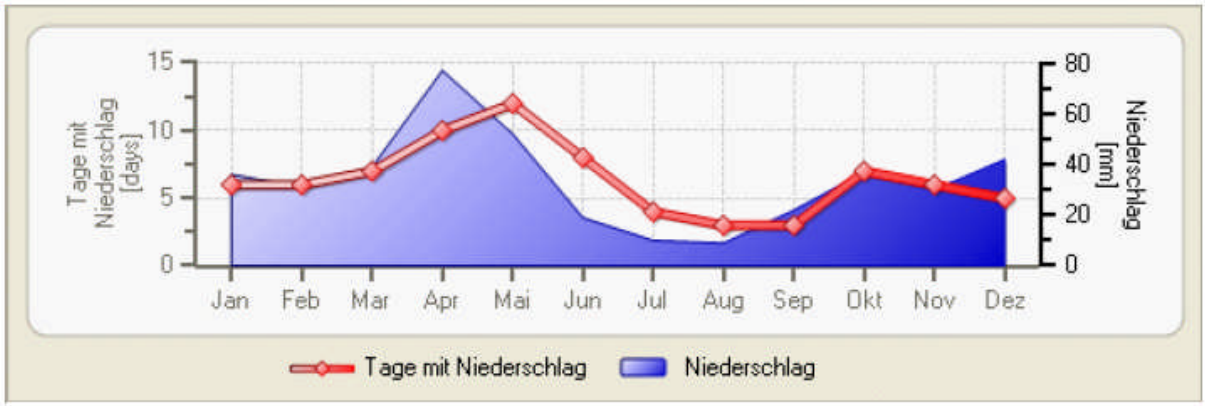

Abb.6.19 Niederschlag für Erzurum [MET25]

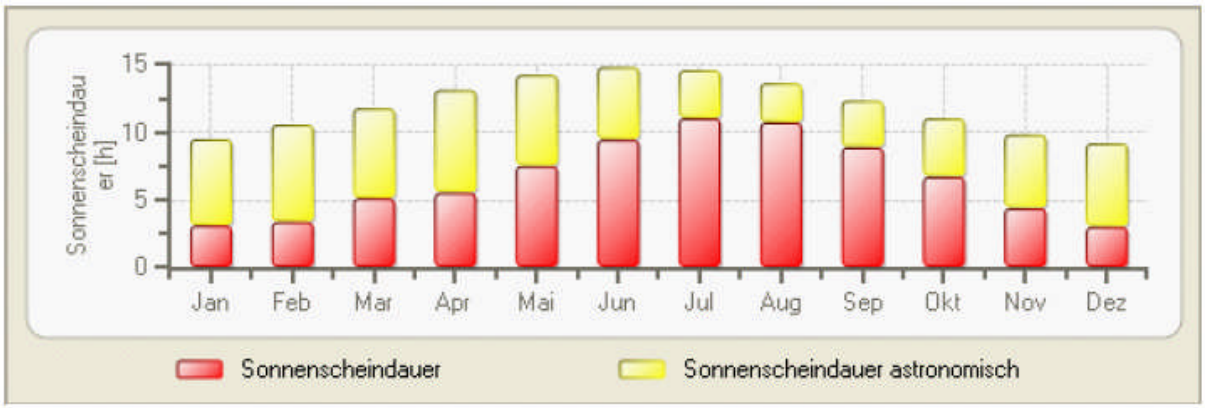

Abb.6.20 Sonnenscheindauer für Erzurum [MET25]

6.4.2 Ergebnisse von Erzurum

Standort und Klima:	ERZURUM (4. GEBIET)
Land:	Türkei
Objekt-Typ:	Reihenhaus/Wohnungen
Zahl WE:	1,00
Umbautes Volumen Ve:	665,00 m^2
Personenzahl:	4,50
Innentemperatur:	20,00 °C
Interne Wärmequellen	2,10 W/m^2

