



# TOEKOMST **PASSIEFHUIS** ZUKUNFT PASSIVHAUS

Fachhochschule  
Münster University of  
Applied Sciences



**HBZ**   
HANDWERKSKAMMER  
MÜNSTER

## KWALITEITSBEWAKING BIJ DE BOUW VAN PASSIEFHUIZEN



# KWALITEITSBEWAKING

## BIJ DE BOUW VAN PASSIEFHUIZEN

### **Impressum**

#### **Titel**

Kwaliteitsbewaking bij de bouw van passiefhuizen

#### **Auteur**

Dr. Thomas Maue  
Institut für Umweltschutz der  
Handwerkskammer Münster

#### **Redactie**

voor de Duitse versie:  
Sabine Heine  
Kompetenzzentrum Bau und Energie der  
Handwerkskammer Münster

voor de Nederlandse versie:

Jan de Witt  
Kenniscentrum Leefomgeving  
Saxion

#### **Uitgever**

Handwerkskammer Münster  
Bismarckallee 1  
48151 Münster  
Brochure, uitgebracht in het kader van het project  
„Toekomst Passiefhuis”

#### **Druk**

September 2012

## INHOUDSOPGAVE

1. Voorwoord .....	6
2. Inleiding .....	7
3. Definitie bouwkwaliteit .....	9
4. Productkwaliteit .....	12
5. Criteria voor passiefhuizen .....	14
6. Kwaliteitseisen van gebruikers .....	15
7. Kwaliteitsbewaking bij het ontwerpen .....	18
8. Kwaliteitsbewaking bij de realisatie .....	20
9. Kwaliteitscontrole – meetmethoden .....	22
10. Documentatie .....	26
11. Samenvatting .....	27
12. Bibliografie .....	28

## 1. VOORWOORD

In de nabije toekomst wordt de bouw van passiefhuizen „state of the art“. De komende schaarste aan aardolie en aardgas en de daarmee samenhangende prijsstijgingen maken het nodig om de eisen aan de energieprestaties van gebouwen steeds verder aan te scherpen. De ontwikkeling van de Energieeinsparungsverordnung (EnEV) in Duitsland en de EPC waarde (EPG norm) in Nederland laat een duidelijke trend zien naar een zeer laag energieverbruik van nieuwe gebouwen en in de toekomst ook bestaande gebouwen. Het doel is het bereiken van de passiefhuisstandaard, die volgens de voorstellen van de EU vanaf 2020 standaard zal worden. In Nederland is een EPC waarde van 0,4 per 2015 voor nieuwbouw voorgeschreven, ongeveer de EPC waarde van een passiefhuis. In Nederland zal de EPC waarde nul (0) moeten zijn in 2020.

### Artikel 9 uit EV Richtlijn Mbt – Bijna-energieneutrale gebouwen

1. De lidstaten zien toe op het volgende:

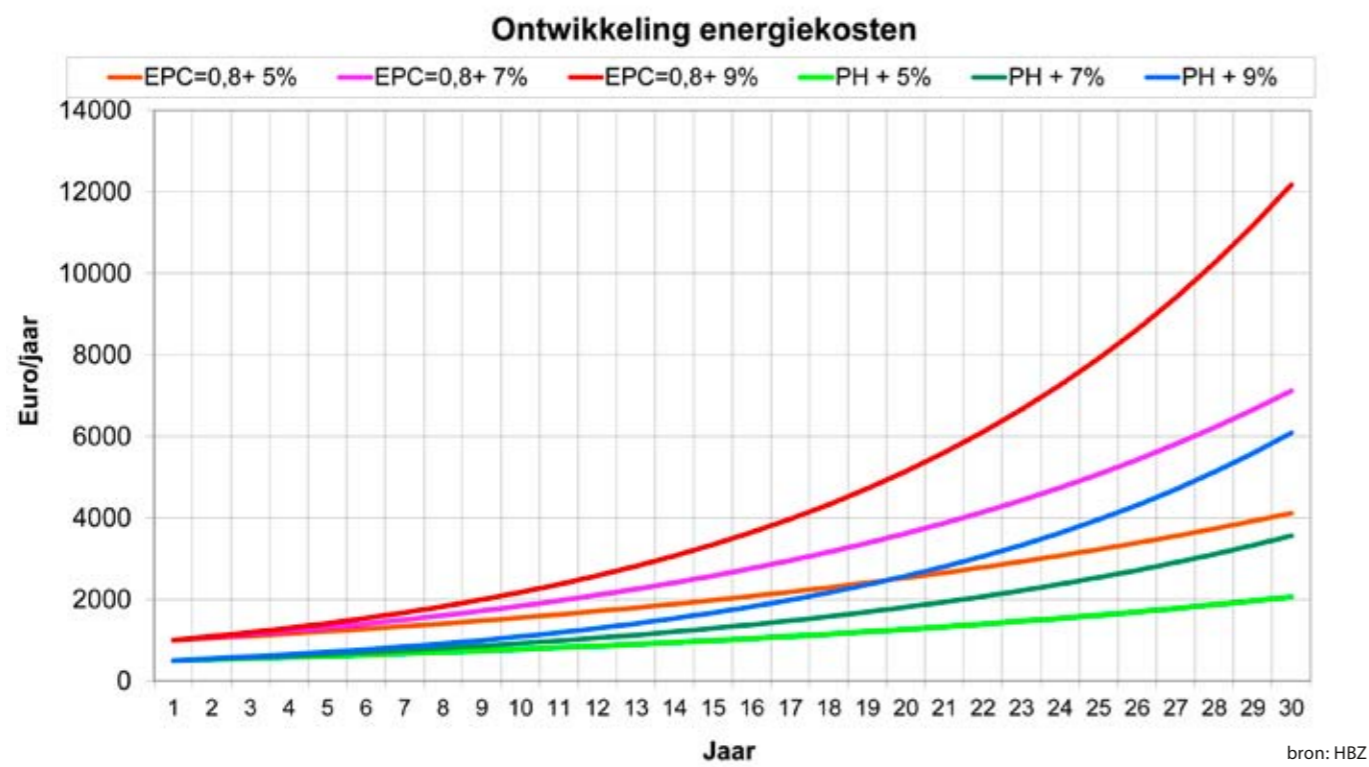
- uiterlijk 31 december 2020 zijn alle nieuwe gebouwen bijna-energieneutrale gebouwen, en
- na 31 december 2018 zijn nieuwe gebouwen waarin overheidsinstanties zijn gehuisvest die eigenaar zijn van deze gebouwen, bijna-energieneutrale gebouwen.

*Uittreksel van de nieuwe versie van de EU-richtlijn over de energieprestatie van gebouwen van 8 juli 2010.*

Een mogelijk scenario van de ontwikkeling van de energiekosten laat de onderstaande figuur zien. Uitgaand van jaarlijkse energiekosten van € 500,- voor een passiefhuis, c.q. € 1000,- voor een standaardhuis conform EPC=0,8, worden voor de komende 30 jaar de jaarlijkse energiekosten met prijsstijgingen van 5%, 7% en 9% per jaar berekend. Hier is duidelijk te zien dat een passiefhuis in een tijdsbestek van 30 jaar heel veel geld besparen kan. Wanneer men de jaarlijkse besparingen over de gehele periode bekijkt, is er een besparing mogelijk tussen € 33.000,- en € 68.000,-.

### Vergelijking ontwikkeling energiekosten Passiefhuizen ten opzichte van „state of the art“ huizen (2010)

De Handwerkskammer Bildungszentrum Münster heeft deze ontwikkeling op de voet gevolgd en heeft regelmatig informatiebijeenkomsten over energiebesparing, sanering en duurzame energieën georganiseerd voor MKB bedrijven, ingenieurs en architecten. Ook in Nederland is er veel belangstelling voor het passiefhuis concept. Het thema passiefhuis is vanwege de stijging van de energiekosten steeds meer in de belangstelling komen te staan van bewoners en bouwondernemingen. Het grensoverschrijdende project „Toekomst passiefhuis“ – gesubsidieerd met middelen uit het EU-programma INTERREG IVA – heeft het doel om alle belangstellenden te voorzien van informatie over de bouw van passiefhuizen. Naast deze brochure worden folders over verschillende thema's aangeboden, die o.a. op [www.zukunft-passivhaus.eu](http://www.zukunft-passivhaus.eu) te vinden zijn.

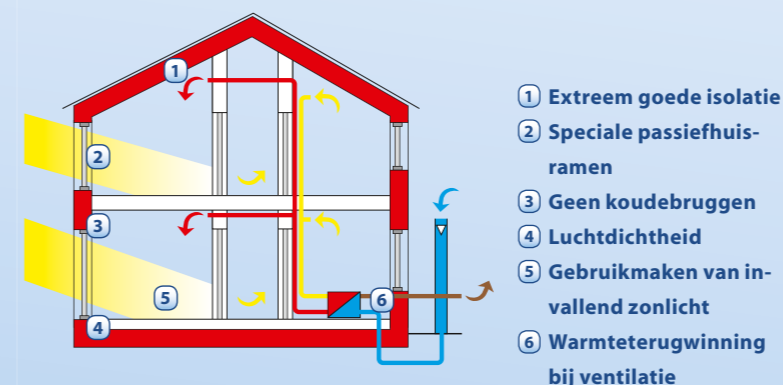


Vergelijking ontwikkeling energiekosten

## 2. INLEIDING

Het Passiv Haus Institut (PHI) definieert een passiefhuis b.v. als volgt: „Een passiefhuis is een gebouw, waarin de thermische behaaglijkheid (ISO 7730) alleen d.m.v. bijverwarmen of koelen van de ventilatielucht die voor een voldoende luchtkwaliteit (DIN 1946) nodig is, kan worden gewaarborgd – zonder daartoe extra ventilatie toe te passen.“

In deze definitie worden geen cijfers gebruikt, zodat bij de invoering van het passiefhuis geen nieuwe energiestandaard vastgelegd werd, zoals b.v. bij de EPG (NEN 7120) wel het geval is. In plaats daarvan werd een relatief nieuw huisconcept beschreven. Uit de eis de thermische behaaglijkheid alleen d.m.v. het ventilatiesysteem te bewerkstelligen volgen grote consequenties voor het ontwerpen en bouwen van een passiefhuis. De in de definitie genoemde DIN 1946 vraagt om redenen van hygiëne een minimale luchtverversing per persoon van 30 m<sup>3</sup>/h. Om verbranding van stof in de lucht te voorkomen, mag deze maar tot max. 50 °C worden verwarmd. Een eenvoudige berekening laat zien dat uit een woonoppervlak van 30 m<sup>2</sup>/p een max. verwarmingsvermogen van 10 W/m<sup>2</sup> volgt. Verschillende plaatselijke klimatologische omstandigheden vereisen verschillende isolatiemaatregelen, opdat het warmteverlies zo laag mogelijk is. Voor het in Duitsland heersende klimaat blijkt een maximale verwarmingsbehoefte van 15 kWh/(m<sup>2</sup>/jaar) goed bereikbaar. Dit vereist een hoge bouwkwaliteit, die b.v. te zien is aan een hoge mate van luchtdichtheid van de schil en het vrijwel ontbreken van koudebruggen. Bij een passiefhuis mogen dus geen ontwerp- en uitvoeringsfouten gemaakt worden. In de oudheid werd de bouwkwaliteit met zeer strenge straffen afgedwongen. Interessant te noemen in dit verband is de Codex Hammurabi (ca. 1700 v. Chr.), één van de oudste geheel behouden gebleven codices van de geschiedenis.



Wat kenmerkt een passiefhuis?

### Hierin staat b.v.:

§ 229: Wanneer een bouwmeester voor iemand een huis bouwt, dat niet sterk genoeg geconstrueerd is zodat het huis instort en de dood van de opdrachtgever tot gevolg heeft, moet deze bouwmeester worden gedood.

Gelukkig hebben huidige architecten en bouwers met minder drastische, maar „slechts“ met juridische en financiële consequenties te maken.

