

Eindverslag

2-jarige veldtest electro- warmtepompen in het gebied Oberrhein

Niet iedere warmtepomp draagt bij aan de klimaatbescherming

Bodem- warmtepompen met positieve ecologische balans Kritische beoordeling van lucht- warmtepompen

Samenvatting

Inleiding

In een 2-jarige “veldtest Electro- warmtepompen” onderzocht de Lokale Agenda 21- Groep Energie Lahr (Zwarte Woud) in samenwerking met de Ortenauer Energie Agentschap in Offenburg de toestand van de huidige warmtepomptechniek, op energie- efficiëntie en de kosten in Oberrhein tussen Freiburg en Baden-Baden. Daartoe vond de Agenda Groep 33 exploitanten met lucht- , bodem- en grondwater- warmtepompen en 5 warmwater warmtepompen in één- en meergezinswoningen. Het doel is niet alleen de deelnemers aan het project, maar ook de planners, energieadviseurs en ambachtslieden betrouwbare gegevens over de meest energie-efficiënte warmtepompsystemen over te dragen.

Er zijn aanzienlijke verschillen tussen de prestatiegegevens van de testgegevens en de reclame aan de ene kant en de behaalde prestaties onder realistische bedrijfsomstandigheden aan de andere kant. Het werkoverzicht over de periode van één jaar (JAZ) is gedefinieerd de verhouding tussen de hoeveelheid afgegeven warmte tegenover de hoeveelheid verbruikte energie van een warmtepomp. Hoe hoger het jaarwerkgetal, des te energie efficiënter is de warmtepomp.

De Duitse Energiebureau en het RWE beschrijven electro- warmtepompen als energie-efficiënt, wanneer het jaarwerkgetal boven de 3 uitkomt en als noemenswaardig energie-efficiënt, wanneer het boven de 3,5 JAZ komt.

Energie-efficiënte

Op het gebied van de koude bronnen zijn bodem –warmtepompen met vloerverwarmingen de lijstaanvoerder. Inmiddels bereiken ze een JAZ van 3,4 (gunstigere producent- jaarwerkgetal, direct gemeten achter de warmtepomp), met inachtneming van de verliezen van warmtebuffer en huishoud- waterverwarming JAZ van 3,1. 2 warmtepompen overtreffen zelfs het systeem- jaarwerkgetal met 4,3 en 4,4, waarvoor reclame is gemaakt met het jaarwerkgetal van 4 JAZ.

De grondwater warmtepompen komen met gemiddelde productie en systeem- jaarwerkgetal van 3,2 resp. 2,9 minder goed uit. De reden hiervoor zijn te kleine boorgaten, een te hoog nominaal vermogen van de grondwater doorvoerpomp en de verstopte waterfilters. Desondanks is een topprestatie met een systeem- jaarwerkgetal van 3,8 JAZ mogelijk.

Tot slot de lucht – warmtepompen. Bij een vloerverwarming bedraagt het producent- jaarwerkgetal gemiddeld 2,8 JAZ, het systeem- jaarwerkgetal echter slecht 2,4 JAZ; en bij radiatoren slechts 2,2 JAZ. Dit houdt in: bijna de helft van de verwarmingsbehoefte van een woning voor verwarming en warm water, moet door hoogwaardige en dure stroom mogelijk gemaakt worden. De beste van de 12 onderzochte lucht- warmtepompen komt uit op een systeem- jaarwerkgetal van 3 JAZ en bereikt daarmee niet het, in de inleiding vermelde, energie- efficiëntiedoel van het Duitse Energiebureau en van de RWE.

Duidelijk afgewezen zijn de ook met lucht aangedreven kleine warmwater- warmtepompen met een gemiddeld jaarwerkgetal van nog slechts 2 JAZ. De lagere individuele waarde met een JAZ van 1,5 hebben een beperkt warmwaterverbruik en die met een hoge individuele waarde van 2,4 JAZ een hoog warmwaterverbruik.

Ecologie en de totale kosten

Rekening houdend met de ecologische aspecten, zoals de jaarwerkgetallen en de uitstoot van de schadelijke broeikasgas koolstofdioxide, en met de economische aspecten, dus niet alleen van het onderzoek maar ook van de bedrijfskosten, blijkt dat de bodem- warmtepompen zich ook in vergelijking met andere warmtegenerator zich als de beste onderscheiden. Ze beschikken over de beste prijs/ klimaatverhouding. Bodem- warmtepompen vereisen aanvankelijk weliswaar hogere investeringen, als lucht – warmtepompen, ze compenseren deze echter door een hogere energie-efficiëntie een daaraan gekoppeld duidelijk lagere stroomkosten.

Aanbevelingen

Mocht na een energetische modernisering bij bestaande woningen en nieuwbouw geen aardgas- verbrandingsketel (laagste kosten) of houtpelletketel (geringste uitstoot van CO²) in twijfel getrokken worden, dan adviseert de Lokale Agenda 21 – Groep Lahr de aanleg van bodem- warmtepompen, omdat ze dan ook in de praktijk een uitstekend hoge energie-efficiëntie vertonen. Het gemiddelde van het systeem- jaarwerkgetal bedraagt weliswaar slechts 3 (JAZ), 2 van de 13 bodem- warmtepompen komen echter uit op de topwaarden van 4,3 en 4,4. Gemiddeld besparen ze het milieu bijna 30 % van het schadelijke broeikasgas kooldioxide tegenover een aardgas- verbrandingsketel, waar bij een topwaarde is er zelfs sprake van 50%.

Lucht –warmtepompen bereiken daarentegen gemiddeld de bescherming van het klimaat nog niet het. In Centraal Duitsland en in een normaal jaar bedraagt het systeem- jaarwerkgetal ongeveer slechts 2 JAZ. Ook de beste lucht- warmtepomp, 1 van de 12, komt met een waarde van 3 systeem- JAZ dicht in de buurt van de waarde waarvan het Duitse Energiebureau in Berlijn en de RWE in Essen warmtepompen als “energie-efficiënt” aanduiden.

Eerdere en momenteel lopende veldtesten zijn vergelijkbaar met de huidige resultaten. Met zulke jaarwerkgetallen kan de bescherming van het klimaat, van de Duitse regering de Europese Unie, tot het jaar 2020, om 20% tot 40 % kooldioxide te besparen, niet bereikt worden.

De Agenda-Groep raadt daarom af, zicht op lucht- warmtepompen te concentreren, te bevorderen en te activeren. Zoals de bijzondere gevallen 1,3 en 4 aanduiden, geldt dat advies zeker ook voor warmtepompen in verbinding met woonruimte en de restwarmte.

Fabrikanten en ambachtslieden zijn echter bij de grondwater –en bodem- warmtepompen genoodzaakt, meer dan ooit te letten op de optimalisering van de warmtepompsystemen en de onderdelen vakgericht te plannen en in te bouwen.

Bij de systeem- jaarwerkgetallen zijn namelijk topwaarden van boven de 4 mogelijk. Dat zou aan een aanzienlijk deel van de grond –en bodem- warmtepompen pas een noemenswaardig milieuvoordeel vestrekken, tegenover conventionele verwarmingsproducten.

Inhoudsopgave

	Pagina
1. Inleiding	4
2. Doel	4
3. Voorbereidingen	5
4. Metingen	5
4.1 Warmtepomp –speciale tariefmeter	
4.2 Warmtepomp en balansgrenzen	
4.3 Omgevingstemperatuur	
4.4 Meetresultaat	
5. Ecologische resultaten	9
5.1 Lucht- , grondwater- en bodem warmtepompen	
5.2 Speciaal onderzoek van de ter discussie gestelde lucht –warmtepompen	
5.3 Speciale warmtepompinstallaties	
5.3.1 Afvoerlucht- warmtepomp met voorverwarming van omgevingslucht door de woonruimtes	
5.3.2 Bodem -warmtepomp met gaskoeling voor huishoudelijk water tot 65 °C	
5.3.3 Compacte lucht/lucht- warmtepomp met voorverwarming van de lucht door 100 m. aardcollector en warmteterugwinning van de afgevoerde lucht uit een passieve woning	
5.3.4 Kleine lucht- warmtepompen voor warm water	
5.4 Gebreken en storingen tijdens het 2-jarige praktijkonderzoek	
5.5 Omrekening van de jaarwerkgetallen tot een normaal jaar in andere Duitse plaatsen	
6. Vergelijking van de ecologische resultaten met andere praktijkonderzoeken	21
7. Economische resultaten	23
8. Samenvatting van de ecologische en economische resultaten	27
9. Aanbevelingen	29
10. Vooruitzicht	30
11. Bijlagen	32
11.1 Overzicht warmtepomp- systemen	
11.2 Beoordelingstabel van exploitant	
11.3 Basis van economische efficiëntie in hoofdstuk 7	
11.3.1 Voorbeeld eengezinswoning: „Energetische gemoderniseerde bestaande bouw met radiatoren“	
11.3.2 Voorbeeld eengezinswoning: „Nieuwbouw met vloerverwarming“	
11.4 Toelichting bij hoofdstuk 5	
11.5 Definities	
11.6 Literatuurlijst	
11.7 Publicatiewerkzaamheden voor de beide initiatiefnemers van de meeting	
11.7.1 Vakpublicaties	
11.7.2 Voorstellen voor de resultaten van de “veldtest electro- warmtepompen“	
11.7.3 Verslagen van anderen over de resultaten van de „veldtests electro- warmtepompen“	
11.8 Dankwoord	

Eindverslag

1. Inleiding

Bij de poging tot energiebesparing groeit de interesse voor warmtepompen, voor de verwarming en warm water. Daarbij komt in de één of twee gezinswoning alleen de electro- warmtepomp ter discussie. Zo koelt boven een primair koelcircuit de omgevingslucht, de bodem of het grondwater af en heft (pompt) deze lage temperaturen met behulp van elektrische energie tot een acceptabel temperatuurniveau of voor het verwarmen van water (koelkastprincipe met omgekeerde werking).

Huidige veldanalyses en reclameteksten laten er echter twijfel over ontstaan, of alle warmtepomp-systemen geschikt zijn om volkeconomische doelstellingen (besparing van primaire energie en kooldioxide) en privé- economische doelstellingen (bezuiniging m.b.t. de levensduur van de installatie) optimaal na te streven. Overdreven uitingen van fabrikanten, coöperaties en energieleveranciers over jaarwerkgetallen (zie infobox) van 4 en meer en slogans zoals “met 100% zon verwarmen” of “het milieuvriendelijke verwarming-systeem, dat het klimaat niet negatief beïnvloedt” benadelen de warmtepompstechniek meer dan dat ze deze bevoordelen. Dat heeft al een soortgelijke campagne in de jaren 1979 en 1980 aangetoond.

INFOBOX: jaarwerkgetal

Het jaarwerkgetal van een warmtepomp JAZ is gedefinieerd als de verhouding van de hoeveelheid afgegeven warmte tegenover de hoeveelheid verbruikte energie van een warmtepomp.

Volgens het Duitse Energiebureau (dena) in Berlijn en het RWE, moet het jaarwerkgetal groter zijn dan 3,0 JAZ om warmtepompen als energie-efficiënt en groter dan 3,5 JAZ zijn om deze aanzienlijk energie-efficiënt te noemen/Lit. 01 /.

De lokale Agenda 21 Groep Lahr (Zwarte Woud) voerde daarom i.s.m. het Ortenaur Energiekantoor in Offenburg tussen oktober 2006 en september 2008 een 2-jarige “veldtest van electro- warmtepompen” uit. De meettechniek bevorderde in gelijke mate de energieleverancier badenova (Freiburg/ Brg.) en het E-Werk Mittelbaden (Lahr/ Zwarte Woud); de energie-experts van de Agenda Groep werkten vrijwillig. Een werkkring begeleidde de praktijkonderzoeken. Deze bestond uit vertegenwoordigers van de electro – en verwarmingsverenigingen, de bovengenoemde, de Universiteit van Offenburg, het Ortenauer Energiebureau de Lokale Agenda 21- Groep Lahr.

2. Doel

Doel van de 2-jarige veldtest van electro –warmtepompen was het bepalen van de stand huidige techniek, het jaarwerkgetal en de efficiency onder realistische bedrijfsvoorwaarden te bepalen. De voorwaarden daarvoor zijn aan de Oberrhein heel goed: Hier bepaald de weerdienst de hoogste omgevingstemperaturen van Duitsland, dat de lucht- warmtepompen positief beïnvloedt. Maar ook de hoge stroomsnelheid van het grondwater en de massieve kiezelstenenlagen van de Rijndal zijn gunstig voor de bodem –en grondwater warmtepompen. Als hier een warmtepompsysteem niet voldoen de energie- efficiënt functioneert, waar dan wel?

Daarom zijn de volgende vraagstukken nog niet toereikend opgelost:

- Welke van de 3 koudebronnen lucht, bodem en grondwater is het meest energie-efficiënt?
- Is een warmtebuffer nodig en in welke mate verkleint deze het jaarwerkgetal?
- Zijn radiatoren voldoende of is er een vloerverwarming nodig?
- Zijn lucht- warmtepompen ook voor energetische modernisering in bestaande bouw?
- Wat is het beste warmteproductiesysteem voor verwarming en huishoudelijk water met het oog op de totale kosten en CO² uitstoot?