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiebezugsfläche:	**156,00** m^2		
Energiekennwert Heizwärmebedarf:	**16,94** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	nein
Drucktest-Ergebnis:	**0,22** h^{-1}	**0,6** h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**60,73** $kWh/(m^2a)$	**120** $kWh/(m^2a)$	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**33,31** $kWh/(m^2a)$		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33** $kWh/(m^2a)$		
Heizlast:	**14,84** W/m^2		
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**5,31** %		
Energiekennwert Nutzkälte:	**0,58** $kWh/(m^2a)$	**15** $kWh/(m^2a)$	ja
Kühllast:	**4,12** W/m^2		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80** m^2	Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**24,42** $kWh/(m^2a)$	**40** $kWh/(m^2a)$	ja

Tabelle 6.15 PHPP Ergebnisse für Erzurum [PHI10]

6.4.3 Analyse für Erzurum

MAßNAHMEN UND ÄNDERUNGEN	Darmstadt Projekt in Erzurum	A 45 cm Außenwanddämmstärke. statt 27,5 cm	B nord und südseitige Fensteranzahl halbieren	C WRG Leistung der Lüftung 92% statt 83%	D Maßnahme A+ Maßnahme C	E Maßnahme A+ Maßnahme B+ Maßnahme C	Einheit
Energiekennwert Heizwärmebedarf:	**16,94**	11,46	19,86	15,75	10,37	11,86	kWh/(m^{2}a)
Drucktest-Ergebnis:	**0,22**	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	h^{-1}
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**60,73**	54,52	63,36	58,98	52,88	53,74	kWh/(m^{2}a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**33,31**	26,99	36,42	31,55	25,35	26,78	kWh/(m^{2}a)
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	**33,33**	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	kWh/(m^{2}a)
Heizlast:	**14,84**	12,57	13,28	14,49	12,23	10,17	W/m^2
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**5,31**	6,66	0,00	5,31	6,66	0,00	%
Energiekennwert Nutzkälte:	**0,58**	0,66	0,03	0,58	0,66	0,03	kWh/(m^{2}a)
Kühllast:	**4,12**	4,05	2,28	4,12	4,05	2,21	W/m^2
Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV							
Nutzfläche nach EnEV:	**212,80**						m^2
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**24,42**	19,79	26,70	23,13	18,58	19,63	kWh/(m^{2}a)

Tabelle 6.16 Maßnahmen und Änderungen für Erzurum

In der ersten Spalte sind Ergebnisse des Darmstadt - Passivhauses unter klimatischen Bedingungen von Erzurum dargestellt. Bei diesem Klima erfüllt dieses Haus die Anforderungen an Heizwärmebedarf und Heizlast eines Passivhauses nicht. Deswegen sind die Werte in der roten Farbe dargestellt. Es wurde versucht, diese beiden Werte durch verschiedene beeinflussbare Komponenten zu reduzieren. Gegen große Transmissionswärmeverluste wurden in Erzurum verschiedene bauphysikalische Maßnahmen getroffen. In den nächsten Spalten sind Ergebnisse in Abhängigkeit von diesen Maßnahmen ersichtlich. Rot hinterlegte Ergebnisse erfüllen die Passivhauskriterien nicht. In der letzten Spalte befinden sich die Ergebnisse der Kombination von A, B und C, die alle Passivhauskriterien erfüllen.

6.5 Kostenanalysen für die geeigneten Gebiete in der Türkei

6.5.1 Kostenanalyse für Istanbul

Hier sind die Ergebnisse des Standardhauses nach Empfohlene U-Werte von TS 825 ersichtlich. Zuerst wurde Max. Heizwärmebedarf des Standardhauses für Istanbul berechnet. Dann wurde der Unterschied zwischen Standarthaus und Passivhaus bestimmt und Kostenanalyse gemacht.