In het tweede DEKRA-verslag (Duitsland) over bouwfouten bij woongebouwen werd door een omvangrijk onderzoek vastgesteld dat gemiddeld meer dan € 10.000,- per nieuwbouw aan het oplossen van directe fouten moeten worden besteed. Wanneer men deze reparatiekosten op het totale aantal nieuw gebouwde huizen extrapoleert, werden in het verslagjaar 2007 1,4 miljard euro aan schade door fouten veroorzaakt.

Om de functionaliteit van een passiefhuis te waarborgen mogen geen fouten worden gemaakt, c.q. fouten moeten zo vroeg mogelijk worden ontdekt en gecorrigeerd. Een bouw begeleidende kwaliteitscontrole is daarmee onontkoombaar bij de bouw van passiefhuizen

De volgende hoofdstukken geven een inleiding in de bouw begeleidende kwaliteitsbewaking bij de bouw van passiefhuizen, Deze kwaliteitsbewaking moet helpen de bouwkwaliteit – niet alleen van passiefhuizen – in de praktijk te verbeteren.



Principe van een passiefhuis



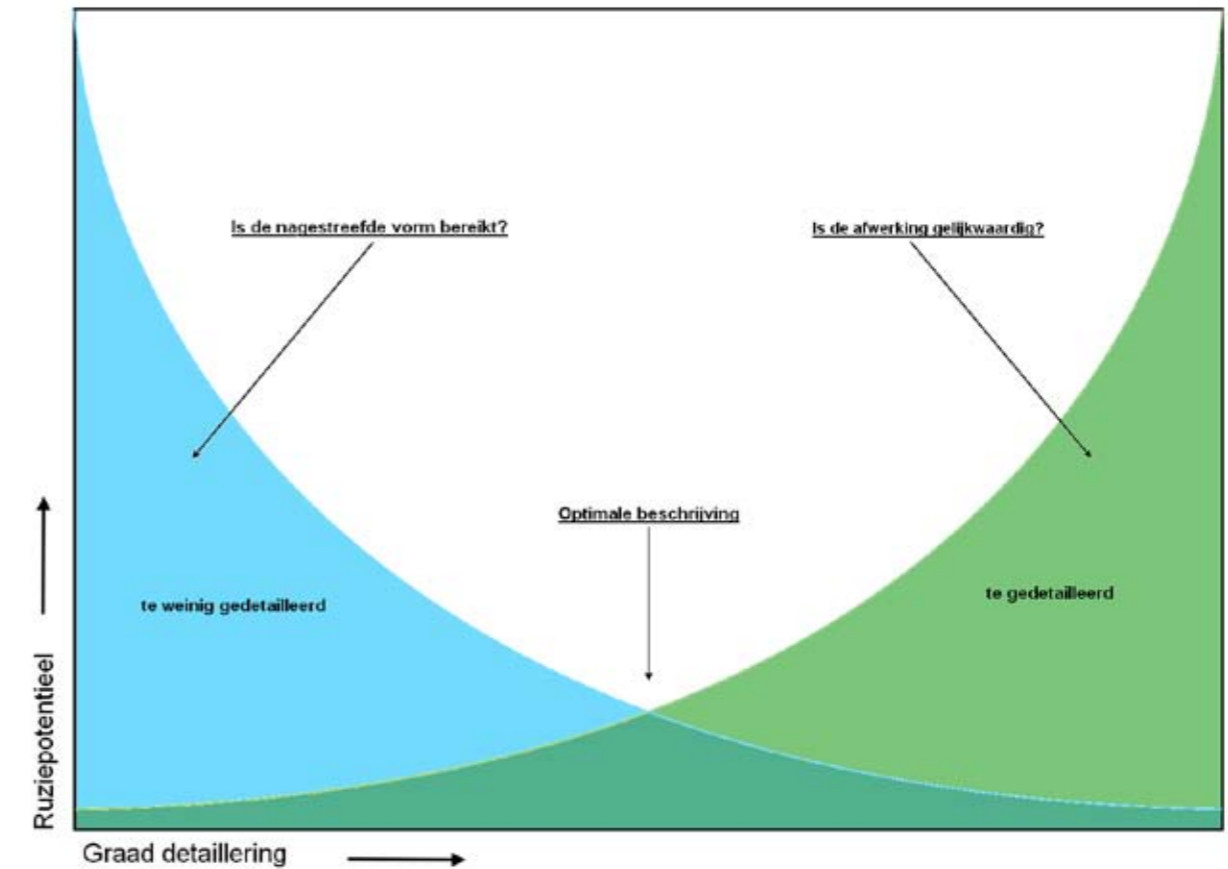
bron: Holzbau Brüggemann

## WAT BETEKENT EEN PASSIEFHUIS?

Het principe van een passiefhuis is: „warmteverliezen verminderen en warmtewinsten optimaliseren“.

### Daarvoor is het volgende noodzakelijk:

- extreem goed geïsoleerde schil
- voor passiefhuis geschikte ramen (HR+++)
- vermijden van koudebruggen
- zeer luchtdichte buitenschil
- passief gebruik zonne-energie
- ventilatiesysteem met warmte-terugwinning



bron: HBZ

Kans op onenigheid volgens Prof. Dr.-Ing. Oswald

## 3. DEFINITIE BOUWKWALITEIT

De vraag „Wat is bouwkwaliteit?“ zullen veel praktijkmensen vanuit hun ervaring als volgt beantwoorden: „Bouwkwaliteit is dat wat overeenkomt met de regels, maar in het bijzonder dat wat de klant wil!“ Uit deze opvatting volgt dat een gebouw kwalitatief foutloos is wanneer het overeenkomt met de verwachtingen van de opdrachtgever. De meeste opdrachtgevers zijn ambitieuze leken op het gebied van de woningbouw en hebben vaak geen nauwkeurige voorstelling van datgene wat ze eigenlijk willen. Wanneer het huis dat gereed is – en wanneer ze het huis dus voor het eerst het zien –, wijkt het vaak op één of meerdere punten van de voorstellingen af en er wordt al snel van fouten gesproken. Een minimum eis is, dat aan de regels van het bouwbesluit is voldaan.

Het gebrek kan worden veroorzaakt door een ongewenste eigenschap van het materiaal, b.v. qua kwaliteit en verwerking, de constructie, de kleur of de Rc waarde van het gebruikte isolatiemateriaal. Maar ook de functionaliteit, de bedrijfs- en onderhoudskosten of de degelijkheid kunnen mogelijk niet aan de gestelde eisen voldoen. Wanneer er een discussie over gebreken plaatsvindt, moeten de voornaamste zaken worden bekeken: welke hoedanigheid werd afgesproken, c.q. welke eigenschappen 1 werden toegezegd?

Wanneer de opdrachtgever bij het ontwerp geen concrete afspraken gemaakt heeft, wordt van datgene uitgegaan wat de gemiddelde opdrachtgever zou afspreken, c.q. aan kwaliteit zou accepteren (gemiddelde soort en kwaliteit). Dit kan mijlener afwijken van de persoonlijke voorstelling van de opdrachtgever. Een voorbeeld is het lastige thema geluidsdemping bij meergezinswoningen, c.q. rijtjes- en twee-onder-een-kap woningen.

Hoewel in de DIN 4109 duidelijke eisen aan de geluidsdemping worden gesteld, hebben inmiddels meerdere vonnissen de klagende partijen in het gelijk gesteld, zodat ook wanneer wordt voldaan aan de normen, men toch juridisch nog niet veilig zit. Zelfs (DIN-)normen zijn dus niet altijd nuttig, omdat zij geen juridische normen, maar private technische regels met een adviserend karakter zijn. Zij kunnen de erkende regels van de techniek weergeven, maar ook minder streng zijn.

Op bijna alle terreinen van de passiefhuisbouw is het aan te bevelen al in de ontwerpfase, maar uiterlijk bij het gunnen van de opdracht, duidelijke kwaliteitsdoelen tussen opdrachtnemer en opdrachtgever vast te leggen. Nuttig is hierbij het noemen van de geëiste kwaliteitsklassen voor de verschillende onderdelen en materialen. Een voorbeeld : de oppervlakte kwaliteit kan

kwaliteitsklasse Q1 (basisplamuur) tot Q4 (geheel geplamuurd) hebben, wanneer het gaat om afbouw met gipsplaatssystemen.

Echter, men mag er niet vanuit gaan dat met het noemen van meer details de discussie over de tekortkomingen zal afnemen. Terwijl bij een ontbrekende of onnauwkeurige beschrijving de discussie begint over hoe de bouw eruit moet zien, ontstaan bij zeer gedetailleerde beschrijvingen vaak discussies over hoe relevant afwijkingen zijn en over de gelijkwaardigheid van de geleverde prestaties. Ter beoordeling van de uitgevoerde kwaliteit van een geplamuurde gipskartonplaat (b.v. over hoe nauwkeurig de hoeken zijn of hoe effen het oppervlak is) zou men b.v. DIN 18 202 „Toleranties in de bouw“ kunnen gebruiken.

*‘In DIN 55350 deel 11 „Begrippen Kwaliteitsmanagement“ wordt kwaliteit als volgt gedefinieerd: Het geheel van eigenschappen en kenmerken van een product of activiteit die betrekking heeft op de geschiktheid voor of het voldoen aan de betreffende eisen.*

Wanneer alle betrokkenen het eens zijn over een kwaliteitsniveau, is het noodzakelijk om de kwaliteitsbewaking in alle fasen van de bouw tegelijk met de kostenbeheersing te realiseren. Het systematisch volgen van kwaliteits- en kostenrelevante beslissingen voorkomt kosten zonder kwaliteitswinst en kwaliteitsverlies zonder besparingen. Vooral in de beginfase bespaart een goede kwaliteitsbewaking onnodige kosten, omdat hier de kans om fouten te voorkomen nog heel groot is. Hoe vroeger een fout herkend wordt, hoe geringer de effecten zijn. Op een later tijdstip is vaak alleen nog puur herstel mogelijk, dat samengaat met extra kosten, tijdsverlies en ergernis.

Voor de opdrachtgever is het natuurlijk een groot verschil of de kwaliteit bij de bouw van een gebouw gewaarborgd wordt of dat er alleen fouten worden voorkomen. Weliswaar kan er bij de planning vanuit worden gegaan dat alle betrokkenen hun uiterste best doen, maar fouten, tekortkomingen en schade moeten door een systematische preventie worden voorkomen. Het regelmatig zelf controleren tijdens de bouw zorgt nauwelijks voor vertraging, maar bespaart veel tijd. Deze tijd kan beter aan een goede uitvoering dan aan reparatie worden besteed. Deze aanpak wordt vergemakkelijkt door duidelijke eisen aan de bouwprocessen en door competente en goed geïnstrueerde ambachtslieden die zich bewust zijn van hun eigen verantwoordelijkheid.

Het grote aantal bronnen van fouten zorgt ervoor dat de kwaliteitsbewaking centraal komt te staan bij de bouw, zelfs bij de keuze van de kranen van de badkamer: „deze kraan kan getoond worden en straalt een warmte en zachtheid uit, die uw zintuigen beroeren“. Is deze uitspraak van een duur merk al een teken van kwaliteit? Eigenlijk niet natuurlijk. Maar welke informatie is no-

dig voor een gefundeerde keuze uit de grote variatie aan producten voor de inrichting van het huis? Ook technische informatie als „de vochtigheidsactieve barrière op polyamidebasis heeft in droge toestand een sd-waarde van 13,5 m<sup>2</sup> moeten wel worden gezien in het licht van de geplande toepassing.

Hier komt automatisch de zogeheten PDCA-cyclus (als vier fase stap-voor-stap oplossingsproces) in het spel. „PDCA“ is de afkorting voor „plan – do – check – act“. Wanneer deze kringloop consequent wordt gehandhaafd, ontstaat een continu verbeteringsproces, dat uiteindelijk tot een hoge kwaliteit leidt.