Het project beantwoordt alleen de vragen van de deelnemers aan de “veldtest van electro – warmtepompen”, maar levert ook de energieadviseurs, Energiebureaus, potentieel belangstellenden, planners, fabrikanten en ambachtslieden betrouwbare gegevens over de meest energie- efficiënte waterpompsystemen.

3. Vorbereidings

De lokale Agenda 21-Groep Lahr functioneerde aanvankelijk i.s.m. het Ortenauer Energiebureau, de OrtenauerKreis, het Steinbeis Transfercentrum, de badenova, de E-Werk Mittelbaden, de pers en met meer dan 100 belangstellenden. Na een voorselectie met het oog op de geografische situatie, kunst van koudebronnen en fabrikanten bleven er 50 over. In het begin van de warmtepompinstallaties nam het aantal echter verder af tot 33 warmte- 5 warmwater warmtepompen. De redenen; in enkele gevallen waren de leidingen en elektrische aansluitingen , onduidelijk, er stonden onbekende gebruiken/waarde op de speciale tariefteller, er wat niet voldoende plek voor de inbouw van meettoestellen, het belang van de exploitant werd minder of de aangelegde installatie waren identiek.

De 33 geselecteerde warmtepompinstallatie geeft het veelvoud weer van de aanwezige systemen (zie tabel in bijlage 11.2). De koude bronnen van de lucht (13) bodem (13) en grondwater (7) zijn in aanzienlijk aantal vertegenwoordigd, en wel tussen Freiburg en Baden-Baden net zoals tussen het Rijn- en Kunzigdal in 4 energiegebieden. De warmtepompen komen van 11 fabrikanten. 24 installaties beschikken over een geïntegreerde waterverwarming en 9 over een gescheiden waterverwarming, 6 werken zonder warmtebuffer en 22 van de 23 met een vloerverwarming.

Onder de warmtepompinstallaties bevinden zich 4 speciale gevallen. Het gaat daarbij in de eerste instantie om een lucht- warmtepomp, die de lucht niet direct vanuit de buitenlucht betreft, maar voorverwarmt boven de woonruimte, ten 2de gaat het om 2 bodem- warmtepompen met een zgn. gasgestookte verwarmingsketel voor de bereiding van warm water, ten derde een compacte warmtepomp met terugwinning van warmte en voorwarming van de buitenlucht boven een aardcollector in een passieve woning en ten slotte op de vierde plaats om 5 klein- warmtepompen voor warm water.

Ter beoordeling van de energie- efficiëntie van alle warmtepompen is het jaargetal (JAZ) het belangrijkste overzichtspunt (zie infobox op pagina 4). Deze moet groter zijn dan 3 JAZ. Hoe moeten ze anders bij een nieuwbouw de aanzienlijke toegenomen kosten tegenover een oliegestookte verwarmingsketel ter hoogte van +/- € 10.000,- kunnen laten rechtvaardigen, wanneer het jaarwerkgetal eronder ligt en de warmtepompsystemen zeer minimaal of helemaal niet aan de klimaatbescherming bijdragen. Een voorbeeld: wanneer de reclame spreekt van 4 JAZ bedoelt deze, dat 25% stroom nodig is om samen met 75% milieuverwarming (lucht, bodem of water) 100% warmte voort te brengen. Een zo hoog werkingscijfer bereiken, onder realistische bedrijfsvoorwaarden, echter slechts enkele electro- warmtepompen.

4. Metings

4.1 Warmtepompen – speciale tariefmeter

De energieleveranciers bieden electro- warmtepompexploitanten speciale tarieven aan met een korting van tot 50 % op het huishoudtarief. Dit is een kruissubsidiëring ten koste van de andere afnemers van elektriciteit en de aandeelhouders. Aan de rechtvaardigheid deze marketingactie mag getwijfeld worden, tenminste bij alle prijsverandering van meer dan € 0.05 per kWh onder het huishoudelijk tarief. Daar zouden in de toekomst vanuit het Federale Netwerk Agentschap nog veranderingen in kunnen komen. Deze kwestie wordt niet behandeld in dit verslag.

Als voor de deels aanzienlijke kruissubsidiëring geven de energieleveranciers aan, dat de klant op doordeweekse dagen rekening moet houden met stroomonderbrekingen van max. 3 keer per dag van 1,5 tot 2 uur per keer. Op de 22 vloerverwarmingen heeft dat eigenlijk geen invloed, hun warmteopslag is toereikend, om de ruimte voortdurend met warmte, zonder een warmtebuffer, te verzorgen. Desondanks

komen in de veldtest bijna totaal 80% van de warmtepompinstallaties warmtebuffers tussen 200 en 1000 liter in werking en waarschijnlijk om redenen van veiligheid en het gemak van aansluiting op het hydraulische verwarmingscircuit.

Aan de speciale tarieventeller zijn ook elektrische gebruikers gerelateerd, die daar eigenlijk helemaal niet bij horen en omgekeerd. Dat past iedere elektricien en iedere vakman anders toe. Er is geen unanieme richtlijn. Het vereiste dus een aanzienlijke inspanning. Plaats de feitelijke situatie en bepaalt zij met de hulp van interim-voorraden in een enkele positie van het doel om te veroordelen. In overleg tussen de werkring en de Agenda-Groep heeft deze alleen betrekking op de volgende warmtepompspecificaties:

- Warmtepompen inclusief besturing en bediening
- Ventilatie (lucht) zgn. pekelwater (bodem) resp. doorvoer- (grondwater) pompen
- Laadpomp warmtepomp indien aanwezig.
- Electro- verwarmingsstaaf als noodverwarming (bij bodem- en grondwater warmtepompen bijna altijd handmatig geactiveerd)

De circulatiepomp voor de verwarmingscircuit ligt vaak op de speciale tarieventeller. Heen, en ook weer de verwarming in de badkamer en het ventilatiesysteem. De consument moet met hulp van tussen meter gescheiden worden, aangezien ze niet bij de warmtepomp horen. Warmtepompinstallaties, waarbij ook de wasmachine en de vrieskist illegaal via de speciale tarieventeller lopen, werden eerst geheel niet in het meetprogramma opgenomen.

De exploitanten melden maandelijks de warmte –en elektriciteitsstanden. De kosten van de regelmatige controle, herinneringen, proeven op acceptatie, gevolgen en nazorg zijn erg hoog. Maar het werk loont zich. Want alleen op de manier is de Agenda-Groep in staat, belastbaar cijfermateriaal in beeld te brengen. Bovendien heeft ze al in de eerst paar maanden mede bijgedragen, de energieverwerking van enkele warmtepompen te verbeteren.

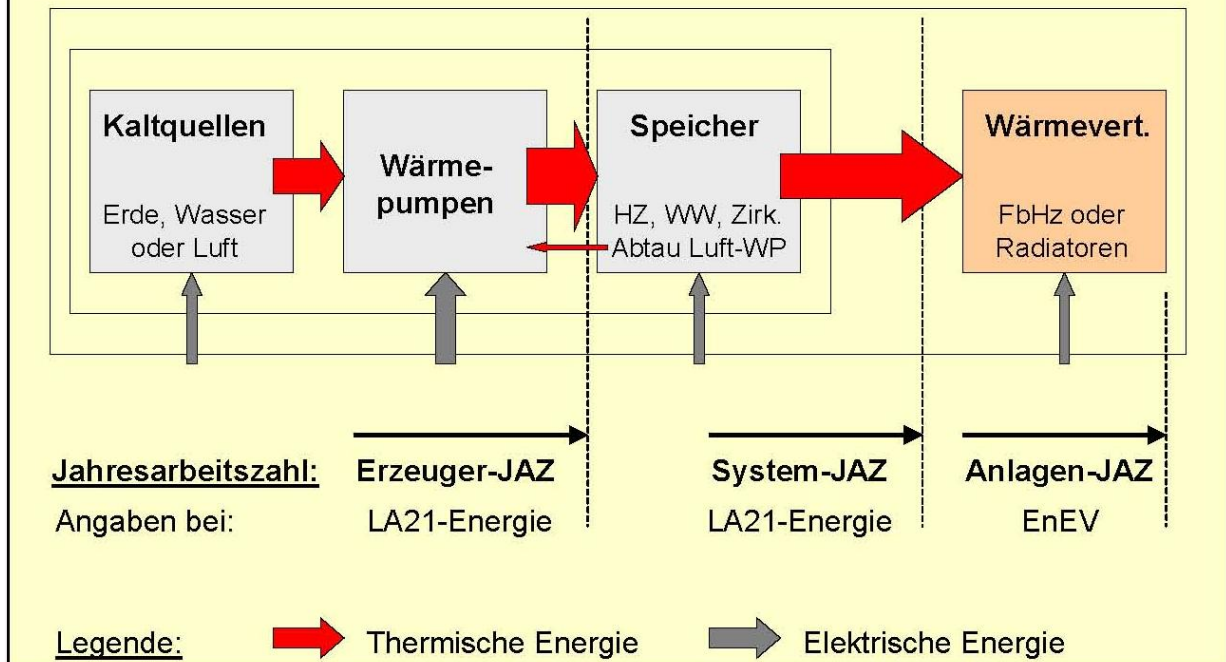
4.2 Warmtepompen en balansgrenzen

De definitie van het jaarwerkgetal (JAZ) volgde al in hoofdstuk 3. Belangrijk voor de betekenis van de gebeurtenissen en de vergelijkbaarheid met andere praktijkonderzoekingen en andere warmteproducenten zijn echter nog de systeemgrenzen: Welke componenten van de warmtepompinstallatie omvatten het gemeten jaarwerkgetal? Zoals de tabel op de pagina aangeeft zijn er namelijk 3 balansgrenzen:

1. Producent JAZ: Meting van de geproduceerde warmte direct achter de warmtepomp
2. Systeem JAZ: Meting van de gebruikte warmte voor de vloerverwarming of radiatoren met inachtneming van de verliezen van een eventueel aanwezige verwarmingsbuffer, van verwarming van huishoudelijk water en van de laadpomp, bij lucht- warmtepompen aanvullend nog de ontdooi-energie voor de lamellenverdamer.
3. Installaties JAZ: Totaalbalans van het warmtepompsysteem (zie jaarwerkgetal, zie de definitie in bijlage 10.5) inclusief de verliezen van de warmteverdeling volgens de energiebezuiniging enquête (EnEV); Knelpunt: De DIN V 4701-10, waarna de EnEV verwijst, huishoud in de berekening niet het stroomverbruik van de zgn. pekelpomp.

Bilanzgrenzen bei Wärmepumpenanlagen

Definition der Jahresarbeitszahlen JAZ

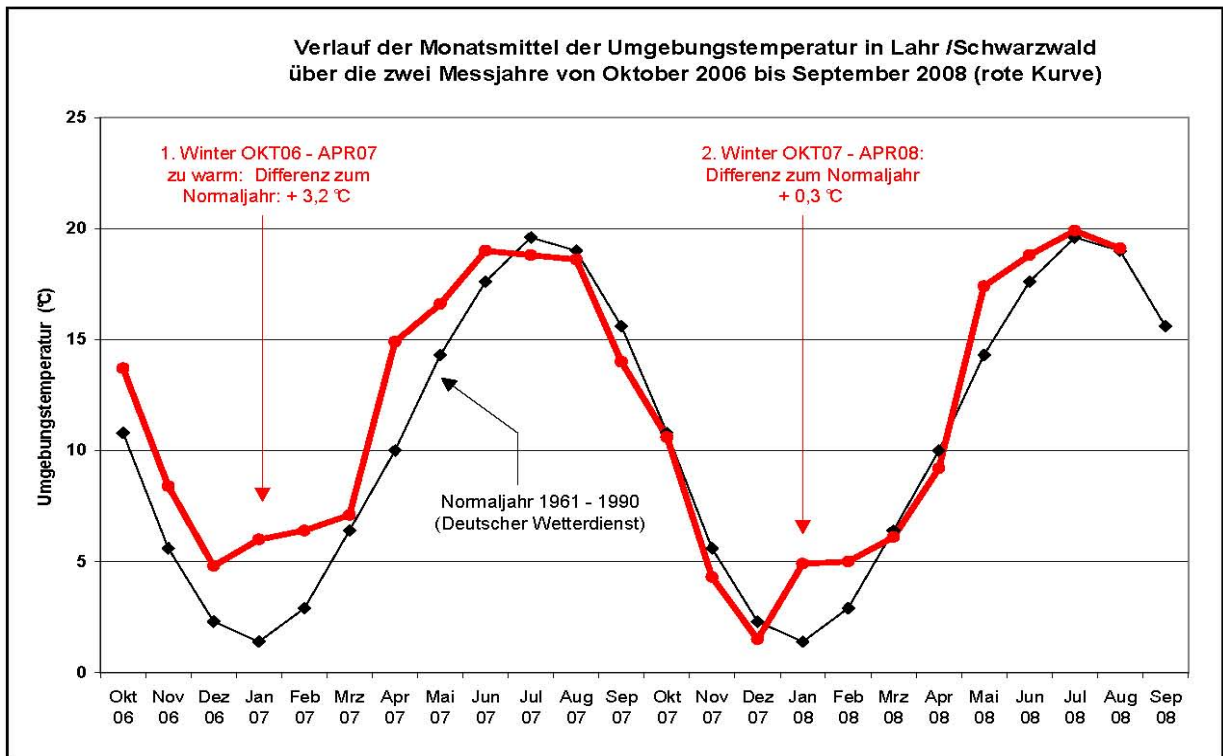


De metingen van de “veldtest electro- warmtepompen beperken zich slechts tot de weergave van de producent –en systeem- jaarwerkgetallen over een periode van één jaar, omdat deze specifiek van toepassing zijn op warmtepompen. Ook de verwarming van huishoudelijk water is warmtepomp specifiek omdat ze in tegenstelling tot conventionele warmtegeneratoren het systeem- jaarwerkgetal aanzienlijk kan reduceren.