Standardhaus Berechnungen

Max Heizwärmebedarf nach TS 825:

Umfassungsfläche / Brutto-Gebäudevolumen; A / V = 392 / 665=0,59 m^{-1}

Gebäude Nutzfläche; A_N =156 m^2

Jährlicher Heizwärmebedarf; Q= 70*A/V +24,4

Q= 70 * 0,59 + 24,4 = 65,3 kWh/m^2 (2. Gebiet)

Empfohlene U-Werte für 2. Gebiet

Außenwand U-Wert:	0,60 (W/m^2K)
Dachschräge Dachboden U-Wert:	0,40 (W/m^2K)
Bodenplatte U-Wert:	0,60 (W/m^2K)
Fenster U-Wert:	2,60 (W/m^2K)

Standardhaus und Passivhaus Vergleichung

Außenwanddammstärke =	50 mm statt 90 mm
Außenwand U-Wert=	0,61 (W/m^2K) statt 0,38 (W/m^2K)
Außenwandfläche =	184,3 m2
Unterschied =	0,04 * 184,3 = **7,37 m^3** (Styropor)

Dachdämmstärke =	90 mm statt 300 mm
Dachschräge U-Wert=	0,39 (W/m^2K) statt 0,14 (W/m^2K)
Dachfläche =	83,4 m^2
Unterschied =	0,21 m * 83,4 m^2= **17,50 m^3** (Styropor)

Kellerdeckedämmstärke =	10 mm statt 250 mm
Bodenplatte U-Wert =	0,61 (W/m^2K) statt 0,13 (W/m^2K)
Bodenplattefläche=	80,9 m^2
Unterschied=	0,24 m *80,9 m^2 = **19,42 m^3** (Styropor)

Fenstertyp=	2-Fach Isolierverglasung statt mit 3-Fach Wärmeisolierverglasung
Fenster U- Wert=	2,49 (W/m^{2}K) statt 0,78 (W/m^{2}K)
Fensterfläche =	43,5 m²
Unterschied=	43,5 m^2 (Einbau : 3 -fach Verglasung)

Standardhaus hat keine Passivhauslüftung (WRG Anlage).

Die Ergebnisse von Standardhaus wurden mittels PHPP Programm in Abhängigkeit von oben stehenden Eingaben berechnet. Die Ergebnisse des Passivhauses wurden von Tabelle 6.8 genommen.

	Darmstadt Projekt in Istanbul	Standardhaus in Istanbul (nach Empfohlene U-Werte)	Passivhaus in Istanbul	Einheit
Energiekennwert Heizwärme:	0,07	**45,98**	6,74	kWh/(m^{2}a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	57,64	**107,2**	64,11	kWh/(m^{2}a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	13,58	**63,43**	21,19	kWh/(m^{2}a)
Heizlast:	4,64	**29,74**	10,16	W/m^2
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	38,05	**29,38**	32,77	%
Energiekennwert Nutzkälte:	11,99	**18,06**	11,98	kWh/(m^{2}a)
Kühllast:	9,79	**20,24**	11,86	W/m^2

Tabelle 6.17 Ergebnisse für Istanbul nach Verschiedenen Komponenten

<u>Mehrkosten des Passivhauses in Istanbul</u>

Hochwertige Wärmedämmung:

(7,37+17,50+19,42) m^2 = 44,29 m^3 (Styropor)

Materialpreis (16 kg/m³) = 40 €/m³ (in der Türkei)

Die Mehrkosten der erhöhten Dämmstärken betragen;

44,29 m³* 40 €/m³ = **1.772 €**

Mehrkosten der Lüftung mit Wärmerückgewinnung (nach www.passivhaustagung.de)= **5.200 €**

Mehrkosten der Fenster (Mit 3- Fach Wärmeisolierverglasung) für 43,5 m² (nach türkische Firma Firatpen)= **1.500 €**