#### **De afzonderlijke fasen worden hier nog eens in het kort toegelicht:**

**Plannen (ontwerpen):** analyse van de stand van zaken en ontwikkelen van een concept met medewerking van uitvoerenden om verbeterpotentieel te herkennen. (Hoe moet het worden?)  
Uitvoeren: testen en optimaliseren van het concept.  
**(Hoe kunnen we het bereiken?)**

**Checken/testen:** na zorgvuldig testen van de resultaten wordt – indien het resultaat positief is – het concept als standaard vrijgegeven. **(Wat werd er bereikt?)**

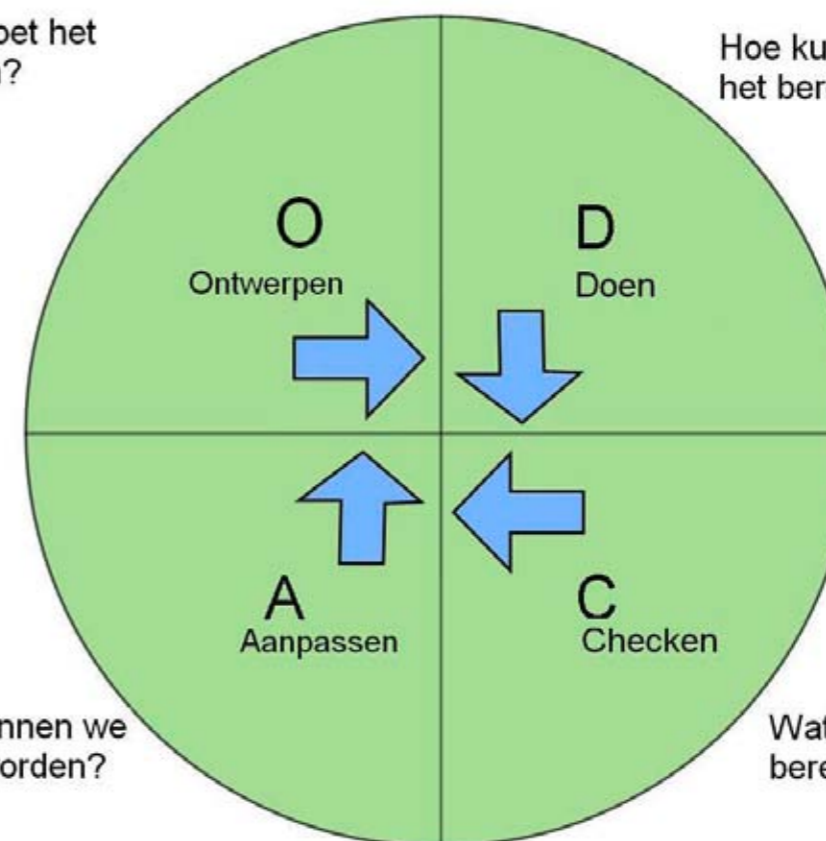
**Uitvoeren:** De nieuwe standaard wordt breed ingevoerd en de navolging wordt regelmatig door audits gecontroleerd. Deze kan nog bestaande zwakke punten boven water halen.  
**(Hoe kunnen we nog beter worden?)**

De verdere verbetering van deze standaard begint weer met de eerste stap „plannen“. (ontwerpen)  
De PDCA-cyclus zal maar zelden grote veranderingen met zich meebrengen; er wordt gestreefd naar kleine verbeteringen, die door continue optimalisatie van lopende processen bereikt worden. Nuttig voor deze aanpak is intensief teamwork, waarin iedere betrokkene zijn ervaringen en voorstellen kan inbrengen. Kerngedachte van een op deze manier georganiseerd continu verbeteringsproces is dat betrokkenen over competenties beschikken, bijdragen aan het steeds verder verbeteren van processen en dat experts hier op hun plek zijn, omdat zij de problemen van hun proces het beste kennen en geschikte oplossingen kunnen ontwikkelen.

Nuttig voor deze aanpak is intensief teamwork, waarin iedere betrokkene zijn ervaringen en voorstellen kan inbrengen. Kerngedachte van een op deze manier georganiseerd continu verbeteringsproces is dat betrokkenen over competenties beschikken, bijdragen aan het steeds verder verbeteren van processen en experts op hun werkplek zijn, omdat zij de problemen van hun proces het beste kennen en geschikte oplossingen kunnen ontwikkelen.

Hoe moet het worden?

Hoe kunnen we het bereiken?



bron: HBZ

PDCA-cyclus voor continue verbetering van bouwprestaties

## 4. VOORBEELD VAN TOETSING

### PRODUCTKWALITEIT: HET VENSTER

Hoe complexe verbanden de kwaliteit van een product beïnvloeden, zal hier aan de hand van het voorbeeld van ramen worden geschetst.

Voor passiefhuizen geldt, dat de U-waarde van het gehele raam de  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  niet mag overschrijden. De constructie van het kozijn moet zeer goede isolerende eigenschappen hebben en het glas is vrijwel altijd drievoudig. Door het daardoor bereikte lage energieverlies moeten oppervlaktetemperaturen aan de binnenkant van tenminste  $17^\circ\text{C}$  bereikt worden. Daarnaast gelden voor passiefhuisramen ook de algemene eisen die aan ieder raam worden gesteld. Om deze gedetailleerd vast te kunnen leggen, moeten eerst de effecten op dit onderdeel worden bekeken.

#### Invloeden van de buitenkant

- Regen, wind, temperatuur, zonlicht, geluid, mechanische invloeden (inbraak), chemische invloeden (reinigingsmiddelen)
- EN 12207, EN 12208, EN 12210, DIN 1055, EN 12152, EN 12154, EN 13051, EN 13116, EN 13420, EN 12219, DIN 4109, ENV 1627

#### Invloeden van de binnenkant

- Temperatuur, vochtigheid, mechanische invloeden, chemische invloed (reinigingsmiddelen)
- DIN 4108

#### Invloeden uit het onderdeel zelf

- Veranderingen in lengte en vorm (b.v. door het eigen gewicht)
- DIN 1055

#### Invloeden uit het bouwwerk zelf

- Bewegingen van het bouwwerk, toleranties
- DIN 18202

#### Invloeden door het gebruik

- Hefboomwerking, stootbelasting
- EN 13115, EN 13049, EN 14019
- Invloeden op ramen en buitendeuren met de daarbij behorende regelingen

Bron: Richtsnoer voor montage van ramen en huisdeuren, 4e druk (Duitsland)

Opdat deze verschillende invloeden niet tot tekortkomingen leiden, werden regels opgesteld om de kwaliteit vast te kunnen stellen. De architect heeft nu de taak de eisen aan een passiefhuis venster aan de hand van de specifieke omstandigheden ter plaatse (windbelastingszone, hoogte inbouw, oriëntatie, gebruikssituatie) zo gedetailleerd als nodig te realiseren. Daarbij horen ook bestekken en detailleringen, die een eenduidige lijst opleveren met eisen aan de constructie en aan de aansluiting

van de kozijnen aan het metselwerk. Om te voldoen aan de bovengenoemde eisen is de vakkundige uitvoering van de aansluitvoeg, d.w.z. de constructie, de voeggeometrie, de bevestiging, de isolatie en de afdichting van groot belang, waarbij vanzelfsprekend ook het gebruik van het raam in het oog moet worden gehouden. Wanneer ramen voor een passiefhuis uitsluitend op hun thermische kwaliteit worden beoordeeld, bestaat het gevaar dat nog binnen de geldende termijn een beroep moet worden gedaan op de garantie.

Naast de warmtedoorlatingscoëfficiënt ( $U_w$ -waarde) moeten nog de totale energiedoorlatendheidswaarde (g-waarde, ZTA waarde in Nederland) en de lichttransmissiegraad ( $T_L$ -waarde) voor succesvolle inzet in het passiefhuis worden meegerekend. En strikt genomen zou ook de desbetreffende situatie, b.v. de noord/zuid oriëntatie moeten worden meegenomen bij de keuze van de ramen, omdat aan de noordzijde van een gebouw het gebruik van de binnenkomende zonnewarmte minder belangrijk is dan aan de zuidzijde. Het is dus niet voldoende zomaar een raam met driedubbel isolatieglas met edelgas gevuld te nemen; alle aspecten moeten worden meegenomen. Bijzondere aandacht verdient het kozijn, dat naast een lage  $U_w$ -waarde ook tegen de bovengenoemde mechanische belastingen weerstand moet bieden. Voor een energie- en materiaalzuinige bouwwijze moet daarom worden gelet op duurzaamheid van de gehele constructie. Ook de inbouw zelf moet nauwkeurig worden bekeken. Hierbij spelen koudebruggen een doorslaggevende rol, m.a.w. de temperatuurfactor  $f_{Rsi}$  en de  $\Psi$ -waarde. Deze moeten voor een succesvolle montage van het raam vooraf worden berekend en aan het PHI (Passiv Haus Institut) of een namens hen geautoriseerd instituut worden aangetoond. Wanneer men super zuinige ramen voor een passiefhuis wil realiseren, wordt duidelijk dat er een integrale samenwerking tussen de betrokken partners, de kozijnenfabrikant en de uitvoerende bedrijven moet zijn.

Ter vereenvoudiging van de inter-Europese handel werd het CE-keurmerk ingevoerd. Sinds 01-02-2010 moeten ook alle ramen en buitendeuren die in de handel worden gebracht en onder productnorm DIN EN 14351-1 vallen, een CE-keurmerk voeren. De DIN EN 14351-1 normeert de prestaties van ramen en buitendeuren. Door de Fachverband Tischlerhandwerk NRW (Duitsland) werden op basis van deze productnorm de volgende bouw- en CE-relevante eigenschappen in onderzoeken bekeken:

- Luchtdoorlatendheid
- Dichtheid bij slagregen
- Weerstand tegen winddruk
- Draagkracht van veiligheidsvoorzieningen
- Warmtegeleidingscoëfficiënt
- Sterkere geluidsbescherming

Verder werden op grond van extra onderzoeken de volgende niet bindende eigenschappen onderzocht:

- Duurzaamheid functie
- Mechanische stabiliteit
- Weerstand tegen vleugelbelasting
- Weerstand tegen statische torsie
- Krachten door bediening

Voorbeeld keurmerk van productnorm DIN EN 14351-1, bron: Fachverband Tischlerhandwerk NRW

De resultaten van deze onderzoeken werden in een systeemmap samengevat. Bedrijven die van deze systeemmap gebruik maken, moeten ook een interne productiecontrole door gekwalificeerde medewerkers waarborgen en documenteren. De zo geproduceerde en op de markt gebrachte ramen en deuren zullen met de in het CE-keurmerk vastgelegde eigenschappen hebben.

Informatie over brandveiligheid, rookdichtheid en inbraakgevoeligheid wordt echter niet gegeven. En of een raam of buitendeur voldoet aan de eisen van een passiefhuis, kan aan een CE-keurmerk eveneens niet worden afgelezen. Het CE-keurmerk is dus een noodzakelijke voorwaarde om ramen en buitendeuren in de handel te brengen, maar niet toereikend om te bepalen of een raam of buitendeur geschikt is voor een passiefhuis. Hiertoe is nader onderzoek nodig en – heel nuttig – ook gecertificeerde bewijzen door instituten, die zowel over de desbetreffende technische uitrusting alsook over gekwalificeerd personeel beschikken.



bron: HBZ

Ontwikkeling van de richtsnoer voor de montage van ramen en huisdeuren in een tijdsbestek van 10 jaar



warmtestromen rond het passiefhuisraam

# CE

Fa. Mustermann GmbH & Co KG  
12345 Musterhaus  
2011  
EN 14351-1: 2006 + A1:2010  
System IV 68 aus Holz  
für die Verwendung in Wohn- und  
Nichtwohngebäuden

Widerstand gegen Windlast: B3  
Schlagregendichtheit: 5A  
Schallschutz: npd  
Wärmeschutz:  $U_w 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$   
g-Wert: 0,63  
Lichttransmission: 0,80  
Luftdurchlässigkeit: 3  
gefährliche Substanzen: npd  
Tragfähigkeit von Sicherheitsvorrichtungen: erfüllt

bron: Fachverband  
Tischlerhandwerk NRW

CE-Kennzeichnung

## 5. CRITERIA VOOR PASSIEFHUIZEN

De voor woonhuizen geldende certificeringscriteria zijn volgens het Passivhaus Instituut Darmstadt:

- Warmte voor verwarming: max. 15 kWh/(m<sup>2</sup>\*jaar)
- c.q warmtebehoefte: max. 10 W/m<sup>2</sup>
- Energie primaire energie totaal: max. 120 kWh/(m<sup>2</sup>\*jaar)
- Luchtdebietwaarde Qv 10: max. 0,15 l/sec/m<sup>2</sup>