4.3 Omgevingstemperaturen

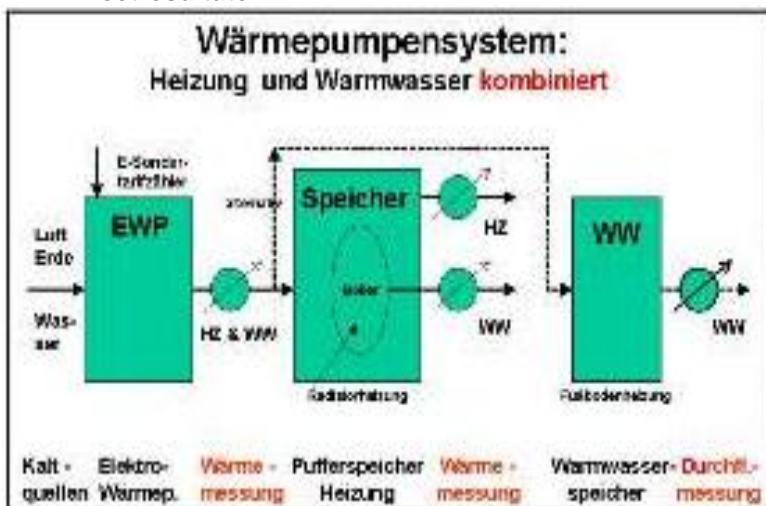
Het belangrijkste weerelement ter beoordeling van het prestatievermogen van warmtepompen is de temperatuur van de omgeving. Deze beïnvloedt de behoefte aan warmte van het huis en daarmee de voorlooptemperatuur van het warmtecircuit. Bovendien is deze voor lucht- warmtepompen aanvullend de beslissende beginsituatie; hoe geringer de omgevingstemperaturen, des te geringer is het jaarwerkgetal. Deze reageert in tegenstelling tot de grondwater –en bodem- warmtepompen heel gevoelig op het temperatuursverschil tussen de koude bronnen en de koellichamen. Volgens de natuur is bij koude weersgesteldheid dit verschil bijzonder groot, wat het jaarwerkgetal van lucht -warmtepompen negatief beïnvloedt. Ontwikkelaars, planners en verkoper mogen deze natuurkundige principes niet buiten beschouwing laten (zie definitie CARNOTScher circulatieproces in de bijlage 11.5, VDI 4650 en DIN V4701-10).

De Lokale Agenda 21-Groep Energie Lahr heeft daarom met behulp van een ingenieursbureau en een deelnemer aan de veldtest 2 temperatuurmetingplaatsen in Lahr (Zwarte Woud) en Hausach (Kinzigtal) ingericht. Bovendien heeft ze de op internet te bezoeken sites van een privé- weerstation in Ettenheim (Baden) huishoud. De resultaten: de afwijkingen/verschillen van de 3 meetplekken onder elkaar zijn zo gering, dat vervolgens alleen de temperaturen uit Lahr huishoud worden.



De afbeelding toont het maandelijks verloop van de omgevingstemperatuur gedurende de 2 testjaren (rode lijn). Ter vergelijking zijn de 30-jarige gemiddelde waarden van 1961-1990, doorgegeven door de Duitse Weerdienst (DIN 4710), ingebouwd. Het resultaat: de eerste warmteperiode 2006/2007 was met + 3.2 °C veel te warm. Dat begunstigt voornamelijk de lucht –en warmtepompen. De 2^e stookperiode 2007/2008 verliep maar met + 0.3 °C bijna zoals een normaal jaar.

4.4 Meetresultaten



Van de 33 warmtepompinstallaties lopen er 32 in het normaal meetprogramma. Met andere woorden: bij hen zijn alleen warmte – en elektriciteitsmeters ingebouwd, die de exploitanten maandelijks mochten bekijken Bij de warmtemeters een turbine flow meter, 2 temperatuursensoren en een rekenmachine met fouten van 3-4% en bij de Ferrari elektriciteitsmeter, eveneens een elektromechanische teller met een roterende schijf, met een foutieve functie van +/- 1 %.

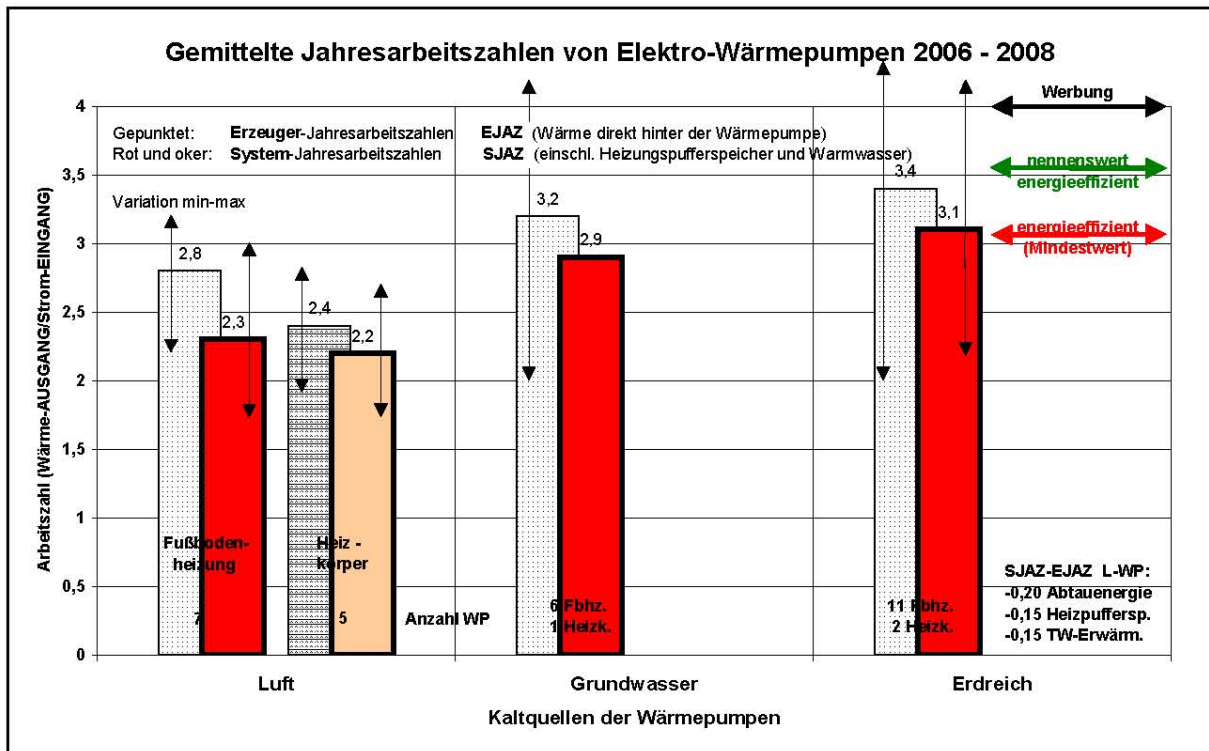
De bepaling van vergelijkbare geringe warmwater waterhoeveelheid gebeurt door het meten van het doorstroming een vermenigvuldiging met een factor, zoals dat bij de afrekening met huurders gebruikelijk is. De afbeelding vertoont schematisch de meettechniek van het voorbeeld van het meest voorkomende warmtepompstelsel in combinatie met warmwatervoorziening.

Bij een vloerverwarming zijn er 2 gescheiden reservoirs, namelijk een warmteproductietank met geringe, en een huishoud watertank met hogere werkingstemperatuur (stippellijn). Bij een radiatorverwarming is maar de huishoud watertank (bollen) onderdeel van de verwarmingsaccumulator (combi tank), omdat de bereikbare temperaturen van verwarming en warm water vergelijkbaar zijn.

5. Ecologische resultaten

5.1 Lucht -, grondwater –en bodem warmtepompen

De volgende grafiek toont het resultaat van een periode van 2 jaar van oktober 2006 tot september 2008. Uitgezet is de definitieve maat voor de energie-efficiëntie van warmtepompen, namelijk het in hoofdstuk 3 gedefinieerde jaarwerkgetal JAZ. De grafiek onderscheidt verschillende koude bronnen (lucht- bodem en grondwater), productie –en systeem- jaarwerkgetal (zie hoofdstuk 4.2) en bij de lucht –en warmtepompen ook nog vloerverwarming en radiatoren.



De weergegeven kolommen gevende gemiddelde productie- jaarwerkgetallen (EJAZ) weer, gemeten direct achter de warmtepomp zonder verliezen;

- van de warmtebuffers
- het ontdooiproces bij de lamellenverdamer van lucht- warmtepompen en
- van de warmwatertank en de circulatieleiding.

De gekleurde kolommen geven de systeem jaarwerkgetallen (SJAZ) weer, die de eerder genoemde warmteverliesbronnen in acht nemen. Deze is i.v.m. andere warmtegeneratoren de maatgevende werkingssomvang van warmtepompsystemen. De getallen onder aan de grafiek geven info over het aantal van de doorsnee – warmtepompen en de loodrecht lijnen in de kolommen informeren over de verscheidenheid van de individuele waarden.

Ter herinnering: de installatie van alle warmtepompen vond plaats tussen 2002 en 2005.

Lucht- warmtepompen

Bij de lucht- warmtepompen liggen de systeem- jaarwerkgetallen, afhankelijk van de het koellichaam gemiddeld slechts tussen 2,2 en 2,3, dus ver onder de minimumwaarde van 3,1. Slechts 1 van de 12 warmtepompen bereikt 3,0, nog steeds niet voldoende, om deze in de zin van het Duitse Energie beleid en de RWE (zie hoofdstuk 3) als energie-efficiënt te kunnen aanduiden. Een verdediger van het Steinbeis- Transfercentrum in Offenburg zag bij deze beste onder de luchtwarmtepomp geen verbeteringmogelijkheden meer (zie hoofdstuk 5.2).

Bij de luchtwarmtepompen met vloerverwarming bedraagt het verschil tussen de productie –en systeem- jaarwerkgetallen -0,5 jaarwerk- punten. Daarbij onttrekken zich +/- 0,2 punten aan de nodige energie voor het ontdooien van de lamellenverdamper, 0,1-0,2 aan de verliezen van de warmtebuffers en 0,1-0,2 aan de huishoudwater- verwarming.

Bij de radiatoren is het verschil geringer, omdat hun verloop temperatuur meestal overeen komt met die van de huishoudwater- warmtebuffer. Het verschil tussen de koellichamen van de vloerverwarming en radiatoren bedraagt 0,1 (SJZ) tot 0,4 (EJAZ). Bij een activering van radiatoren (energetische modernisering bestaande bouw) met de noodzakelijke basistemperatuur van 55 °C i.p.v. 33 °C bij vloerverwarming moet de exploitant daarom 5-20 % meer voor de stroom betalen.

Grondwater- warmtepompen

De middelste kolommen van de grafiek vertonen de gemiddelde jaarwerkgetallen van de grondwater- warmtepompen. Vanwege het geringe aantal radiatoren zijn de dalingen in verwarming samengevat, en zijn alleen de producent –en systeem jaarwerkgetallen onderscheiden. In tegenstelling tot de verwachtingen van velen onderscheiden de grondwater – warmtepompen zich van de jaarwerkgetallen tussen 2,9 en 3,2, in vergelijking met de bodem- warmtepompen in geringe mate. De redenen hiervoor zijn:

- bodem –warmtepompen beschikken over een gesloten circuit (geen “pekel”, maar een water en glycolmengsel) en functioneren daarom steeds optimaal bij constante doorstroming. De zgn. water- omwentelingspomp slechts een prestatie van 80-120 Watt huishoud (één – en tweegezinswoning)
- grondwater- warmtepompen beschikken daarentegen aan de koude zijde over een open circulatie. De drukhoogte en daarmee dus de doorstroming zijn variabel; een werking in optimale mate is slechts zelden mogelijk. Daarbij zijn de diameters van de boorgaten (slagbronnen) in veel gevallen met 10-15 cm niet groot genoeg, zodat er met een doorstroom tot 2m³ per uur niet genoeg water bijkomt.; bronnen met 30 cm diameter doorsnee waren passend. Bovendien wordt het filter steeds onregelmatiger en wordt deze in de praktijk niet regelmatig gereinigd. Ter afsluiting heeft de grond pekelpomp een ongeveer 3maal zo hoog vermogen van 250-350 Watt. Sommigen zijn daarom van mening, dat grondwater- warmtepompen beter geschikt zijn voor groter woningen, omdat bij deze het vermogen van de doorvoerpomp naar warmtepomp gunstiger is.