Minderkosten des Passivhauses in Istanbul

Standardhaus Istanbul	Primärenergie KW h / m²a	Endenergie KW h / m² a	CO_2 kg / m² a
Strombedarf	28,69	10,63	7,23
Brennwertkessel (Gas)	57,66	52,42	13,11
Kochen (Kochgas)	3,93	3,57	0,89
Raumkühlung (Strom)	16,91	6,26	4,26
Summe	107,20	72,88	25,48

Tabelle 6.18 Energie und CO_2 Tabelle für Standardhaus in Istanbul nach PHPP

Endenergiekosten des Standardhauses in Istanbul

Stromkosten (jährlich)= (10,63+6,26) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,10 € / kWh = 263 €

Gaskosten (jährlich) = (52,42+3,57) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,05 € / kWh =437 €

Gesamtendenergiekosten = 263 € +437 € = 700 €

Passivhaus Istanbul	Primärenergie KW h / m²a	Endenergie KW h / m² a	CO_2 kg / m² a
Strombedarf	29,40	10,89	7,40
Brennwertkessel (Gas)	14,80	13,45	3,36
Kochen (Kochgas)	3,93	3,57	0,89
Raumkühlung (Strom)	15,99	5,92	4,03
Summe	64,11	33,83	15,69

Tabelle 6.19 Energie und CO_2 Tabelle für Passivhaus in Istanbul nach PHPP

Endenergiekosten des Passivhauses in Istanbul

Stromkosten (jährlich)= (10,89+5,92) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,10 € / kWh = 262 €

Gaskosten (jährlich) = (13,45+3,57) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,05€ / kWh = 133 €

Gesamtendenergiekosten (jährlich)= 262 € +133 € = 395 €

Kostenunterschied (jährlich) = 700€ - 395 € =305 €

CO_2 Einsparung (jährlich) = (25,48 – 15,69) kg /(m^2a) * 156 m^2 = 1.527 kg

Minderinvestition kleinerer entfallen, Öltank, Kessel, Heizkörper und Verteilleitungen stattdessen Nachheizregister (nach www.passivhaustagung.de)= **1.400 €**

Weil Nutzkältebedarf des Passivhauses 11.98 kWh/(m^2a) $\leq$ 15 kWh/(m^2a) ist, braucht Passivhaus keine Klimaanlage oder Sonnenschutz Maßnahme (im Sommer) = **1.000 €**

Amortisationszeit = (1.772 € + 5.200 € + 1.500 € - 1.400 € - 1.000 €)/ 305 €**= 19,9 Jahre**

6.5.2 Kostenanalyse für Ankara

Hier sind die Ergebnisse des Standardhauses nach Empfohlene U-Werte von TS 825 ersichtlich. Zuerst wurde Max. Heizwärmebedarf des Standardhauses für Ankara berechnet. Dann wurde der Unterschied zwischen Standarthaus und Passivhaus bestimmt und Kostenanalyse durchgeführt.

Standardhaus Berechnungen

Max Heizwärmebedarf nach TS 825:

Umfassungsfläche / Brutto-Gebäudevolumen; A / V = 392 / 665=0,59 m^{-1}

Gebäude Nutzfläche; A_N =156 m^2

Jährlicher Heizwärmebedarf; Q= 76,3*A/V +36,4

Q = 76,3 * 0,59 + 36,4 = 81,4 kWh/m^2 (3. Gebiet)

Empfohlene U-Werte für 3. Gebiet

Außenwand U-Wert:	0,50 (W/m^2K)
Dachschräge Dachboden U-Wert:	0,30 (W/m^2K)
Bodenplatte U-Wert:	0,45 (W/m^2K)
Fenster U-Wert:	2,60 (W/m^2K)

Standardhaus und Passivhaus Vergleichung

Außenwanddammstärke =	65 mm statt 200 mm
Außenwand U-Wert:	0,50 (W/m^2K) statt 0,19 (W/m^2K)
Außenwandfläche =	184,3 m^2
Unterschied =	0,135 * 184,3 = **24,88 m^3** (Styropor)