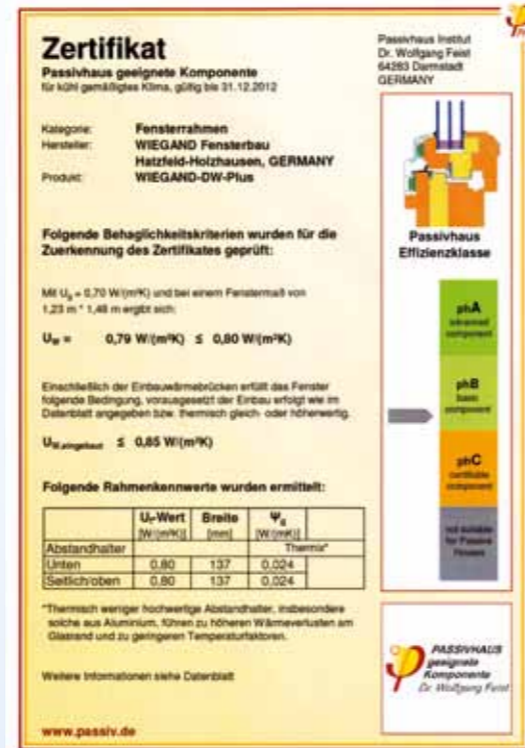
Hoewel gebalanceerde mechanische ventilatie met warmterugwinning strikt gezien niet voorgeschreven is, is deze in de praktijk van passiefhuizen onvermijdelijk. Deze criteria, die voor het gematigd koude klimaat in ons deel van Europa gelden, moeten met het PassiefHuis-Projecterings-Pakket (PHPP) worden aangetoond. Het kwaliteitsbewijs voor een passiefhuis omvat in totaal 43 punten, die samen met de productdata en foto's uit de afzonderlijke bladen en foto's uit de afzonderlijke bouwfasen aan het Passiv Haus Instituut (PHI) ter controle moeten worden voorgelegd.

De controle van de voor het bouwproject relevante documenten moet indien mogelijk al tijdens de planningsfase plaatsvinden. Correcties en verbeteringsvoorstellen van de certificerende instantie kunnen dan nog op tijd worden meegenomen in de realisatie. Het certificaat wordt uitsluitend op basis van de ingeleverde documenten verleend; het Passief Haus Instituut (PHI) verzorgt geen bouwtoezicht. Hier wordt dus van de directie gevraagd om de realisatie van de planning heel intensief te controleren.

De voor een passiefhuis geschikte componenten en producten hoeven niet per se door het Passief Haus Instituut te zijn gecertificeerd. Gebruik maken van gecertificeerde producten vergemakkelijkt echter het ontwerpproces wel sterk. Want omgekeerd is het bij het ontwerp van een passiefhuis wel moeilijk uit de informatie van de fabrikant en de gangbare kengetallen van een product af te lezen of het product geschikt is voor het te bouwen gebouw of woning. Dit is veel makkelijker met producten die werden getest aan de hand van een uniforme testmethode voor energie- en comfortcriteria.

Een lijst met actuele gecertificeerde producten is te vinden op de internetpagina's van het Passief Haus Instituut: [www.passiv.de](http://www.passiv.de).

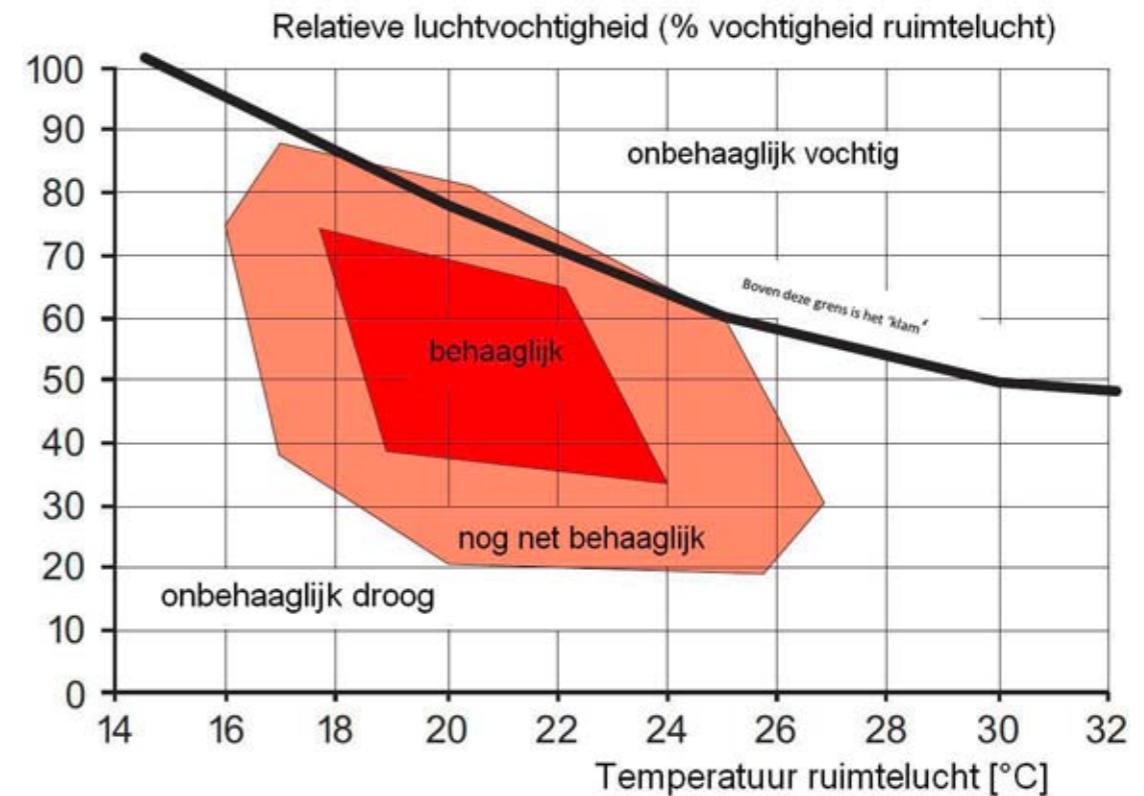
De gecertificeerde producten zijn niet de enige hulpmiddelen die planners van het Passiefhuis Instituut krijgen. Een andere belangrijke ondersteuning levert het programma PHPP – Passiefhuis Projecterings pakket, dat door het Passiv Haus Instituut speciaal voor de bouw van passiefhuizen werd ontwikkeld. Het bestaat uit een spreadsheet, die alle belangrijke documenten voor het ontwerp van een passiefhuis en de berekening van de energiewaarden bevat. Naast de berekening van de energiebalans en het vastleggen van de verwarmingscapaciteit wordt met behulp van de PHPP de ventilatie berekend en het bewijs t.b.v. de (Duitse) subsidie van passiefhuizen.



Certificaat van een voor passiefhuizen geschikt product



Het Passiefhuis projecterings pakket als CD met handboek



bron: Energieagentur NRW

Behaagelijkheidsdiagram

## 6. KWALITEITSEISEN VAN GEBRUIKERS

De belangrijkste eis van gebruikers zal zijn, dat zij zich comfortabel voelen in het gebouw. Een belangrijk kenmerk voor het welbevinden is de thermische behaaglijkheid, die – zoals niet anders te verwachten – ook in een norm vastgelegd is (EN ISO 7730).

De belangrijkste invloeden van de thermische behaaglijkheid zijn de luchttemperatuur, de gemiddelde oppervlaktetemperatuur van het omsluitende oppervlak, de warmtegeleiding van het vloeroppervlak, de luchtsnelheid en de relatieve luchtvochtigheid van de binnenlucht. In het ideale geval dienen de temperatuurverschillen zo klein mogelijk te zijn. Hoe meer warmte van de oppervlakken van een ruimte worden afgestraald, hoe lager de luchttemperatuur in een ruimte kan zijn. Hierbij zijn echter de individuele voorkeuren van de gebruiker doorslaggevend en hiermee moet in de ontwerpfase rekening worden gehouden. Los van het individuele gevoel van behaaglijkheid staat het zorgvuldige ontwerp en vakkundige bouw van een luchtdichte gebouwschil centraal.

Deze aanpak waarborgt bij een correcte uitvoering thermisch comfort, optimaliseert het gebruik van de ventilatie en helpt daarmee (verwarmings)energie te besparen.

De inzet van een drievoudige beglazing met een U-waarde van max. 0,8 W/m<sup>2</sup>K bespaart energie en biedt bewoners van een passiefhuis een grote mate van geluidsbescherming. Anderzijds daalt de g-waarde (totale energiedoorlatendheidsgraad, = ZTA waarde in Nederland ) van de ramen onder 0,5, zodat maar 50% van de zonnestraling in de woonruimte kan komen. Er moet op worden gelet dat ramen met g-waarden van meer dan 0,6 worden gebruikt, zodat gebruik kan worden gemaakt van invallend zonlicht, terwijl de bewoners niet de indruk hebben in donkere verblijven te leven en kunstmatige verlichting moeten gebruiken. Tegelijkertijd moeten de ramen luchtdicht afsluiten en ook de wandaansluiting moet luchtdicht zijn om tocht te voorkomen.

Naast al het streven om te zorgen voor thermische behaaglijkheid, mag de luchtkwaliteit niet buiten beschouwing blijven. Op grond van de luchtdichte bouwwijze is het in een passiefhuis onontkoombaar een mechanisch ventilatiesysteem te installeren, waarmee een geregelde luchtverversing gewaarborgd wordt. De toevoer van verse lucht is voor de bewoners heel belangrijk, omdat bij een dagelijkse luchtbehoefte van wel 20 m<sup>3</sup> per persoon (dat komt overeen met een massa van 24 kg) de



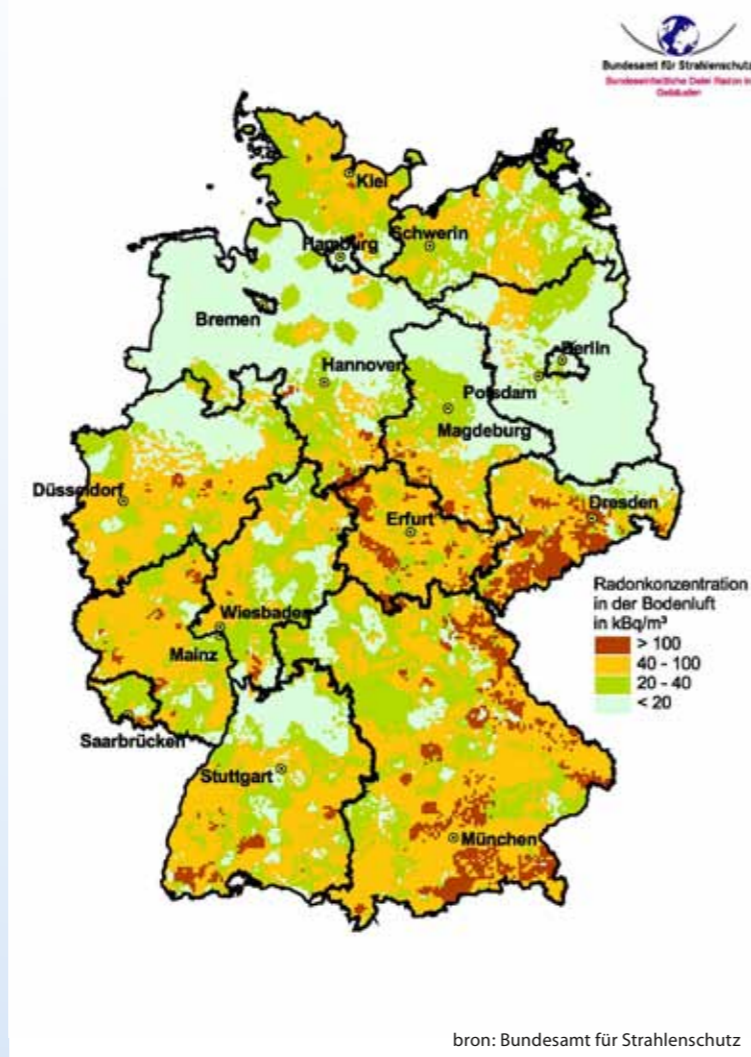
lucht veruit het belangrijkste „levensmiddel“ is. Vaak zijn conventionele bouwproducten de bron van schadelijke stoffen, zoals VOC (volatile organic compounds – vluchtige organische verbindingen) of formaldehyde. Een goede kwaliteit van de ruimtelucht wordt bereikt door gebruik te maken van bouwproducten die vrij zijn van schadelijke stoffen. Over dit thema werd in het kader van het project „Toekomst Passiefhuis“ een speciale flyer uitgegeven met de titel „Passiefhuis – het kan ook ecologisch“, die te vinden is op [www.passivhaus-euregio.de](http://www.passivhaus-euregio.de).