Deze redenen verslechteren de jaarwerkgetallen onder werkelijk bestaand bedrijfsvoorwaarden tegenover bodem- warmtepompen ondanks de hogere temperaturen van de koudebron temperatuur.

Opmerkelijk is de grote totale bandbreedte van de individuele waarde van EJAZ= 2,0 tot 4,2 en dat de eenzame topwaarde van 4,2 aan een warmtepomp ontspringt, die het grondwater slecht geringe diepte en uit een open bron met een doorsnee van 2 meter haalt.

Hier moeten fabrikanten, boorbedrijven en vaklieden, net zoals bij de bodem- warmtepompen, nog aanzienlijk werken aan systeemverbeteringen van de onderdelen koudebron, warmtepompenregelaars, koellichamen en hydraulische inregeling.

Ten slotte is bij de grondwater- warmtepompen ook een systeem jaarwerkgetal van hoger dan 4 mogelijk.

Bodem- warmtepompen

De kolommen in de grafiek tonen tenslotte de gemiddelde productie –en systeem - jaarwerkgetal van de bodem- warmtepompen. 11 ervan beschikken over verticale aardsondes en 2 over horizontale aardregisters. De JAZ waarden zijn gemiddelde tussen 3.1 en 3.4 en zijn dus in overeenstemming met de eis van de Duitse Energiebureau en RWE (zie hoofdstuk 3) beschreven als "energie-efficiënte". Maar ook hier geldt hetzelfde als bij de grondwater- warmtepompen; de reikwijdte van de individuele waarden is heel groot en wisselt tussen de 2,0 en 4,4! Daardoor is er ook hier nog een aanzienlijk goed te maken achterstand bij de systeemoptimalisering.

De jaarwerkgetallen bij de grondwater –en bodem- warmtepompen laten echt zien, dat in speciale gevallen ook in de praktijk waarden van duidelijk meer 3,5 (Duitse Energiebureau en RWE):

noemenswaardig energie-efficiënt) mogelijk zijn. Bij de lucht- warmtepompen is maar bij de huidige stand van de techniek 3,0 de limiet bereikt.

3 van de 13 bodem- warmtepompen beschikken over een zomerkoelsysteem: de warmtepomp blijft in de zomer, wanneer geen verwarming nodig is, uitgeschakeld, de zgn. pekelpomp brengt echter het mengsel van water en glycol direct naar de vloerverwarming. De Agenda-Groep noteerde bij de werking van een dergelijke installatie bij meer dan 30°C (buitentemperatuur een “aangename koelte”). De installateur moet echter bij de planning letten op een eventueel onder het ontdooipunt blijven in de bodem en eventueel een meter voor de vochtigheid installeren. Desondanks; dat is een aanvullende nuttig iets, dat de invloed van de bodem- warmtepomp verwoordt. Bij de werking wordt een gering aanvullend stroomverbruik nagestreefd.

5.2 Speciaal onderzoek van de ter discussie gestelde lucht- warmtepompen

Grobanalyse von 3 Luft-Wärmepumpen (STZ-EURO)

Feldtest-Ergebnisse LA21 10/06 - 9/07
Ergebnisse STZ EURO 10/06..4/08

- **Feldtestnummer 115 „relativ gut“:** **EJAZ=3,3 / 3,0=SJAZ**
EJAZ=3,2 / 3,2=SJAZ
- **Feldtestnummer 126 „mittel“:** **EJAZ=2,6 / 2,6=SJAZ**
EJAZ=2,6 / 2,6=SJAZ
- **Feldtestnummer 127 „schlecht“:** **EJAZ=2,1 / 1,5=SJAZ**
EJAZ=2,4 / 2,0=SJAZ

Gründe: Große Differenz Angabe Leistung Hersteller/ gemessen, Dämm-Probleme, trotz Fußbodenheizung zu hohe Vorlauftemperatur, Elektro-Standspeicher

Allgemeine Verbesserungsvorschläge:

- Keine Vorlauftemperaturen über 35°C
- Heizkurve überprüfen (oft zu hoch)
- Geringe oder keine Nachtabsenkung
- Ausführung durch geschultes Fachhandwerk
- Bessere Dämmung Rohre/Armaturen
- Kein Elektro-Standspeicher für WW
- Fortlaufende Kontrolle der Arbeitszahl

Feststellung: Grobanalyse bestätigt Feldtest-Ergebnisse

Details siehe Bericht im Internet: <http://stz-euro.de> > linke Spalte

Op initiatief van de Arbeidskring “warmtepompen”, in het bijzonder van de loodgieters, instrueerde het Ortenauer Energiebureau in Offenburg met financiële ondersteuning van het E-Werk uit Mittelbaden het Steinbeis Transfercentrum (STZ-EURO) in Offenburg met de beperkte analyse van 3 van de 12 lucht- warmtepompen. Het doel: welke verbeteringsmogelijkheden zijn er bij de slechtste en gemiddelde warmtepomp en waarom werkt de beste relatief goed met een systeem- jaarwerkgetal van 3,0?

De 3 geselecteerde lucht- warmtepompen en hun classificatie blijken uit de meeste recente afbeelding (stand mei 2008). De definities van de producenten –en systeem- jaarwerkgetal EJAZ respectievelijk SJAZ zijn in hoofdstuk 4.2 te vinden. Terwijl de vertegenwoordigers van het Steinbeis Transfercentrum bij de warmtepompen nr. 126 en nr. 127 op grond van de in de afbeelding vermelde fouten nog verbeteringsmogelijkheden noemt, ziet hij deze bij nr. 115 niet meer. Duidelijk is dat met een SJAZ van 3,0 destijds de top bij de lucht- warmtepompen is bereikt. Te weinig om ze naar de eisen van het Duits Energiebureau en het RWE als energie-efficiënt te kunnen aanduiden.

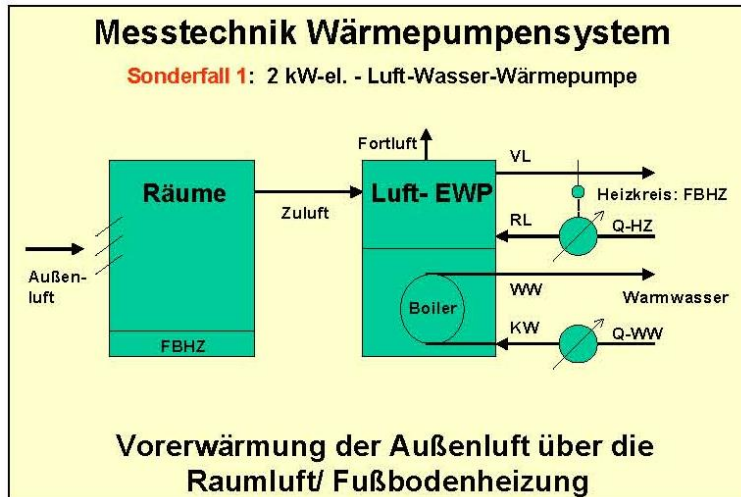
Bijzonder opvallende bij de Agenda-Groep zijn echter wel van de algemene verbeteringsvoorstellen van een onafhankelijke deskundige:

1. Geen voorafgaande temperaturen van het warmtecircuit van meer dan 35 °C. Vanuit het perspectief van de Agenda-Groep betekent deze eis het einde van de lucht- warmtepompen bij de veel geadverteerde energetische modernisering van bestaande woningen, ondanks dat deze allemaal beschikken over een radiator met een aanvoertemperatuur van 55 °C!
2. Geen rol van een elektrische directe verwarming voor de verwarming van huishoudelijk water. Vanuit de visie van de Agenda groep betekent deze eis het einde van de elektrische warmtebuffer
Verdere details over de grove analyse komen naar voren vanuit de internetsite <http://stz-euro.de>.

5.3 Speciale warmtepompinstallaties

5.3.1 Speciaal geval 1

Lucht afvoer/warmtepomp met voorverwarming van de omgevingslucht door de woonruimten.



Inleiding:

In de professionele verwarmingskringen zijn er aanzienlijk meningsverschillen, of het bevorderlijk is, de buitenlucht direct toe te voegen aan de verdampers van de lucht – warmtepomp of deze eerst boven de woonruimten voor te verwarmen. De charme van woonruimte-voorverwarming is dat regelbare verwarming en ventilatie met weinig inspanning kunnen worden gecombineerd. Anderen beweren met klem, dat het bij dit systeem om een warmteontsluiting gaat, als de warmtebehoefte van het huis te hoog is.

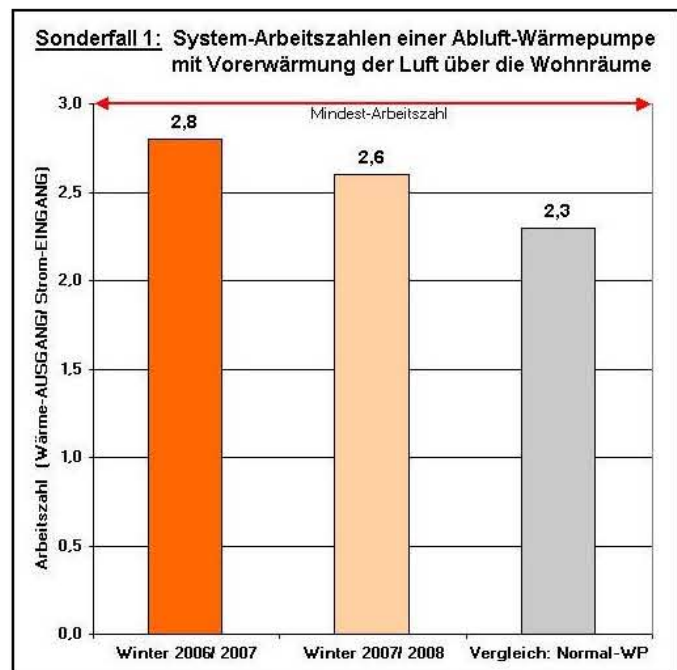
Om deze vraag op te lossen, heeft de Agenda-Groep het in de afbeelding hiervoor weergegeven warmtepumpsysteem ook in het testprogramma opgenomen, met het doel, de energiewerking van deze gecombineerde installatie voor verwarming en waterverwarming met normale lucht warmtepompen te vergelijken.

Resultaat:

De rechter grafiek toont de systeemwerkingsgetallen van de lucht- warmtepompen voor beide winterseizoenen 2006 tot 2008, die de buitenlucht niet direct, maar voorverwarmd boven de woonruimtes bezorgt. De warmtepomp voorziet in de behoefte aan verwarming en verwarmd water in een huis met lage energietoevoer uit het jaar 2003.

De gekleurde kolommen geven het gemiddelde van de jaarwerkgetallen van de 1^e en 2^e geteste winter weer. Ze bedragen SJAZ= 2,8 resp. 2,6. De hogere waarde is bepaald door de warmere winter 2006/2007 (zie hoofdstuk 4.3). Een vergelijking met het gemiddelde van normale lucht -warmtepompen ter hoogte van SJAZ 2,3 toont aan, dat deze luchttoevoer-warmtepomp op duidelijk hoger jaarwerkgetal uitkomt.

Ze overtreffen echter zelfs de warmte winter 2006/2007 sinds de notatie van de weergegevens niet het jaarwerkgetal van 3,0.



Beoordeling:

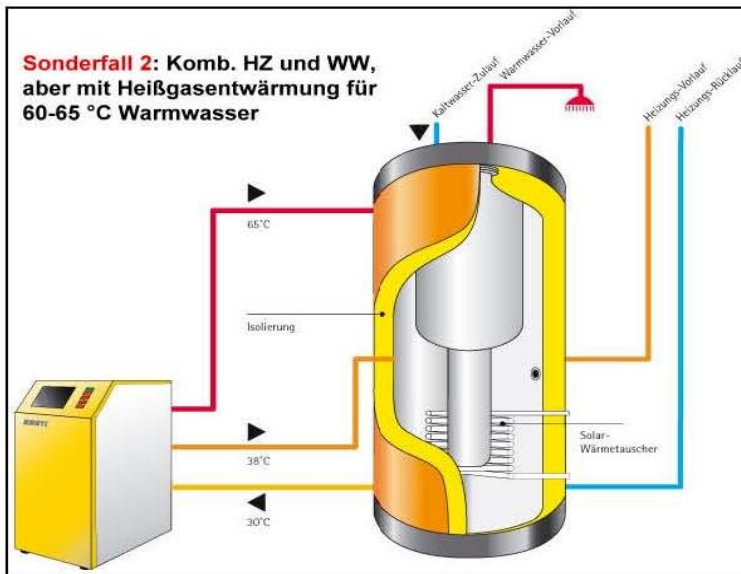
De verwarmingsbehoefte van het huis is voor deze lucht warmtepomp met 55-60 kWh per m² verwarmde woonoppervlak en normaal jaarwerkgetal te hoog. Het gaat hier om een overmatige ventilatie met een

warmtekortsluiting. Vanwege het beperkte verwarmingsvermogen van de warmtepomp moet in het winterseizoen de niet uitschakelbare verwarmingsstaf de verwarmingsgrens ondersteunen.