Dachdämmstärke =	125 mm statt 300 mm
Dachschräge U-Wert:	0,30 (W/m^2K) statt 0,14 (W/m^2K)
Dachfläche =	83,4 m^2
Unterschied =	0,175 m * 83,4 m^2=**14,60** m^3 (Styropor)

Kellerdeckedämmstärke =	35 mm statt 250 mm
Bodenplatte U-Wert =	0,44 (W/m^2K) statt 0,13 (W/m^2K)
Bodenplattefläche=	80,9 m^2

Unterschied= 0,215 m *80,9 m² = **17,39 m³** (Styropor)

Fenstertyp= 2-Fach Isolierverglasung statt Mit 3-Fach Wärmeisolierverglasung

Fenster U- Wert= 2,49 (W/m²K) statt 0,78 (W/m²K)

Fensterfläche = 43,5 m²

Unterschied= 43,5 m² (Einbau : 3 -fach Verglasung)

Standardhaus hat keine Passivhauslüftung (WRG Anlage)

Die Ergebnisse von Standardhaus wurden mittels PHPP Programm in Abhängigkeit von oben stehenden Eingaben berechnet. Die Ergebnisse des Passivhauses wurden von Tabelle 6.12 genommen.

	Damstadt Projekt in Ankara	Standardhaus nach Empfohlene U-Werte	Passivhaus in Ankara	Einheit
Energiekennwert Heizwärme:	**3,18**	67,36	6,10	kWh/(m²a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**49,7**	123,03	52,77	kWh/(m²a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**15,94**	87,24	19,34	kWh/(m²a)
Heizlast:	**8,43**	39,40	10,42	W/m²
Übertemperaturhäufigkeit (über 25°C)	**28,12**	19,17	25,83	%
Energiekennwert Nutzkälte:	**6,77**	10,12	6,45	kWh/(m²a)
Kühllast:	**8,57**	17,56	8,99	W/m²

Tabelle 6.20 Ergebnisse für Ankara nach Verschiedenen Komponenten

<u>Mehrkosten des Passivhauses in Ankara</u>

Hochwertige Wärmedämmung

(24,88 +14,60 +17,39) m³=56,87 m³ (Styropor)

Materialpreis (16 kg/m³) = 40 €/m³ (in der Türkei)
Die Mehrkosten der erhöhten Dämmstärken betragen

56,87 m³* 40 €/m³ =**2275 €**

Mehrkosten der Lüftung mit Wärmerückgewinnung (nach www.passivhaustagung.de)= **5.200 €**

Mehrkosten der Fenster (Mit 3- Fach Wärmeisolierverglasung) für 43,5 m² (nach türkische Firma Firatpen)= **1.500 €**

Minderkosten des Passivhauses in Ankara

Standardhaus Ankara	Primärenergie KW h / m²a	Endenergie KW h / m² a	CO_2 kg / m² a
Strombedarf	30,32	11,23	7,64
Brennwertkessel (Gas)	79,54	72,30	18,08
Kochen (Kochgas)	3,93	3,57	0,89
Raumkühlung (Strom)	9,25	3,42	2,33
Summe	123,03	90,53	28,93

Tabelle 6.21 Energie und CO_2 Tabelle für Standardhaus in Ankara nach PHPP

Endenergiekosten des Standardhauses in Ankara

Stromkosten (jährlich)= (11,23+3,42) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,10 € / kWh = 229 €

Gaskosten (jährlich) = (72,30+3,57) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,05 € / kWh = 592 €

Gesamtendenergiekosten = 229 € +592 € = 821 €

Passivhaus Ankara	Primärenergie KW h / m²a	Endenergie KW h / m² a	CO_2 kg / m² a
Strombedarf	29,67	10,99	7,47
Brennwertkessel (Gas)	12,43	11,30	2,83
Kochen (Kochgas)	3,93	3,57	0,89
Raumkühlung (Strom)	6,74	2,50	1,70
Summe	52,77	28,36	12,89