De inzet van een ventilatiesysteem met warmteterugwinning zorgt natuurlijk niet alleen voor de bovengenoemde zuurstofvoorziening, maar ook voor de op hygiënische gronden noodzakelijke luchtverversing, waardoor vochtigheid, schadelijke stoffen en stank uit het gebouw worden gevoerd. In het bijzonder in regio's die te maken hebben met een hoge radonbelasting, is een geforceerde ventilatie – zelfs met hogere luchtverversingspercentages dan gebruikelijk – van bijzonder belang, om een te hoge concentratie van dit radioactieve gas te voorkomen. Hulp bij bescherming tegen radon biedt het Radon-handboek van het federale milieuministerie. Ook de radon informatiebladen van het ministerie geven tips voor bouwtechnische maatregelen. Wanneer deze deskundig worden uitgevoerd zorgen zij ervoor dat er een zeer lage radon belasting ontstaat.

Het verplichte gebruik van geforceerde ventilatie in het passiefhuis moet de bewoners een hygiënisch goede binnenlucht garanderen. Voorwaarde hiervoor is natuurlijk wel dat de kwaliteit van de lucht niet door het ventilatiesysteem zelf in het gedrang komt. Daarom wordt er in hygiënerichtlijn VDI 6022 uitdrukkelijk op gewezen dat het gehalte aan stof, bacteriën en andere biologische inhoudsstoffen in de toekomst niet hoger mag zijn dan in de buitenlucht. Opdat op lange termijn wordt voldaan aan deze eisen, moeten ventilatiesystemen regelmatig door gekwalificeerde vakmensen met een kwalificatie in hygiëne worden gereinigd en onderhouden; cursussen daarvoor worden georganiseerd door de Handwerkskammer Bildungszentrum Münster. Door het afsluiten van een onderhoudscontract met een erkend bedrijf kan de bewoner van een passiefhuis ervan verzekerd zijn dat zijn huis ook op de lange duur aan de eisen zal voldoen.

Wie de voordelen van een goed geconstrueerd en onderhouden passiefhuis kent, wil er vaak zolang mogelijk in wonen. Al bij de eerste gesprekken met de opdrachtgever moet worden nagedacht over drempelvrij wonen. Douches zonder instap, brede deuren zonder drempel, gemakkelijke trappen en goed te bereiken bedieningsknoppen gaan niet in tegen het idee van een passiefhuis. Dit zorgt niet alleen voor woongemak van oude en gehandicapte mensen, maar zijn voor alle bewoners van een passiefhuis comfortabele zaken die niemand meer wil missen – nadat men ze heeft leren waarderen.

De bovengenoemde details zijn maar een kleine greep uit het



bron: Bundesamt für Strahlenschutz

Overzicht van de radonconcentratie in de bodemlucht in één meter diepte

grote aantal mogelijke drempelvrije uitvoeringen. Een drempelvrij ontwerp van een passiefhuis begint met de voordeur, houdt rekening met alle vertrekken van het gebouw en eindigt bij het terras en het balkon. Cursussen waarin de technische uitgangspunten en de eisen die genoemd zijn in DIN 18024 „Drempelvrij bouwen“ en DIN 18025 „Drempelvrije woningen“ worden toegelicht, worden door de Handwerkskammer al sinds een aantal jaren met succes aangeboden.



bron: HBZ

Ventilatiekanaal in het passiefhuis



bron: HBZ

Een ventilatiesysteem moet regelmatig onderhouden worden



bron: HBZ

Bodemkanaal van een ventilatiesysteem zonder beschermkap tegen vuil

Seminar

**Fachplaner für barrierefreies & komfortables Wohnen**

Qualifizierung für Betriebe und Planer  
– Handwerker, Architekten, Innenarchitekten, Berater –

Cursus van de HBZ, Münster voor drempelvrij en comfortabel wonen



bron: Baugrunderingenieur Giljohann & Schäfer, Dortmund

Gevolgen van het afzien van een onderzoek naar de draagkracht

## 7. KWALITEITSBEWAKING BIJ DE PLANNING

Wie een passiefhuis bouwt, wil graag een zo laag mogelijk energieverbruik. Daarmee wordende eisen waaraan een huis volgens de vigerende regelgeving moet voldoen ruim gehaald. De architect van een passiefhuis kan er dus vanuit gaan dat de opdrachtgever hoge eisen stelt en wellicht niet tevreden zal zijn met een normale uitvoering en kwaliteit. De veeleisende houding van de opdrachtgever maakt vaak een uitgebreid advies noodzakelijk, want het is de vraag of de in het contractrecht vaak genoemde formulering „...de uitvoering komt overeen met de regels van de techniek...“ overeen komt met de verwachtingen van de opdrachtgever. Bij het ontwerp en de bouw van een passiefhuis – dat in feite overeen komt met een hogere stand van de techniek – kunnen de geëiste kwaliteitseisen wellicht alleen met oplossingen conform de „stand van de techniek“ en niet conform de „erkende regels van de techniek“ worden gerealiseerd. De stand van de techniek is gebaseerd op gefundeerde inzichten van wetenschap en techniek, en voorwaarden van de realisatie van deze inzichten bij de bouw van een woning of gebouw zijn:

- a) gekwalificeerde en gemotiveerde medewerkers
- b) hoogwaardige producten en onderdelen. De architect van

een passiefhuis heeft vaak problemen om de geschiktheid van een onderdeel voor een passiefhuis aan de hand van de technische gegevens te beoordelen. Voor een succesvol ontwerp is het daarom een voordeel gebruik te kunnen maken van onderzochte en gecertificeerde producten. Producten, die door het Passiv Haus Instituut aan de hand van uniforme criteria werden onderzocht en het certificaat „Component geschikt voor passiefhuis“ dragen, zijn wat betreft hun eigenschappen vergelijkbaar en van uitstekende energetische kwaliteit. De lijst van gecertificeerde producten van attikabeschoot tot beglazing is op internet te vinden: [www.passiv.de](http://www.passiv.de).

Uit het gebruik van deze hoogwaardige producten en het hoogwaardige ontwerp en dito uitvoering van een passiefhuis volgt uiteindelijk ook de hogere prijs die met de verkoop van een passiefhuis kan worden gerealiseerd.

Planningsbegeleidende kwaliteitscontroles door onafhankelijke instellingen levert zowel de opdrachtgever alsook de architect grote voordelen op, omdat zwakke punten op een vroeg tijdstip worden herkend en met relatief lage kosten voor een nieuwe detaillering kunnen worden hersteld. Ook zou het vanzelfspre-

kend moeten zijn bij een nieuw ontwerp, of bij een verandering van een al bestaand ontwerp, een tweede deskundige („second opinion“) te vragen en ook te luisteren naar de vakmensen op de bouwplaats zelf. Dit of de geplande maatregel met de ter beschikking staande middelen en de kennis en kunde van de medewerkers wel kan worden gerealiseerd. Een geschikte discipline-overkoepelende plannings- en ontwerpgroep kan helpen om de eisen aan het gebouw zeer precies en alomvattend vast te leggen en daaruit een duidelijk bestek te destilleren.

Wanneer dit niet al voor de koop van een bouwkaft gebeurd is, dient aan het begin van de ontwerpfase een onderzoek naar de ondergrond te worden gedaan. Dit rapport levert o.a. inzichten over de draagkracht en het vochtigheidsgehalte van de gronden.

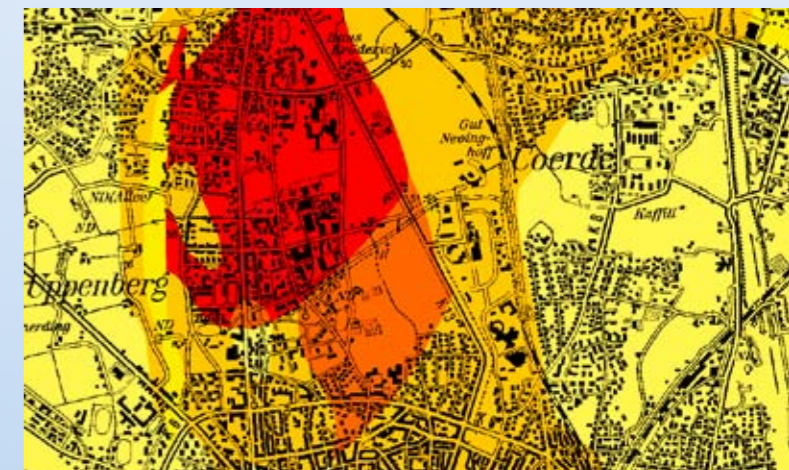
Levert inzichten of er een dure bodemverbetering moet worden meegenomen in de financiering van het huis. Tegelijkertijd kan een onderzoek worden gedaan of de grond geschikt is voor toepassing van een warmtepomp met bodemwarmtewisselaar. Bij een horizontale collector moeten de omstandigheden ter plaatse gunstig zijn, zodat de grond genoeg energie kan opnemen, opslaan en later weer afgeven. Of de grond voldoende warmte kan leveren hangt af van de dichtheid, een fijne textuur en het watergehalte van de grond. Het watergehalte van de grond speelt vanwege de grote warmtecapaciteit van water een doorslaggevende rol. Gesloten bodemlussen voor aardwarmte, die hun energie vaak uit 40 tot 100 m diepe boorgaten halen, kunnen zowel voorkomen als afzonderlijke sondes voor eengezinshuizen of twee-onder-een-kap woningen alsook als hele velden met wisselaars voor wijken of grotere gebouwen als scholen of bedrijfsgebouwen. Een geothermische check kan laten zien hoeveel aardwarmte uit de ondergrond kan worden gebruikt en of een warmtepomp rendabel is. Meer informatie over dit thema kan men b.v. vinden bij TNO.

Bij het ontwerp van een passiefhuis worden tot dusver vaak alleen de koude wintermaanden als kritische tijd gezien. Daarom denken veel architecten dat het afdoende is meer isolatie dan gebruikelijk en een luchtdichte gebouwschil toe te passen. Daaruit wordt dan afgeleid dat er een gecontroleerde ventilatie met warmteterugwinning nodig is. Of deze echter toereikend is voor de verwarming van het huis, is nog maar de vraag. Voor de zekerheid wordt dan nog een warmtepomp met een oppervlakteverwarming en voor het warme water een zonneboiler geïnstalleerd. Met dit redundante verwarmingssysteem neemt de architect geen risico, maar zorgt wel voor hoge installatiekosten voor de opdrachtgever.



bron: Baugrunderingenieur Giljohann & Schäfer, Dortmund

Bouwgrondonderzoek met een grondboor



Voorkomen van ondiepe aardwarmte in de regio Münster

bron: Geologisch Dienst NRW



Een goede gesloten uitvoering van de isolatie – zonder gaten of spleten – is niet alleen bij passief huizen van belang

## 8. KWALITEITSBEWAKING TIJDENS DE BOUW

De architect/toezichthouder van een passiefhuis is verantwoordelijk voor de foutloze bouw van het huis. Het wordt natuurlijk niet van hem verwacht dat hij steeds op de bouwplaats aanwezig is. Wel is het zaak al aan het begin van de bouw op bepaalde tijdstippen de stand van zaken van de uitvoering te vergelijken met de planning en het ontwerp. Het moet worden beoordeeld in hoeverre afwijkingen relevant zijn en of er herstel moet plaatsvinden. Bijzonder kritische zaken die een hoog risico met zich mee brengen, moeten zeer nauwkeurig worden bekeken. De afbakening van onbeduidend werk en werk dat een groot risico op fouten met zich mee brengt, is soms moeilijk. Bij de bouw van een passiefhuis is het daarom veiliger liever meer dan minder controles toe te passen.