Omdat lucht- warmtepompen energie-efficiënt functioneren en de daarmee bijdragen aan de klimaatbescherming, mag volgens SCHIEFELBEIN /Lit. /02/) de verwarmingsbehoefte maximaal slechts 50 kWh (m² per jaar) zijn in vergelijking met een aardgas- verbrandingsketel bedragen en slechts 40 kWh (m² per jaar) i.v.m. een normale lucht- warmtepomp. Deze waarden liggen tussen een lage energie en passieve woning

5.3.2 Speciaal geval 2

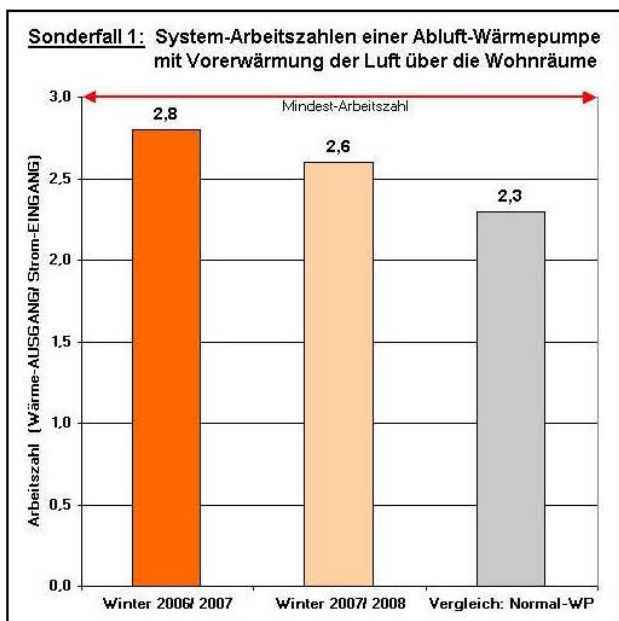
Aardsonde- warmtepompen met hetegaskoeler tot van huishoud waterverwarming tot 65°C.



Inleiding:
Een warmtepompvervaardiger presteert met warmtetemperaturen tot 65°C bij een uitstekend prestatiecijfer. De clou; de hetegaskoeler 10 % van de verhittingsgraad en het koelmiddelcircuit worden voor het hogere watertemperatuurniveau doorgeschakeld en in het bovenste deel van het links afgebeelde reservoir geïmplant. Of deze hetegaskoeler voordelen oplevert, onderzocht de Agenda-Groep bij 2 aardsonden- warmtepompen.

Resultaat:
De okergeel gekleurde kolom in deze grafiek toont het gemiddelde van het jaarwerkgetal van 2 aardsonden- warmtepompen, een bodem- warmtepomp en een met verwarmingsdelen in de 2-jarige meettijd van 2006 tot 2008. Het producent- jaarwerkgetal bedraagt 3,1 en ligt daarna ongeveer 10% onder het gemiddelde van de aardsonden- warmtepompen (zie rechter kolom in de grafiek).

Beoordeling:



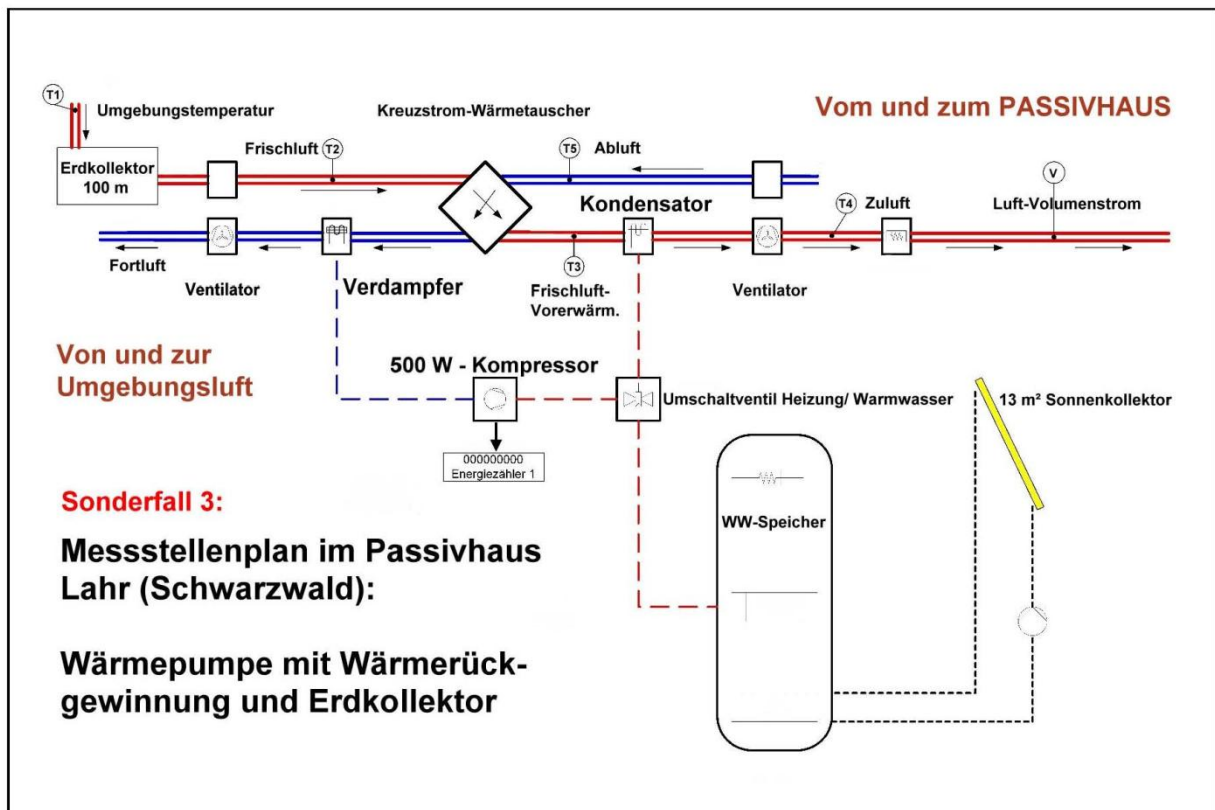
Een ecologisch voordeel van de hetegaskoeler voor de verwarming van huishoud water tot 65°C is niet herkenbaar. De CARNOTSche circulatie maakt het tegendeel waar. Deze bewijst: Hoe groter het temperatuursverschil tussen de warme en koude zijde van een warmtepomp is, hier de hoge temperaturen van huishoud water van 65°C i.p.v. 45-50 °C, hoe slechter het jaarwerkgetal is (voor definitie van het CARNOT- prestatiecijfer, zie bijlage 11.5). Het praktijkonderzoek bevestigt dat duidelijk. Discutabel is echter, waarom het huishoud water zulke hoge temperaturen in geval van enkele of dubbele bewoonde woningen überhaupt nodig moeten zijn! Van een "uitstekend prestatiecijfer tot 65°C" kan in ieder geval geen sprake zijn.

5.3.3 Speciaal geval 3

Lucht/lucht / compact- warmtepomp met voorverwarming van de lucht door een 100 m. aardecollector en warmteretugwinning van de uit een "passieve" woning verwijderde lucht.

Inleiding:

De energie- efficiëntie van dit verwarmingpompstelsel is met het normale meetprogramma van hoofdstuk 4.1 niet meer in kaart te brengen. M.b.v. 3 bedrijven heeft daarom de lokale Agenda 21-Groep Energie Lahr een passief huis in Lahr (Zwarte Woud) voorzien van een complete automatische meetinstallatie (zie afbeelding meetplaatsopstelling). De logger scant om de 2 seconden alle acht meetkanalen, berekend intern al belangrijke parameters en slaat deze gegevens iedere tien minuten op. Het uitlezen van de gegevens vindt één keer per maand plaats met een laptop.



De warmtepomp met een vermelde prestatie van 500 Watt electro zuigt m.b.v. een ventilator in een eerste trede de omgevingslucht boven een 100 m. aardecollectoren aan (zie afbeelding). Hij is in 3 parallelle geschakelde buizen van kunststof van ieder 33 m. lang en een doorsnee van 20 cm. In een diepte van 1.2 m geplaatst. De in de winter voorverwarmde lucht bereikt daarna boven cross- flow warmtewisselaar, waar een groot deel van de warmte uit de afvoerlucht van het huis teruggewonnen wordt, via de condensator van de van de warmtepomp. Hij verhoogt in de derde en laatste stap de temperatuur van de aankomende lucht tot de noodzakelijke hoogte van max. 45°C.

De uit het passieve huis verwijderde lucht (zie meetplaatsopstelling) verwarmd de voorverwarmde omgevingslucht (frisse lucht in grafiek) in cross -flow warmtewisselaar, koelt nu de verdampers van de verdampingspomp verder af en gaat als verwijderde lucht weer op in de omgeving.

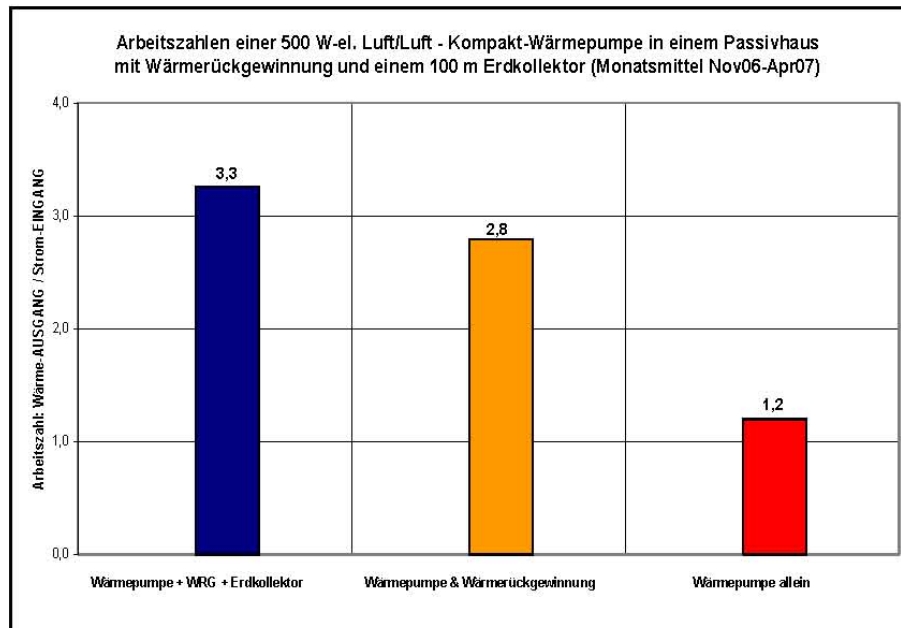
Een 13 m² zonnecollector in combinatie met een 500 l. water paraffineopslag (verborgen warmtetank) ondersteunt de warmtepomp voor verwarming (radiator in de badkamer) en de verwarming van huishoud water. Dit is echter niet het onderzoeksobject.

De volgende resultaten hebben niet alleen betrekking op de bijdrage van de lucht- warmtepomp voor verwarming in de wintermaanden.

Resultaat:

De volgende grafiek toont de prestatiecijfers in de stookperiode van de winter november 2006/april 2007, en wel afhankelijk van de componenten warmtepompen, warmteterugwinning (WRG) en aardcollectoren.

Het jaarwerkgetal van het totale verwarmingssysteem ligt met 3,3 AZ (blauwe kolom) duidelijk boven het

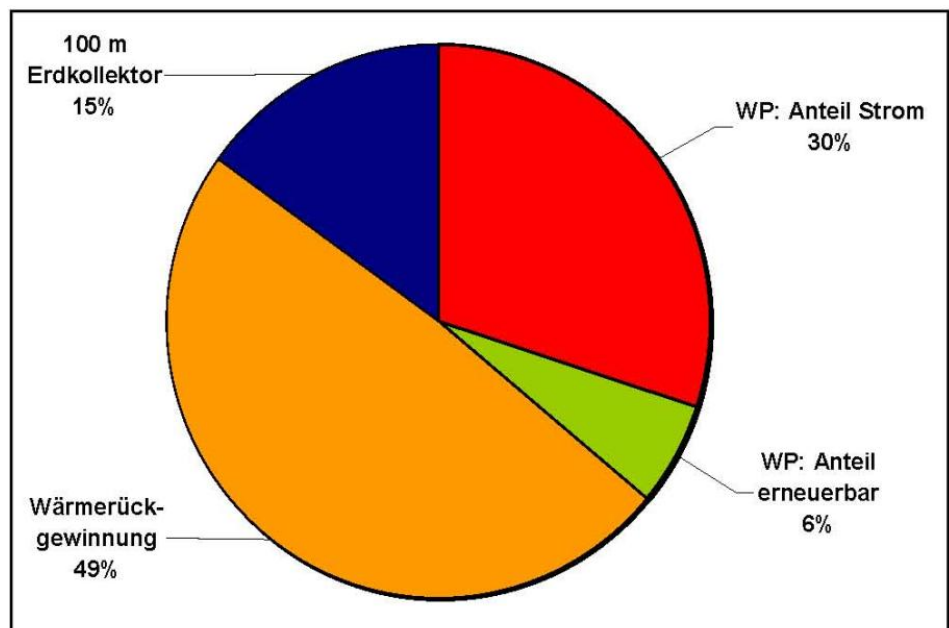


nodige minimale werkingscijfer van 3,0. Reden daarvoor is de aardcollector, die met -0,5 werkingscijfers tot het totale resultaat bijdraagt. Het grootste aandeel ter voldoening van de behoefte aan verwarming levert echter de warmteterugwinning (okergele kolom); deze verhoogt het effectcijfer van de warmtepomp van 1,2 (rode kolom) naar 2,8!