Tabelle 6.22 Energie und CO_2 Tabelle für Passivhaus in Ankara nach PHPP

Endenergiekosten des Passivhauses in Ankara

Stromkosten (jährlich)= (10,99+2,50) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,10 € / kWh = 210 €

Gaskosten (jährlich) = (11,30+3,57) kWh/(m^2a)* 156 m^2 * 0,05€ / kWh = 116 €

Gesamtendenergiekosten (jährlich)= 210 € +116€ = 326 €

Kostenunterschied (jährlich) = 821€ - 326 € = 495 €

CO_2 Einsparung (jährlich) = (28,93– 12,89) kg /(m^2a) * 156 m^2 = 2.502 kg

Minderinvestition kleinerer entfallen, Öltank, Kessel, Heizkörper und Verteilleitungen stattdessen Nachheizregister (nach www.passivhaustagung.de)= **1400 €**

Amortisationszeit =(2275 € +5.200 € + 1.500 € - 1400 €) / 495 € = **15,3 Jahre**

7. Zusammenfassung

Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, wie viel Energie und CO_2 in der Türkei eingespart werden können, wenn die Planung der Passivhäuser den klimatischen Bedingungen angepasst werden.

Das Passivhauskonzept ist vor allem für das zweite und dritte Klimagebiet der Türkei geeignet. Da das Passivhauskonzept ohne besondere Maßnahmen bei diesem Klima erfüllbar ist, halten sich die anfänglich höheren Investitionskosten in einem akzeptablen Rahmen und amortisieren sich in relativ kurzer Zeit.

Das gilt nicht nur im Neubaubereich auch Altbauten können nach erfolgreicher Sanierung mit Passivhauskomponenten die angestrebten Werte erreichen.

Im ersten und vierten Gebiet der Türkei herrschen extreme Klimabedingungen, weshalb die Investitionskosten sehr hoch sind und Amortisationszeit zu lang ist.

Im ersten Klimagebiet sind Solarstrahlungswerte extrem hoch. Große südseitige Fenster des Hauses bringen im Sommer einerseits hohen solaren Gewinn, andererseits sind zusätzliche Sonnenschutzmaßnahmen unbedingt erforderlich. Das verursacht hohen Mehrkosten. Durch Anwendungen von Solarkollektoren -Anlagen im ersten Klimagebiet können Nullenergiehäuser oder Plusenergiehäuser gebaut werden.

Das größte Problem für das vierte Klimagebiet stellen die hohen Transmissionswärmeverluste über Außenbauteilflächen dar, welche nur durch extrem hohe Wärmedämmstärken bewältigt werden können. Erhebliche Kosten, sowie Raumverlust sind die Folge. Raumverlust lasse sich eventuell durch Anwendung der Vakuumdämmplatten verringern, die jedoch relativ teuer sind.

Literaturverzeichnis:

[ALT07] Prof. Dr. Ing. H. Alt, FH Aachen, Vorlesung Elektrische Energietechnik und Energiewirtschaft, Hilfsblatt 107 ; Stand: 2007.10

[EIE09] http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx

[IZO09] http://www.izoder.org.tr/isiyalitimi/mevzuat/isiyalitimyonetmeligi.pdf

[KON02] Thomas Königstein; Fachinformation; Kommune + Neubaugebiet; Optimierung des Gebäudewärmeschutzes; Vahrn (BZ); Dezember 2002

[MET25] Meteotest; Meteonorm Version 6.025

[PAS09] http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=195&keyword=darmstadt

[PAS23] http://www.passivplanung.de/index.php?id=148&type=123

[PHI07] Passivhaus Institut; Fachinformation PHI-2007/1

[PHI10] Passivhaus Institut ;PHPP 2007 Version 1.0

[SOM08] Adolf- W. Sommer ;Passivhäuser; Köln 2008

[TSE98] Türk Standartlari Enstitüsü; Türkisch Standard TS 825; Thermal Insulation in buildings; Ankara TR), 1998