Onder de voorwaarde dat de planning met succes verlopen is – een slechte planning levert geen goede resultaten – wordt bij doelgericht werken met reflectie de gewenste bouwkwaliteit niet door toeval bereikt, maar door plingericht handelen. Het al bij de planningscheck toegepaste 4-ogen-principe (architect – opdrachtgever) dient ook bij latere controles te worden gecontinueerd en indien nodig te worden uitgebreid.

Terwijl de opdrachtgever bij de planning nog de kans heeft te bekijken of zijn ideeën over het passiefhuis zijn meegenomen door de architect, heeft hij tijdens de uitvoering vaak niet genoeg vakkenis om dit goed te kunnen beoordelen. Op zijn laatst op dit tijdstip moet dan het 4-ogen-principe worden overgedragen op de uitvoerder of het bedrijf en één of meer deskundigen

De frequentie van de kwaliteitscontroles op de bouwplaats blijkt net zo variabel als het optreden van fouten. In de praktijk is gebleken dat in de regel vijf tot 10 controles ter plaatse toereikend zijn om de bouwkwaliteit te kunnen waarborgen.

Wanneer het passiefhuis met een kelder uitgerust wordt, is een belangrijk tijdstip van een kwaliteitscontrole het tijdstip wanneer de fundamente volgestort worden. Op dit tijdstip kan b.v. de afdichting van de kelderwanden, de kwaliteit van het beton of de drainage worden gecontroleerd en met de geëiste kwaliteitscriteria worden vergeleken.



Zonder afdichting zal uit dit stopcontact ongecontroleerd lucht stromen.

Een ander belangrijk moment is b.v. de controle van het fundament op draagkracht. Bij het passiefhuis bijzonder belangrijk: de controle van de isolatie en de luchtdichte schil. Dit kan worden vastgesteld door geschikte meetmethoden (zie volgend hoofdstuk) en bij grotere gebouwen de adequate uitvoering van brandwerende maatregelen. Bij de overdracht van de sleutel vindt natuurlijk nog een omvangrijke controle van alle bereikbare onderdelen plaats, b.v. stukadoorswerk aan binnen- en buitenzijde, tegelwerk en deuren en trappen. In vergelijking met de inhoudelijke eisen aan een passiefhuis lijkt dit alles minder belangrijk, toch is een deugdelijk duurzaam gebruik van een passiefhuis en het daarmee samenhangende woongenot voor de bewoners minstens zo belangrijk als een laag energieverbruik.



Voorbeeld van een bouwplanning van een renovatieproject



Bij een intensieve controle van de bouw kunnen fouten op tijd worden herkend en met relatief weinig kosten worden hersteld.



Bij een intensieve controle van de bouw kunnen fouten op tijd worden herkend en met relatief weinig kosten worden hersteld.



Blower-door-test tijdens de bouw om eventuele lekkage op te sporen

## 9. KWALITEITSCONTROLE – MEETMETHODEN

### Blower-Door-Test

Bij de controle van de luchtdichtheid van de schil van het gebouw wordt een windbelasting gesimuleerd en gemeten hoe goed de schil bestand is tegen luchtdrukverschillen. Het hiervoor noodzakelijke drukverschil tussen binnen en buiten wordt gerealiseerd door een ventilator die in een deur- of vensteropening wordt geplaatst.

Met de regelbare ventilator wordt in het gebouw eerst een onderdruk opgebouwd. Bij een constant drukverschil tussen binnen en buiten wordt de hoeveelheid lucht gemeten, die de ventilator transporteert. Deze volumestroom wordt gerelateerd aan het verwarmde volume van het gebouw en daaruit wordt het luchtdebetpercentage berekend. De gelijke methode wordt bij de overdruk toegepast en daaruit wordt het gemiddelde berekend.

Bij een drukverschil van 50 Pascal – dit komt ongeveer overeen met een windsterkte van 5 Beaufort – wordt dit gebouw-centage met de zogeheten  $n_{50}$ -waarde weergegeven.



Resultaat van een neveltest bij overdruk



Gebruik van het nevelapparaat om de vensteraansluitingen te controleren



Blower-door-ventilator met meettoestel om de volumestroom te meten

In Nederland wordt de zogenaamde Qv 10 methode gebruikt: bij 10 Pascal drukverschil mag de infiltratie van een passiefhuis niet hoger dan 0,15 liter/sec/m<sup>2</sup> woningoppervlak zijn.

Een luchtverversingspercentage van  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$  betekent echter nog altijd dat bij een blower-door-test 60% van het verwarmde volume aan binnenlucht door de schil stroomt. Bij natuurlijke windomstandigheden bedragen de ventilatieverliezen nog maar 5 tot 10% van het ruimtevolumen. Dit is bij een passiefhuis met 400 m<sup>3</sup> vrij te ventileren volume ca. 20 tot 40 m<sup>3</sup>/h. Gedurende de totale verwarmingsperiode van 200 dagen gerekend, is dat in het meest gunstige geval in totaal altijd nog 96.000 m<sup>3</sup> c.q. het 240-voudige van het ruimtevolumen. Daarom zou tijdens de bouwfase een blower-door-test moeten worden uitgevoerd. Alleen deze meetmethode waarborgt dat zo veel mogelijk lekkages in de gebouwschil kunnen worden gevonden en afgedicht. Een afsluitende meting met methode A (onderzoek van het gebouw in gebruikstoestand) bevestigt dan het succesvolle aanbrengen van een luchtdichte gebouwschil en het voldoen aan het maximaal toelaatbare luchtdebet in het passiefhuis van  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ .

Blower-door-metingen bij meer dan 200 passiefhuizen (Peper 2000) lieten een gemiddelde van  $n_{50} = 0,37 \text{ h}^{-1}$  zien en toonden aan dat een luchtdichte schil inderdaad kan worden gerealiseerd. Echter mag niet worden vergeten dat een blower-door-meting een momentopname bij de oplevering van een passiefhuis is. Ook gedurende de gebruiksduur van misschien wel 50 jaar moet de dichtheid gegarandeerd zijn, zodat eventuele latere metingen – en afhankelijk van het resultaat ook verbeteringen – op een later tijdstip moeten worden overwogen. Hoewel de fabrikanten van kleefbanden bij een goede verwerking van hun producten een lange garantie geven, geeft een regelmatig controle de opdrachtgever meer veiligheid. Al kleine lekkages hebben een grote invloed op de functionaliteit van de dakconstructie. Berekeningen laten zien dat een dak met een ideale dichtheid een U-waarde van 0,22 W/m<sup>2</sup>K heeft, terwijl een dak, dat maar op 80% van het oppervlak optimaal afgedicht is, een twee keer zo hoge U-waarde (0,44 W/m<sup>2</sup>K) heeft en daarmee duidelijk grotere energieverliezen. Een „millimetervoeg“ van 1 m lengte per m<sup>2</sup> luchtdichte laag kan ertoe leiden dat de U-waarde bij een lichte wind wel met een factor 5 tot 6 slechter wordt.

Een blower-door-meting biedt niet alleen de kans de mate van luchtverversing van een gebouw te bepalen, maar laat ook op indrukwekkende wijze de lekken in de gebouwschil zien. Ook zonder technische hulpmiddelen kan bij onderdrukmeting met een vochtige vinger koude lucht worden opgespoord. Met de warmtebeeldcamera kan men natuurlijk professioneler te werk gaan. Met dit visualiserende meetinstrument wordt de temperatuurverdeling van een onderdeel in kleur weergegeven.



Voorafgaand aan een neveltest kan men maar beter de brandweer informeren



Stroomsnelheid van indringende koude lucht bij een onderdrukmeting



Debietmeting bij een stopcontact met thermische anemometer en volumestroomtrechter

Bij een temperatuurgevoeligheid van 0,1 °C kunnen ook al heel kleine lekkages worden opgespoord.

De beoordeling van lekkages vindt plaats via kwantificering van de volumestroom en de stroomsnelheid. De stroomsnelheid wordt met een thermische anemometer gemeten, die de luchtsnelheid in meter/seconde weergeeft. Wanneer de koude lucht met meer dan 2 m/s door een lek stroomt, wordt dit meestal als storend ervaren en er moeten maatregelen worden genomen om dit onderdeel af te dichten. De hoeveelheid van de door een lek stromende lucht wordt met een volumestroom meettrechter bepaald. De lekken kunnen bij een overdrukmeting met behulp van een nevelmachine worden opgespoord. Bij deze methode kan een selectieve aanpak worden gekozen. Verdachte plaatsen in de woonvertrekken dienen apart te worden beneveld om de weg van de nevel door de gebouwschil naar buiten te kunnen traceren. Na de blower-door meting moet de gehele gebouwschil dicht zijn, om de noodzakelijke luchtdichtheid van het gebouw veilig te stellen. Bepaalde diploma's hoeft het meet team niet te hebben, echter is het aan te bevelen vakmensen te vragen voor de meting.

#### Thermografie

Een infrarood thermografieopname – de vakman heeft het ook wel over een thermogram – laat de warmteafstraling van het opgenomen gebouw meestal als veelkleurig beeld zien. Om duidelijke opnames te kunnen maken en deze te interpreteren, moet men zich verdiepen in de bouwfysica, daarbij vooral de warmtestralingsfysica – het principe van de thermografie. Hier wordt afgezien van een gedetailleerde beschrijving van deze principes. Het gebruik van een warmtebeeldcamera voor kwaliteitscontrole vraagt om bepaalde randvoorwaarden, die onderstaand worden toegelicht.

Bij een kwaliteitscontrole wordt een warmtebeeldcamera hoofdzakelijk voor twee onderzoeken ingezet: ten eerste voor het opsporen van lekkages die bij de blower-door-meting zijn vastgesteld en ten tweede voor het onderzoek naar koudebruggen in de buitenwandconstructie. In beide gevallen wordt een temperatuurverschil bij de slechte plek en de omgevende onderdelen gebruikt om het verschil te laten zien. In het geval van een lekkage zal het meestal om indringende koude lucht gaan, die bij de overdrukmeting van een blower-door-test het beste aan de binnenzijde te zien is. Voor de controle van een koudebrug moet, al naargelang de constructie, worden bekeken of de camera aan de binnen- of buitenkant moet worden ingezet. Opnames aan de binnenzijde zijn zinvol wanneer het zicht van buiten op de koudebrug wordt belemmerd. Verder kan er aan de binnenzijde op ieder uur van de dag een opname worden gemaakt, omdat de warmtestraling van de zon de opname dan niet verstoort. Indien mogelijk, is het zinvol om een koudebrug vanuit verschillende punten te meten om een goed beeld te verkrijgen.

In ieder geval moet er een temperatuurverschil tussen meetobject en omgeving – liefst meer 10 °C of meer – zijn en storende vreemde straling mag het meetresultaat niet beïnvloeden. Vreemde straling moet in het geval van twijfel worden afgeschermd of in de analysesoftware worden gecompenseerd. Hiervoor is het nodig dat de invloed van de vreemde straling eveneens wordt gemeten. Bij binnenopnamen kan een warmtebron of een halogeenlamp zoveel warmte afgeven, dat een eenvoudige meting van de warmtebrug of het lek niet meer mogelijk is.

De ervaring leert dat het bij een koudebrug in passiefhuizen vaak gaat om een temperatuurverschil van minder dan 1 °C. Ook de afmeting van de plek kan heel klein zijn. Daarom is het noodzakelijk een camera te kiezen die een grote resolutie qua temperatuurverschillen en geometrie heeft. De „Berufsverband für angewandte Thermografie – VATH“ heeft in 2011 een nieuwe richtlijn voor warmtebeelden gepubliceerd, waarin de minimumeisen aan de infrarood meettechniek en het personeel worden beschreven.