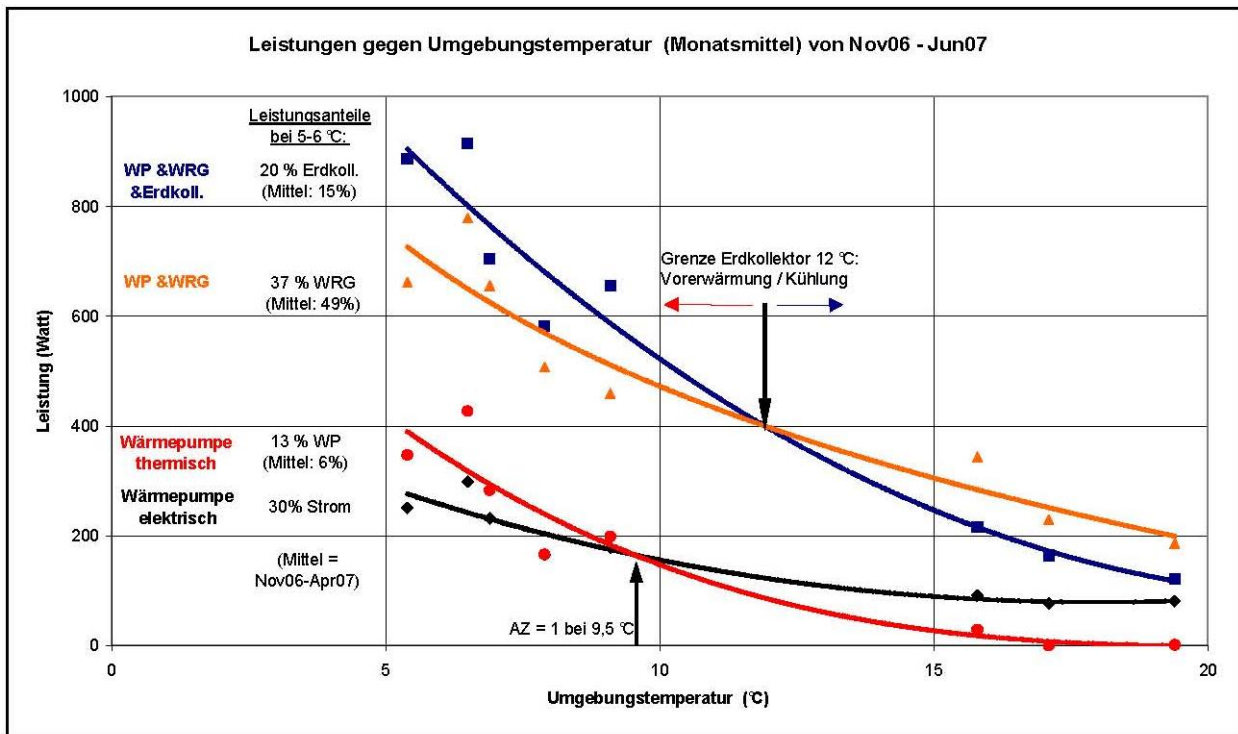
De afbeelding rechts toont de procentuele aandelen van de afzonderlijke componenten van de verwarmingsvraag. De warmteterugwinning geeft met +/- de helft de grootste bijdrage weer.

Samen met de aard-Collectoren levert zij bijna 2/3 van de nodige thermische energie.

De elektrische en vernieuwbare bijdrage van de warmtepomp aan de verwarmingsbehoefte komen samen op een aandeel van 36% en dragen in de verwarmingsnoodzaak van het passieve huis voor ruim 1/3 deel bij.



De volgende grafiek toont de elektrische en thermische prestaties van warmtepompsysteem afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Bij +5 °C (ongeveer de gemiddelde omgevingstemperatuur de stookperiode, een normaal jaar in hoofdstuk 4.3) is de warmtelast is ongeveer 1 kW (blauwe lijn). De 100 m grondcollector, dekt 20% gemiddeld over het stookseizoen: in een gemiddelde stookperiode is dit slechts 15% (zie vorige grafiek). Het aardcollector aandeel neemt in het voorjaar toe met een stijgende omgevingstemperatuur een dalende grondtemperatuur bij + 12 °C, wanneer in een huis met laag verbruik geen warmte meer is, draagt dit niet bij aan de warmte-inbreng: de grond is in april kouder als de omgevingstemperatuur en koelt, indien nodig, het huis.



De warmterugwinning (okergele lijn) beslaat 37%, zelfs bij +5 ° C de grootste aandeel van de vraag naar warmte, en de warmtepomp (rode en zwarte lijnen) komt met de thermische en elektrische aandelen bij +5 ° C, slechts op 13% resp. 30%.

Beoordeling

De 500 Watt lucht/lucht compacte warmtepomp bereikt ook niet met warmterugwinning de vereiste energie- efficiëntie van meer dan 3 en daarmee geen positieve bijdrage aan de klimaatbescherming. Dit werkt allen met 100 m. aardcollector.

Maar zelfs zonder de aardcollector zou men moeten overwegen, of conventionele warmtegenerator met een maximale thermische vermogen van 2 kW niet lukt en dat de bouwers met de bouw in een passief huis bouwen ongeveer 80% besparen op primaire energie in vergelijking met een laag energieverbruik

5.3.4 Bijzonder geval 4

Kleine lucht- warmtepompen voor warm water

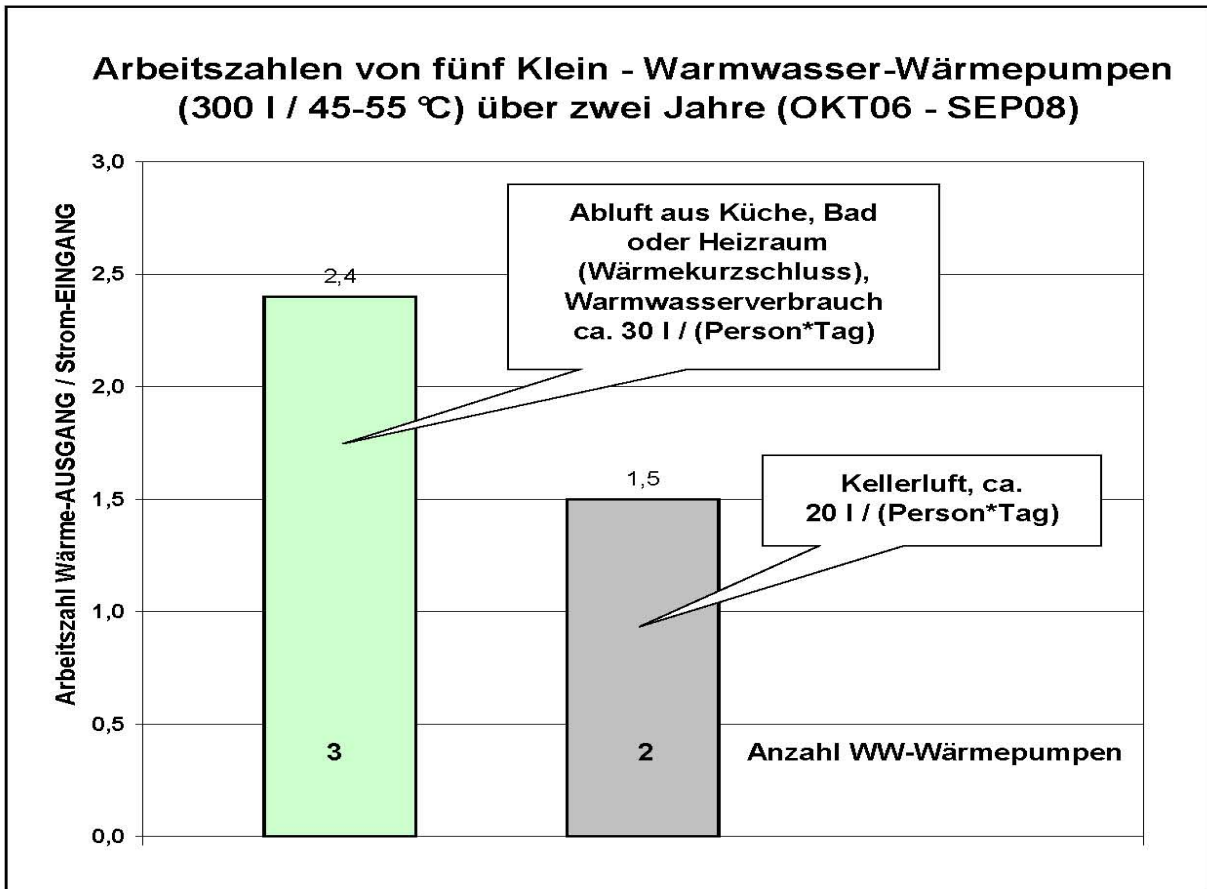
Inleiding:

Kleine warmtepompen voor warm water met een stroomverbruik van ongeveer 300 Watt, staan meestal in de kelder, waar ze ook de ruimte koelen. Of dit doel bereikt kan worden, wordt in de "veldtest electro-warmtepompen" niet ter discussie gesteld.

De geringe compressorprestatie, de verloren warmte van het geïntegreerde warmwaterreservoir en de ontbrekende isolatie van de kelderruimtes spreken dat tegen. Het is interessanter, of de 5 te onderzoeken kleine warmtepompen primaire energie en daarmee kooldioxide kunnen besparen of dat een zonnecollector een energie- efficiëntere investering is.

Resultaat:

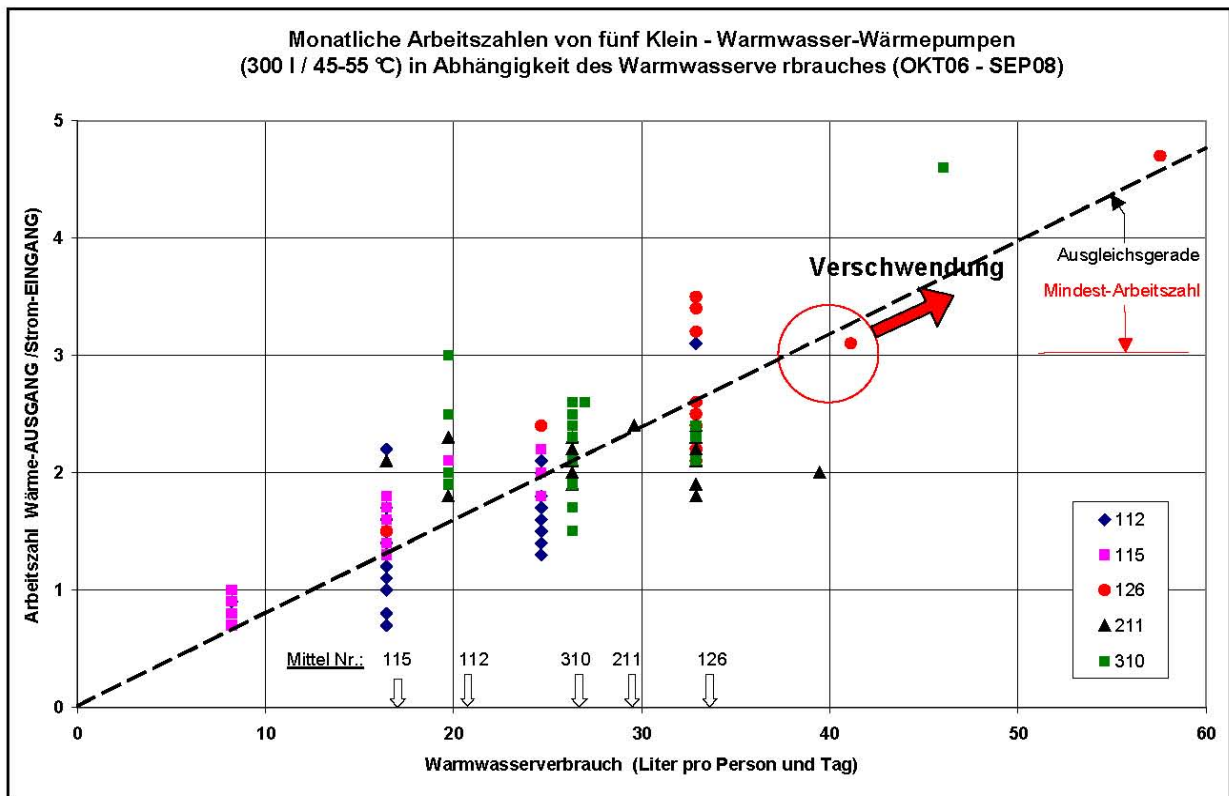
De volgende grafiek toont het jaarwerkgetal van de 5 kleine warmtepompen voor warmwater over 2 jaar, en wel van oktober 2006 tot september 2008.