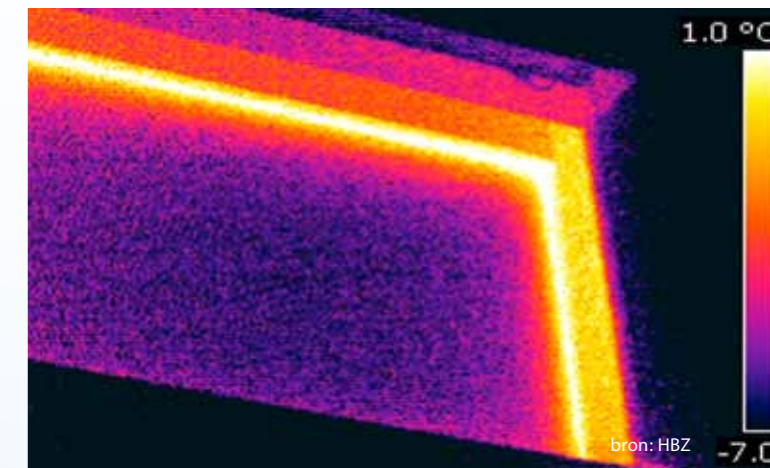
O.a. worden camerasystemen geadviseerd die een detectorresolutie (IR-beeldsensor) van tenminste 240 x 320 pixel hebben, een reëel meetveld (IFOV<sub>meas</sub> – Instantaneous Field of View) van minder dan 10 mrad en een thermische resolutie (NETD – Noise Equivalent Temperature Difference) van minder dan 60 mK.

Warmtebeeldsystemen die aan deze eisen voldoen, worden door verschillende merken aangeboden, kosten echter nog steeds enkele duizenden euro. Ook wanneer je zoveel geld in meettechniek geïnvesteerd hebt, is het nog niet gegarandeerd dat er ook goede warmtebeelden worden geproduceerd. Daarom is een goede scholing van de medewerkers die het onderzoek met een warmtebeeldcamera uitvoeren, van groot belang. Stralingsfysica – het principe van het maken van warmtebeelden – is een veeleisend thema, waarin de bediener zich goed moet verdiepen om geen verkeerde interpretaties van de opnames te leveren. De VATH eist daarom: „...mogen personen metingen en analyses alleen zelfstandig uitvoeren, wanneer zij conform DIN 54162/DIN EN 473 op de niveaus 2 of 3 gecertificeerd zijn.“

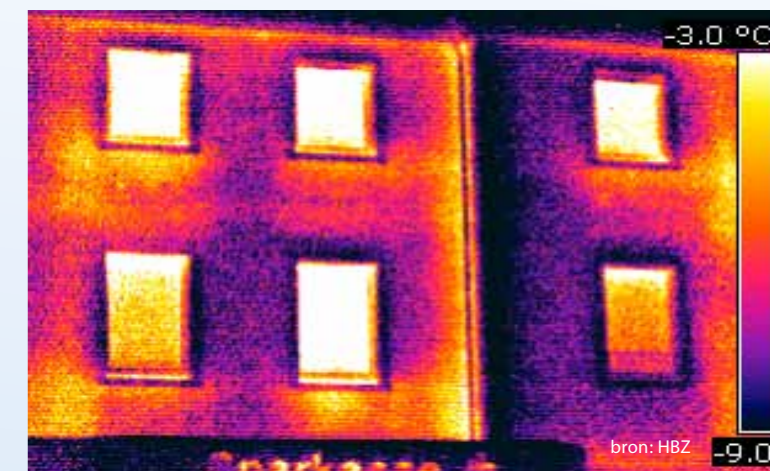
Daarmee wordt vastgelegd: personeel dat de opnames verzorgt heeft diepgaande kennis van de meettechniek, de thermodynamica en van bouwconstructies en bouwfysica nodig. Voor het onderzoek van een passiefhuis is het daarom aan te bevelen om gebruik te maken van deskundig personeel, dat al jarenlang ervaring heeft met warmtebeelden en naast een goede camera ook vochtgehalten kan meten en gebruiken om de meting te valideren.



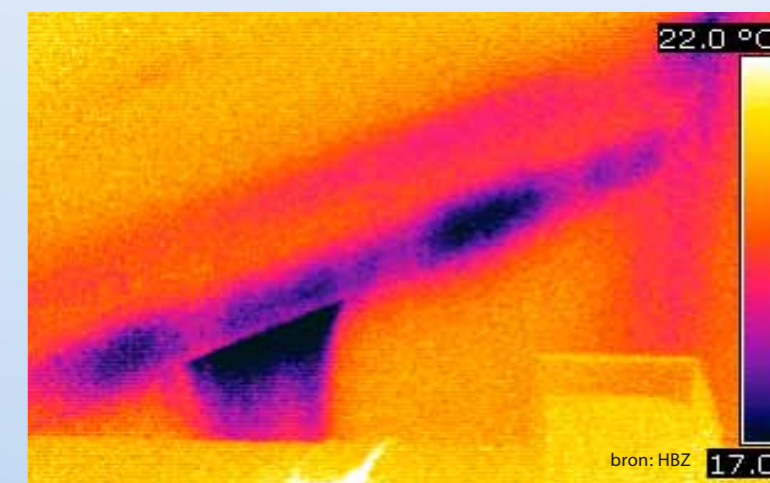
Geometrische warmtebrug waarbij de temperatuur onder de condensatiegrens zakt



Energieverlies door warmtegeleidende afstandhouders (aluminium) in een raam van een nieuwbouwhuis



Bepaling van de energieverliezen voor de renovatie



Binnendringende koude lucht door lekkages in de luchtdichte laag

## 10. DOCUMENTATIE

Bij gecompliceerde bouwen, dus ook bij de bouw van een passiefhuis waarbij veel zaken gecoördineerd moeten worden, is het aan te bevelen een uitvoerig dagboek bij te houden. Hoewel het bijhouden van een bouwdagboek meestal voorgeschreven is, is in de praktijk te zien dat er vaak tekortkomingen zijn door onvolledig of te laat invullen. De ontwikkeling van de bouwactiviteiten is daardoor niet goed te volgen en de communicatie tussen de verschillende bouwactiviteiten wordt onnodig bemoeilijkt.

In een tijd met krachtige mobiele apparaten als laptops, iPads etc., dient het dagboek op papier te worden vervangen door een digitale vorm. Een centraal digitaal bouwdagboek waartoe de verschillende betrokkenen via een password toegang hebben, maakt het iedereen mogelijk de voortgang te bekijken en de eigen werkzaamheden snel met tekst en afbeeldingen te documenteren. De actuele plannen kunnen, net zoals de contactgegevens van de op de bouwplaats actieve bedrijven of de externe deskundigen, ter plekke worden opgehaald. Door deze transparantie bij de bouw worden onduidelijkheden in het bestek geminimaliseerd, vragen vergemakkelijkt en de opgetreden tekortkomingen sneller herkend. Tegelijkertijd hebben de verantwoordelijken op de bouw meer juridische zekerheid, omdat aan de hand van de chronologische meldingen kan worden nagetrokken wie op welk tijdstip op de bouwplaats aanwezig

was en of de geleverde prestaties overeenkomen met de eisen van de directie.

Het toenemende belang van IT op de bouwplaats zal in de nabije toekomst de doorbraak van het Building Information Modeling (BIM), ook bij kleine projecten, betekenen. Het bouwwerk wordt met alle details als exact virtueel model met de computer opgesteld. Bij consequente toepassing door alle bij de bouw betrokken partijen ontstaat een consistent datamodel, dat de afzonderlijke plannen bundelt. Alle noodzakelijke tekeningen kunnen daaruit als overzichtstekening, detailtekening of als „foto“ worden geëxtraheerd; hetzelfde geldt voor onderdelenlijsten.

Al voor de daadwerkelijke bouw kan het gebouw op alle noodzakelijke zaken worden onderzocht en gesimuleerd, b.v. simulatie van de draagkracht, visualisatie van bouwprocessen en gebruiksfuncties. Fouten worden op deze manier vroegtijdig ontdekt en verholpen. Hoewel in de planningsfase meer tijd en geld moet worden geïnvesteerd, volgen daaruit wel tijd- voordelen, en dus kosten en gebruiksvoordelen door minimalisatie van met fouten behepte ad-hoc besluiten.

Alle noodzakelijke tekeningen kunnen daaruit als overzichtstekening, detailtekening of als „foto“ worden geëxtraheerd; hetzelfde geldt voor onderdelenlijsten.

Al voor de daadwerkelijke bouw, kan het gebouw op alle noodzakelijke zaken worden onderzocht en gesimuleerd, bv. botsproeven, simulatie van de draagkracht, visualisatie van bouwprocessen en gebruiksfuncties. Fouten worden op deze manier vroegtijdig ontdekt en verholpen. Hoewel in de planningfase meer tijd en geld moet worden geïnvesteerd, volgen daaruit wel tijd- kosten- en gebruiksvoordelen door minimalisatie van met fouten behepte ad-hoc besluiten.

## 11. SAMENVATTING

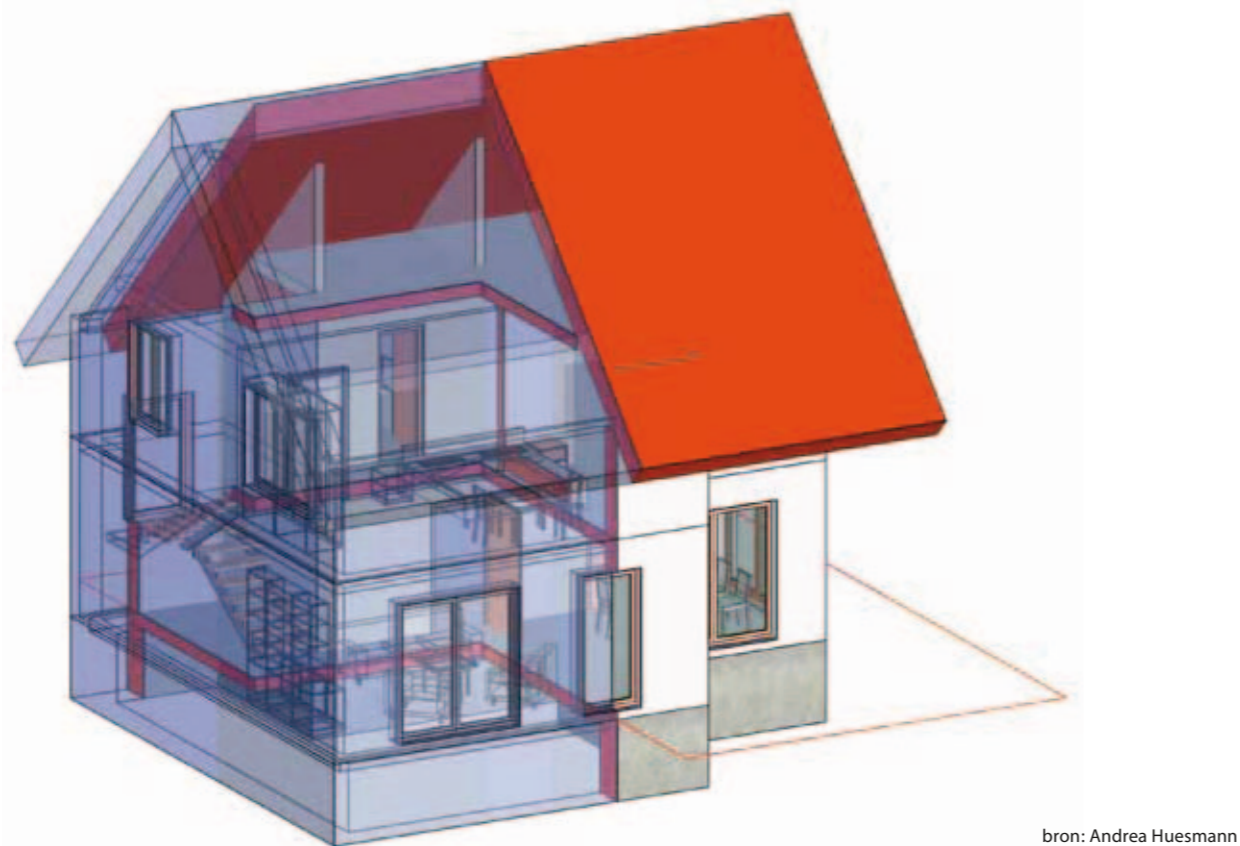
De bouwkwaliteit – hieronder wordt verstaan de kwaliteit van het ontwerp en de uitvoering – is een fundamenteel uitgangspunt van ieder passiefhuis. Om tegelijkertijd te voldoen aan de eisen van de wetgever, het Passiv Haus Instituut, de opdrachtgever en de bewoner, moet alle betrokkenen in iedere bouwphase ervan bewust zijn dat de inzet van eenieder bepalend is voor het succesvol realiseren van het project passiefhuis. De bouwkwaliteit moet van meet af aan ingepland zijn, door gestandaardiseerde kwaliteitskenmerken worden beschreven en na een algehele beoordeling op deze wijze in opdracht worden gegeven.

Een uitstekende kwaliteit van de ingezette producten en onderdelen alleen is niet toereikend. Geoptimaliseerde verwerkingsprocessen door discipline-overkoepelende samenwerking en goede communicatie zijn eveneens absoluut noodzakelijk. Alleen door een continue stroom van informatie tussen alle bij de bouw betrokkenen zorgt voor transparantie bij de bouwactiviteiten.

Zonder medewerkers die een gekwalificeerde opleiding hebben en zich met hun taken vereenzelvigen, zal ook de beste planning en het beste ontwerp tevergeefs zijn.

Ondanks alle inspanningen kunnen fouten nooit geheel worden voorkomen. Een extern en neutraal bouwtoezicht van planning, producten en activiteiten is dan ook zinvol en noodzakelijk. De bouwdeskundigen moeten altijd als partner worden gezien, die met tips en hints helpen om tot de noodzakelijke kwaliteit te komen.

Een continue samenwerking van alle partijen die betrokken zijn bij het passiefhuis zal er op de lange termijn toe bijdragen dat de bouwkwaliteit steeds verder verbetert en daarmee ook de tevredenheid van de opdrachtgever van een passiefhuis.



bron: Andrea Huesmann

## 12. BELANGRIJKE PASSIEFHUIS BEGRIPPEN

### Koudebruggen

Een koudebrug is een plaats in een gebouw waard meer de warmte naar buiten komt dan op andere plaatsen. Koudebruggen ontstaan wanneer sterk warmtegeleidende delen (gewapend beton, metselwerk, metaal) door de muren heen steken, wanneer ramen/deuren, etc. niet goed worden aangesloten op de isolatie. Een veelvoorkomend voorbeeld is te vinden bij balkons van gebouwen wanneer de vloer van gewapend beton voor het balkon wordt doorgetrokken tot aan de buitenkant.

Om dit te voorkomen zijn balkons tegenwoordig ontkoppeld. Men maakt een verschil tussen constructieve, geometrische en materiaal-thermische koudebruggen. Constructieve koudebruggen worden veroorzaakt door structuren met verschillende thermische geleidingen. Voorbeelden hiervan zijn samengestelde gewapende beton platen op buitenmuren, ringbalken, inhammen voor radiatoren. Geometrische koudebruggen ontstaan bijvoorbeeld door uitsteeksels of een hoek in een overigens homogene component, wanneer het binnenoppervlak kleiner is dan het buitenoppervlak. Een voorbeeld is de buitenhoek van een huis. Er is sprake van materiaal-afhankelijke koudebruggen wanneer in de richting van de warmtestroom verschillende materialen voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn stalen liggers, beton lateien in een bakstenen muur. Wanneer het koud is, daalt bij koudebruggen de omgevings-temperatuur sneller dan op andere plaatsen. Als de temperatuur daalt onder het dauwpunt, ontstaat condens. Koudebruggen veroorzaken het risico van schimmelgroei. Dit gebeurt niet alleen bij condens, maar zelfs al bij een relatieve vochtigheid van 80% op het oppervlak van een koude plek. Door de interne warmteoverdrachtsweerstand van de wand kan dit in een muur al bij relatieve vochtigheid van 70% het geval zijn. Koudebruggen leiden tot een grotere warmtevraag en daardoor hogere stookkosten.

### Warmte-isolatie

Moderne gebouwschillen (muren, vloeren, daken, ramen, buitendeuren) moeten isolerend zijn. Dit wordt geregeld door de EPG (Bouwbesluit).

### Warmteoverdrachtscoëfficiënt (U-waarde)

De warmteoverdrachtscoëfficiënt is een specifiek kenmerk van een component. Hij wordt in wezen bepaald door de thermische geleidbaarheid en de dikte van de gebruikte materialen, maar ook door stralingsoverdracht en de convectie aan de oppervlakken. De warmteoverdrachtscoëfficiënt wordt in de bouw U-waarde (voorheen k-waarde) genoemd. Het wordt in de eenheid  $W/m^2 K$  weergegeven.

### A/V waarde

De A/V-waarde is de verhouding van buitenoppervlak en het volume van een gebouw: hoe lager de score, hoe beter. Met deze waarde kan een eerste uitspraak worden gedaan over de energie efficiency van een gebouw. Naarmate de buitenkant ten opzichte van de inhoud kleiner is, kan minder warmte ontsnappen. Een bol zou dus de optimale vorm zijn en toegepast op een huis zou dat een kubus zijn. De verhouding van volume t.o.v. het oppervlak kan verder worden verbeterd door gebouwen aan elkaar te koppelen. Daarom zijn rijtjeswoningen en appartementengebouwen effectiever dan vrijstaande huizen. Gebouwen met veel inhammen en uitsteeksels zijn de minst efficiënt. Bij een lage A:V waarde kunnen de kosten voor de gevel worden geminimaliseerd en er is minder isolatie per  $m^2$  woonoppervlak noodzakelijk.

### Behoeftte aan primaire energie

De primaire energievraag van een systeem omvat, naast het eigenlijke energieverbruik, de hoeveelheid energie die in de voorafgaande procesketen bij de winning, conversie en distributie (primaire energie) nodig is. Dit beschrijft de mate van efficiency en milieubewuste omgang met energie. Voor het bepalen van de energiebalans wordt de dienovereenkomstige behoefte aan energie, rekening houdend met de energiedrager, vermenigvuldigd met een primaire energie factor.

### Interne warmtebronnen

Met interne warmtebronnen wordt de warmte bedoeld die afkomstig is uit andere warmtebronnen dan de verwarming in het huis. Deze warmtebronnen zijn bijvoorbeeld de lichaams-warmte van de bewoners, het fornuis of de oven en in bedrijfsgebouwen machines die veel warmte produceren.

### Energie-efficiency

Energie-efficiency is een topprioriteit om opwarming van de aarde en het uitputten van natuurlijke hulpbronnen te voorkomen. In gebouwen kan men nog veel energie besparen, want voor verwarming en koeling wordt meestal (te) veel energie ingezet. Er zijn veel mogelijkheden om een huis energiezuiniger te maken. Hier kan bv. het gebruik van hernieuwbare energie worden genoemd, bouwen op het zuiden, de keuze van het ontwerp, het gebruikmaken van daglicht, gebruikmaken van energie-efficiency apparaten en het persoonlijke gedrag van de bewoners. Met een slimme planning van gebouwen, gaat energie-efficiency niet ten koste van comfort in zomer of winter, en levert het kostenbesparing op door minder energieverbruik.

### Oriëntatie van het gebouw

Bij de oriëntatie van een gebouw op de kavel moet rekening worden gehouden met de noord/zuid oriëntatie en de baan van de zon. Aan de zuidzijde van het gebouw moeten openingen en ramen worden ingepland. Aan de noordzijde gesloten muren en kleinere vensteropening. Oppervlakken voor winning van actieve zonne-energie moet ook worden gericht op het zuiden.

## 12. BIBLIOGRAFIE

- <http://www.mefisto-bau.de/index.jsp>
- <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/B/vergabe-und-vertragshandbuch-fuer-die-baumassnahmen-des-bundes-vhb-2008.html>
- [www.heizspiegel.de](http://www.heizspiegel.de)
- <http://www.tecson.de/heizoelpreise-noflash.html>
- [www.bauprozess-steuerung.de/downloads/dekra.pdf](http://www.bauprozess-steuerung.de/downloads/dekra.pdf)
- [www.dgnb.de](http://www.dgnb.de)
- [www.dega-akustik.de](http://www.dega-akustik.de)
- [www.flib.de](http://www.flib.de)
- [www.vath.de](http://www.vath.de)
- <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103391/BWU27005-Forschungsberichtsblatt.pdf?command=downloadContent&filename=BWU27005-Forschungsberichtsblatt.pdf&FIS=203&highlight=pietruschka>
- <http://openjur.de/u/318892.html>
- <http://ework-bau.de/>
- <http://www.mefisto-bau.de/>
- <http://www.passiv.de/>
- <http://www.passivhaus-info.de/>
- [http://passipedia.passiv.de/passipedia\\_de/](http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/)
- <http://www.passiefhuis.nl/>
- <http://www.passivehouse-international.org/>
- <http://www.ig-passivhaus.de/>
- <http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php>
- <http://www.cephesus.de/>
- <http://www.passivhaus-blog.com/>
- <http://www.proklima-hannover.de/>
- <http://www.ibn-passivhaus.de/>
- <http://www.igpassivhaus.at/>
- <http://www.hausderzukunft.at/>
- <http://www.ibo.at/de/>
- [http://www.minergie.ch/home\\_de.html](http://www.minergie.ch/home_de.html)
- <http://www.lamaisonpassive.fr/spip/index.php>
- <http://www.probewohnen.at/page.asp/index.htm>
- <http://www.maisonpassive.be/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=cCkf-KR8e-A>
- <http://www.icdubo.nl/search/node/passief>
- [www.pasiefbouwer.nl](http://www.pasiefbouwer.nl)
- [www.mijnpassiefhuis.nl](http://www.mijnpassiefhuis.nl)
- [www.multicomfort.nl](http://www.multicomfort.nl)
- <http://www.youtube.com/watch?v=INR6Gdqq4p4>
- [www.passiefhuis.nl](http://www.passiefhuis.nl)
- [www.trecodome.nl](http://www.trecodome.nl)
- [www.duurzaamgebouwd.nl](http://www.duurzaamgebouwd.nl)
- [www.passiefhuis-roosendaal.nl](http://www.passiefhuis-roosendaal.nl)
- [www.passieve-woning.nl](http://www.passieve-woning.nl)
- [www.mnaarenergieneutraal.nl](http://www.mnaarenergieneutraal.nl)
- [www.passiefbouwen.nl](http://www.passiefbouwen.nl)
- [www.4green.nl](http://www.4green.nl)

## DEZE BROCHURE BEHOORT TOT EEN REEKS VAN 5 BROCHURES.

De andere brochures gaan over de volgende thema's



De brochures staan op de internetpagina van het project.  
Gedrukte exemplaren zijn bij de projectpartners verkrijgbaar.

## PROJECT „TOEKOMST PASSIEFHUIS“:

[WWW.PASSIVHAUS-EUREGIO.EU](http://WWW.PASSIVHAUS-EUREGIO.EU)

### CONTACT:

**HANDWERKSKAMMER MÜNSTER (LEAD PARTNER)**  
**KOMPETENZZENTRUM BAU UND ENERGIE**

[www.demozentrum-bau.de](http://www.demozentrum-bau.de)

**Gesamtprojektleitung: Sabine Heine**

[sabine.heine@hwk-muenster.de](mailto:sabine.heine@hwk-muenster.de)

**FACHHOCHSCHULE MÜNSTER**

**msa/münster school of architecture**

[www.fh-muenster.de/fb5](http://www.fh-muenster.de/fb5), Professor Reichardt

**SAXION, ENSCHEDE**

[www.saxion.nl/leefomgeving](http://www.saxion.nl/leefomgeving)

### Mede mogelijk gemaakt door:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Industrie, Mittelstand und Handwerk  
des Landes Nordrhein-Westfalen





**DEZE BROCHURE IS EEN PRODUCT VAN HET  
COÖPERATIEVE PROJECT „TOEKOMST PASSIEFHUIS“**



**HANDWERKSKAMMER MÜNSTER  
KOMPETENZZENTRUM BAU UND ENERGIE**



**SAXION, ENSCHEDE  
KENNISCENTRUM LEEFOMGEVING**



**FACHHOCHSCHULE MÜNSTER  
msa/münster school of architecture**