3 daarvan werken relatief goed met een gemiddeld jaarwerkgetal van 2,4 en individuele waarden van 2,1, 2,3 en 2,8 en 1 slechts met een jaarwerkgetal van 1,5. De redenen voor de 3 beter presterende warmtepompen ontstaan door een hoger warmwaterverbruik tussen 27 en 33 liter per persoon per dag en omdat ze gebruik maken van de warme afvoerlucht uit de keuken, badkamer en de verwarmingsruimte. Het laatste betekent een warmtekortsluiting, want de warmtepomp moet de afgekoelde ruimte weer opwarmen!

Vanwege het geringe warmwaterverbruik van slechts 17 en 21 liter per persoon per dag en de koelere kelderlucht bereiken de andere warmtepompen slechts een werkingscijfer van 1,5.

Kleine warmwater warmtepompen kunnen bij een hoog warmwaterverbruik ook boven de vereiste minimale werkingscijfer van 3,0 komen. Dit wordt getoond in de onderstaande grafiek.




SHK: Dämmprobleme



Wärmeverluste Heizungsrohre

1. Voraussetzungen
Wärmedämmung außen/inn. = 55/28 mm
Temperaturdiff. = 35 K, Rohrlänge = 10 m
Heizsaison 7 Monate



2. Zwischenergebnisse für den Heizungskeller

Wärmedurchgangszahl	$k = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wärmeverlust pro Meter	$P_s = 14 \text{ W/m}$
Wärmeverlust im Heizungskeller	$P = 140 \text{ Watt-thermisch}$

3. Ergebnisse
Heizsaison (700 kWh) und Nichtheizsaison (300 kWh) = 1 000 kWh/Jahr
Vergleich mit Bedarf Niedrigenergiehaus, typisch = 10 000 kWh/Jahr

====>> 10% der Wärme geht im Heizungsraum verloren !

Hoewel de isolatie van de leidingen wettelijk voorschreven is, monteren de installateurs de leidingen onvolledig of de isolatie was niet beschikbaar. In de groen omlijste foto's zijn de leidingen goed geïsoleerd, terwijl op de rood omlijste foto's de leidingen slecht of helemaal niet zijn geïsoleerd. Op de linker rood omlijste foto is totaal geen isolatie en op de rechter rood omlijste foto's is alleen een koudwaterleiding van de bodem- warmtepomp geïsoleerd. De foto rechtsboven in toont ontbreekt de isolatie al vele jaren.

De Agenda groep heeft 1/3 van de 33 bedrijven er op moeten attenderen, dat de installateur na de installatie de puntjes op de i moeten zetten ter perfectionering, en niet alleen de rechte leidingen, maar ook de bochten, vertakkingen en de armaturen. Dat het hierbij niet alleen om " een beetje" gaat, toont de bovenstaande berekening aan; zonder isolatie gaan +/- 10 % van de geproduceerde warmte verloren in de verwarmingsruimte.

Uitval

Aan het begin van de 2-jarige meettestperiode waren de warmtepompen niet bestaande dan 4 jaar. Desondanks waren er bij 9 van de 33 warmte- warmtepompen en op een van de 5 warmwater warmtepompen problemen en storingen. De ergste

Aan het begin van 2 jaar meetperiode geen warmte pomp is bestaande dan 4 to 6 jaar. Niettemin waren er 9 van 33 verwarming en warmtepompen op een van de 5 warmwater- warmtepompen Problemen en storingen. De meest ernstige gevallen werden:

- Een warmtepomp mist duidelijk in de data sheet de gegarandeerde prestatie.
- In vier gevallen (3 warmte en één warmwater warmtepomp) moest de compressor door aanzienlijke prestatiereductie of een defect verwisseld worden.
- De warmtepompen werden door verschillende oorzaken uitgeschakeld en liepen over de elektrische verwarmingselementen.

Blijkbaar hebben de warmtepompen na dertig jaar nog niet de het gewenste ontwikkelingsniveau bereikt: de uitschakeling van vier compressoren na 4 tot 6 jaar in werking, is teveel. Sommige ontwikkelaars maken het iets te gemakkelijk. Een warmtepomp is nu eenmaal geen omgekeerde koelkast, en de compressor uit de klimaattechniek deugt ook niet altijd van een warmtepomp.

Wanneer men de totale uitvallen/defecten bekijkt, dan waren zonder meettechnische controle de aanzienlijke tekortkomingen pas veel later ontdekt door een hoog stroomverbruik. Dit ondersteunt het financieel beleid van de Bondsregering, door de installatie van warmteverbruiksmeter te verplichten. Dezelfde invalshoek hanteert ook FROHN/ Lit.03/, die zgn. montering voor noodzakelijk houdt, met de n.a.v. een congres van het Duitse Energieagentschap:

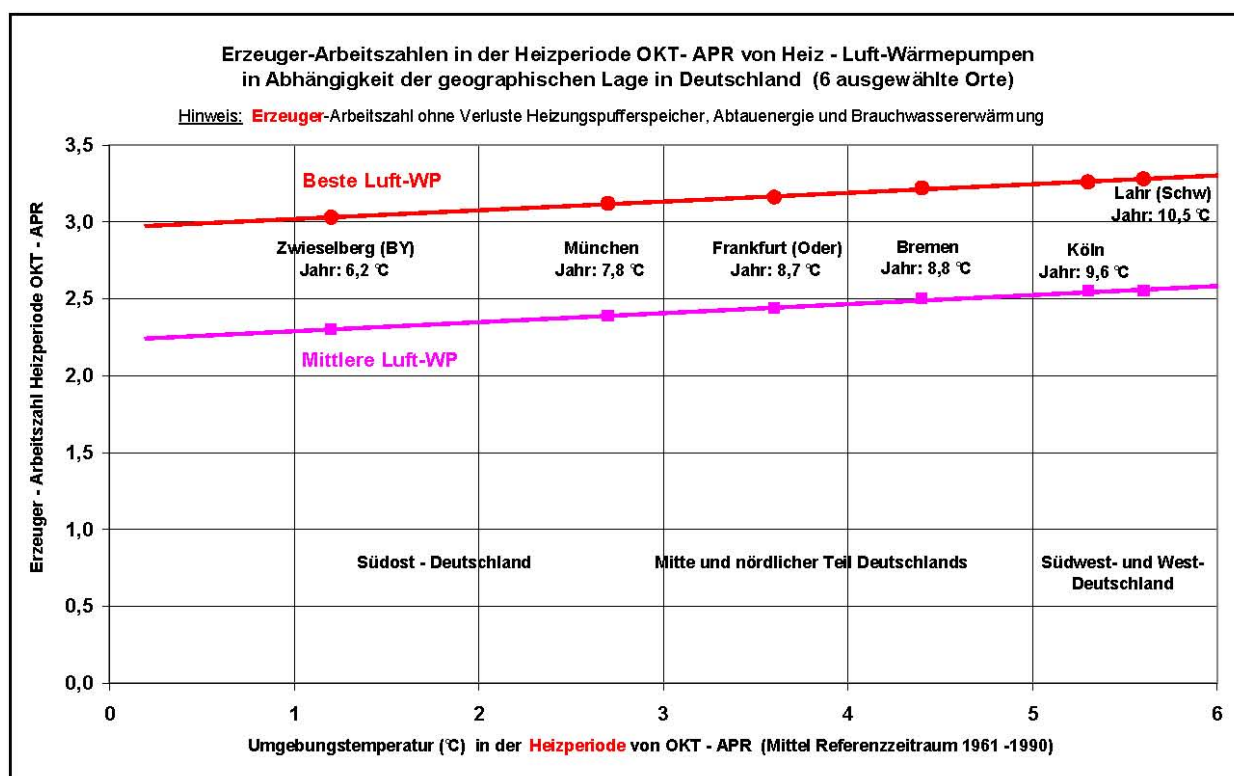
“ Is een verwarmingpompinstallatie op zichzelf aangewezen, dan is de energie -efficiëntiewerking een toeval”

Vanzelfsprekend heeft de Agenda-Groep direct na de vaststelling van de gebreken de bedrijven in kennis gesteld en een verbetering/ reparatie van de warmtepompen aangeraden. Deze uitvallen van maximaal 4 maanden! zijn bij de weergave van het jaarwerkgetal niet ingecalculleerd.

5.5 Omrekening van de jaarwerkgetallen tot een normaal jaar in andere Duitse plaatsen

De resultaten van de “veldtest electro- warmtepompen” komen uit Oberrhein, de warmste omgeving van Duitsland. Het lange termijn gemiddelde van de omgevingstemperatuur is heel Noord-Duitsland hoger met ongeveer 2 °C en vergeleken met Oost Beieren zelfs 4°C. Dit hoofdstuk moet daarom de vraag beantwoorden, met welke jaarwerkgetallen de kritische te beoordelen luchtwarmtepompen in andere gebieden van Duitsland zullen werken.

De basisprincipes voor het onderzoek zijn een zgn. kennislijn, die de afhankelijkheid van de maandcijfers van de omgevingstemperatuur weergeeft (verklaring en afbeelding, zie bijlage 11.4), en de lange termijn temperatuurwaarden van de Duitse Weerdienst van 1961-1990 voor 6 geselecteerde plaatsen verdeeld over heel Duitsland. Het resultaat toont de volgende grafiek.



Aangegeven zijn de gunstigere jaarwerkgetallen, waarbij de verliezen van de verwarmingsbuffer, huishoud waterreservoir en de functiedaling van de lamellenverdampers nog niet zijn opgenomen, afhankelijk van de omgeving in een normale stookperiode. De beste lucht- warmtepomp nr. 115 komt in de veldtest over 2 jaren, volgens bijlage 11.1 uit op een EJAZ van 3,2 en SJAZ van 3,0 en de middelste nr. 126 komt uit op EJAZ 2,0 en SJAZ 2,5.

De beide curven vertonen een lineair verloop: hoe kouder het gebied, des te lager de jaarwerkgetallen. Ze gaan +/- 0,1 JASZ punt per 1,8 °C omlaag. In noord en oost Duitsland is weliswaar rekening te houden met een producent- jaarwerkgetal van 3,2, in oost Beieren maar alleen nog met +/- 3,0. Voor de mediale lucht- warmtepomp luiden de waarden 2,5 resp. 2,3. De verschillen tussen zuid –en noord Duitsland zijn met 0,2 JAZ punten relatief beperkt.

Tot zover de producent – jaarwerkgetal. Bekijkt men nog de verliezen van de warmte- en de huishoudwater- buffer en de ontdooiing van de lamellenverdampers (-0,5 JAZ, zie hoofdstuk 5.1), dan liggen de systeem- jaarwerkgetallen in alle delen van Duitsland gemiddeld nog slechts in de buurt van 2,0 SJAZ. Dus de exploitant moet de helft van zijn warmte en warmwater verlies met waterverwarming met hoge kwaliteit en dure stroom dekken. Dit is ongeveer een kwart van de steenkoolverwarming! Vanuit het perspectief van de Agenda –Groep ziet klimaatbescherming er anders uit.

6. Vergelijking van de ecologische resultaten met andere praktijkonderzoeken

De resultaten van de “veldtest electro- warmtepompen” in Oberrhein zijn vergelijkbaar met, of zelfs beter dan de resultaten in noord Duitsland (Eon), Zwitserland (FAWA), in Hessen (Hess. Landregering/ VDEW) of in Baden.

Reacties op de veldtest

Ondanks deze op zich onder vaklui bekende feiten, beweerde een warmtepompvervaardiger dat de Lokale Agenda 21 – Groep energie Lahr verkeerde metingen deed en dat een energievermogen betere resultaten zou hebben doorgegeven. Op concrete vragen achteraf, op welke plaatsen een correctie nodig zou zijn, en op het verzoek om een overzicht van de hogere gemeten jaarwerkgetal, bleven de antwoorden uit. Andere producten dreigden zelfs met juridische stappen.

De Agenda- Groep heeft daarom één keer feiten en getallen gecombineerd. De onderstaande tabel geeft dit weer.

	Lokale Agenda 21 - Groep-Energie Lahr Schwarzwald	Eon Düsseldorf	BFE Schweizer Bundesamt für Energie (FAWA)	IZW Infozentr. Wärmepumpen und Kältetechnik (Kruse) und Eon	GERTEC Hess. Wirtschaftsministerium, VDEW und MKW	E-Werk Mittelbaden Lahr Schwarzwald	Zum Vergleich:		Gewichtetes Mittel Arbeitszahlen Spalten 2-7	Mittel Primär-energetische Erz. aufwandszahl Spalten 2-7 (PEF = 2,7)
							Planung Wirtsch. minist. Baden-Württemberg	Planung Stiebel-Eltron Holzmin-den		
Luft-Wärmep. JAZ (Anzahl) Literat. /n/	2,8 ^a /2,4 ^b (7) / (5)	2,73 ^c (1) /4/	2,65 (ca. 100) /5/ & /6/	2,98 /7/	2,0 (4) /8/	2,77 (1) /9/	2,1 - 2,3 /10/	2,31 ^d /11/	2,65	1,02
Erdreich-Wärmep. JAZ (Anzahl) Literat. /n/	3,4 ^a (13)	3,60 ^c (14) /4/	3,50 (ca. 100) /5/ & /6/	3,32 /7/	2,9 (4) /8/	--	2,4 - 2,9 /10/	2,97 ^d /11/	3,50	0,77
Zum Vergleich: Erdgas-Kessel^e (Anzahl) Literat. /n/										FhBW 1,04 (59) /12/

Afkortingen; JAZ: jaarwerkgetal, FAWA: veldanalyse van verwarmingsinstallatie, GERTEC: Ingenieursbureau in Essen, VDEW: Unie Duitse Elektriciteitswerken, MKW: grootste elektriciteitscentrale, PEF: nieuwe primaire energiefactor = 2,7, FhBW: Technische Universiteit Braunschweig/ Wolfenbüttel.

Opmerkingen; a; gunstigere generator -JAZ bodemverwarming (Systeem JAZ: lucht 2,3, bodem 3,1); b;gunstigere generator – JAZ radiator (Systeem JAZ 2,2) C; literatuur /6/: alleen de besten gepubliceerd, d; warmteverlies 80 kWh/m², oppervlak 150 m² (installatiekostencijfer); e; Aardgas verbrandingsketel

Literatuur 4 tot 12 : zie bijlage 10.6

Definitie: : zie bijlage 10.5

Het resultaat:

De jaarwerkgetallen van andere onderzoeken zijn vergelijkbaar met of zelfs slechter dan de Agenda – Groep. De primaire energetische producent- kostencijfers = primaire energiefactor PEF/JAZ (laatste kolom) evenals de kostencijfers (definities zie bijlage 11.5) van lucht- warmtepompen komen overeen met die van aardgas- verbrandingsketels. Lucht- warmtepompen dragen daarom gemiddeld bij de andere veldtesten niet bij aan de klimaatbescherming. Anders maar de bodem- warmtepompen. Hun kostencijfers zijn 26 % gunstiger, d.w.z. lager, dan die van aardgas- verbrandingsketels.

Ook nu het lopende praktijkonderzoek van het Fraunhofer Instituut voor zonne-energiepanelen (ISE) in Freiburg komt tot vergelijkbare resultaten, waarmee men in de ogenschouw neemt dat het hier om een zgn. “gecontroleerde veldtest” gaat en men precies verschil maakt tussen de producten –en systeem- jaarwerkgetallen:

- De producenten vermeldden de ISE de warmtepompen, die zij ook lopend online controleren en natuurlijk ook indien nodig, flink maken. Zoiets is niet bij de veldtesten van de Agenda-Groep. Verbeteringen achteraf waren zeker in enkele gevallen noodzakelijk, tenslotte wil de Agenda-Groep zich niet blootstellen aan het verwijt, dat ze duidelijk niet goed functionerende warmtepompen zou kwalificeren.
- Heet aandeel van de bodem- warmtepomp met beperkte voorverwarmingstemperaturen is bij de ISE met 96% duidelijk hoger dan bij de Agenda-Groep. Dat verhoogt natuurlijk de JAZ.
- De ISE vermeldt jaarwerkgetal zonder en met verwarming van huishoud water weer. Zonder komen ze tegemoet aan het gunstigere producent- jaarwerkgetal. De Agenda-Groep registreert daarnaast ook het systeem- jaarwerkgetal. Het verschil: het van de energie-efficiency van warmtepompsystemen maatgevende systeem- jaarwerkgetal brengt niet alleen de onvermijdelijke verliezen van de verwarming van huishoud water in beeld (0,1- tot 0,2- JAZ), maar ook nog die van de warmtebuffers (0,1- tot 0,2- JAZ), die van de ladepomp en bij lucht- warmtepompen ook nog de energie voor de ontdooiing van de lamellenverdamer (0,2- JAZ).

De jaarwerkgetallen van de Agenda- Groep (producenten –en systeem JAZ en de ISE (producent JAZ zonder en met verwarming van huishoud water) laten zich dus niet vergelijken. Desondanks bereiken ook de ISE de lucht – en warmtepompen met inachtneming van de verwarming van huishoud water slechts een jaarwerkgetal van gemiddeld net 3. Trekt men daarvoor echter nog de eerder genoemde verliezen af voor de verwarmingsopslagtank en het ontdooien van de lamellenverdamers, dan komt erbij de ISE een systeem- jaarwerkgetallen tot stand van nog slechts 2,6 (berekend op grond van de resultaten van de Agenda- Groep).

Ter vergelijking: De Agenda- Groep gaf bij vloerverwarming een systeem- jaarwerkgetal door van 2,3. De redenen voor de ongeveer 10% lagere waarden komen voort uit de gebrekkige bedrijfscontroles en verbeteringen achteraf door de producenten. De kritische te bekijken lucht- warmtepompen komen dus ook bij de ISE bij lange na niet over het noodzakelijke systeem- jaarwerkgetal van 3 heen, een minimale waarde, die het Duitse Energiebureau en het RWE “eisen” om warmtepompen als “energie- efficiënt” te kunnen aanduiden.

Reacties op de veldtest

Ondanks deze op zich onder vakkundig bekende feiten, beweerde een warmtepompvervaardiger dat de Lokale Agenda 21 – Groep energie Lahr verkeerde metingen deed en dat een energievermogen betere resultaten zou hebben doorgegeven. Op concrete vragen achteraf, op welke plaatsen een correctie nodig zou zijn, en op het verzoek om een overzicht van de hogere gemeten jaarwerkgetal, bleven de antwoorden uit. Andere producten dreigden zelfs met juridische stappen.

1. Aanbeveling van de Bondsvereniging Huistechiek, Energie en Milieu (BDH), die de belangen van de verwarmingsketels –en warmtepompen- fabrikanten vertegenwoordigt:

“Geen standpunt t.a.v. de resultaten van de Lokale Agenda 21 -Groep Energie Lahr. Een standpunt zou contraproductief zijn omdat daardoor het praktijkonderzoek opgevaardeerd zou worden”.

Reacties op de veldtest vervolg

2. Elektriciteitswerk Mittelbaden (Lahr/ Zwarte Woud) , beide aanhangers van de meettechniek van de “Veldtest electro- warmtepompen”

“Het energie adviesbureau van het E-Werk Mittelbaden zal de resultaten van de veldtest van de Agenda-Groep niet als aanleiding beschouwen, in het algemeen over luchtwarmtepompen, afwijzingen te geven. Het energie adviesbureau zal persoonlijk en schriftelijk adviseren, de uit het verslag veronderstelde negatieve slotconclusies, aan de advieszoekers objectief minimaliseren ”

De Agenda-Groep hoopt, dat tot deze “objectiviteit” de aanwijzing beloont, dat ook de beste lucht-warmtepompen met een functionering met een jaarwerkgetal van SJAZ 3,0 niet voldaan wordt aan de klimatologische beschermingseisen.

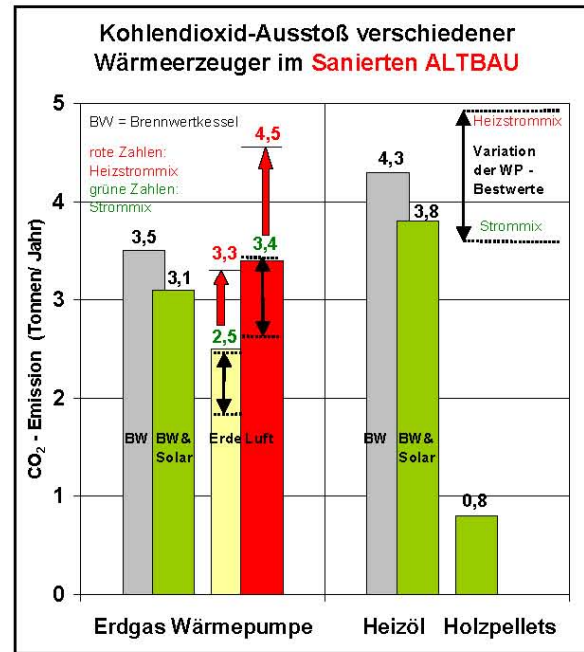
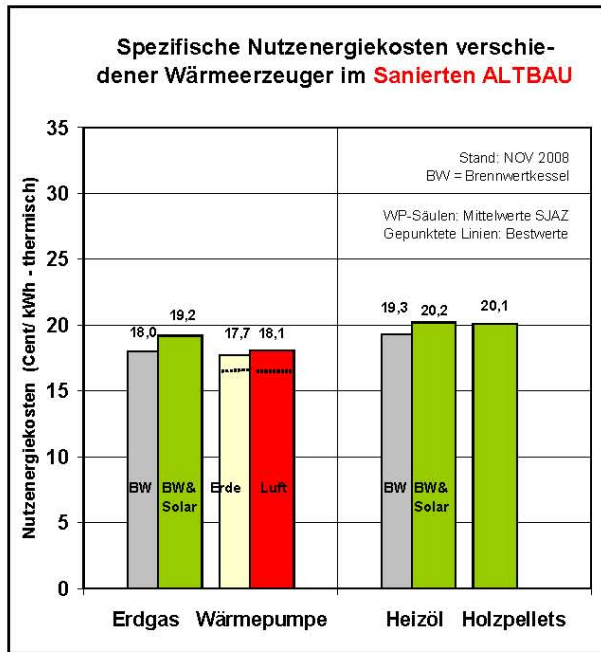
7. Economische resultaten

De vastgestelde gemiddelde systeem- jaarwerkgetallen van electro- warmtepompen in hoofdstuk 5.1, zijn de basis van een vergelijking met andere warmtevoortbrengers. Zoals de tabellen in bijlage 11. Vertonen gaf het Ortenauer Energiebureau bij de 2 kwestievoorbeelden de investering- en bedrijfskosten door over de levensduur van de installatie en kortingen in relatie tot het eerste jaar (annuïteitberekening). Het gaat om een energetisch gemoderniseerde bestaande woning met radiatoren en om een modern huis met vloerverwarming. Als tussenresultaat handhaaft men de jaarlijkse kosten (€/a) en de specifieke energiekosten (cent/kWh voor ruimteverwarming en warm water van 7 vergelijkingssystemen. In verband met verschillende primaire energiefactoren en de specifieke CO²- uitstootfactoren van de Duitse elektrische- stroomsamenstelling en de verwarming- stroomsamenstelling is dan een uitspraak over een optimale investering, die zowel de belangen van de bedrijfsfinanciën, als die van de klimaatbescherming bevordert.

Gemoderniseerde bestaande woningen

In beide onderstaande grafieken tonen de specifieke energiekosten en de CO² uitstoot de 7 warmtepompen voor het praktijkvoorbeeld “gemoderniseerde bestaande woningen”. De vele gegevens zijn terug te vinden in bijlage

11.3.1



De energiekosten in de linker grafiek op pagina 23 variëren slechts tussen 18 en 20 cent/kWh. 3 warmtepompen liggen echter met 18 cent/kWh dicht bij elkaar. Het gaat hierbij om een bodem-warmtepomp, een aardgas- verbrandingsketel en een lucht- warmtepomp. De uitgaven zijn bij een kostenberekening bijna gelijk; opmerkingen hierover staan in bijlage 10.3

Commentaar: berekening totale kosten

Zoals keer op keer in de gesprekken blijkt, delen de energieadviseurs dat de bodem-warmtepompen weliswaar een hoge energie-efficiency toe, maar geven echter dan toch de voorkeur aan de enigszins goedkopere ondanks de hoge begininvestering van de statistieken beter presterende, maar energie efficiënte lucht- warmtepompen.

Bij een noodzakelijke observatie van de kosten over de levensduur van de warmtepompen zijn echter de kosten van beide vergelijkbaar. Hier is er meer sprake van noodzaak een en ander te verduidelijken en mogelijke belangstellenden een totaalkostenberekening voor te leggen.

De gekleurde kolommen in de linker afbeelding op pagina 23 zijn van toepassing op de warmtepompen, de kosten op basis van de gemiddelde waarden in hoofdstuk 5.1 gemeten systeem- jaarwerkgetal. Worden de hoogste individuele waarden van 2 soorten warmtepompen genomen, dan verminderen de specifieke energiekosten, zoals getoond in de linkergrafiek (de stippellijn). De bodem- en de lucht- warmtepompen zijn dan topwaarden voordeliger dan een aardgasketel.

Anders functioneren maar die verwarmingsvoortbrengers bij de uitstoot van schadelijk broeikasgas CO² (rechter grafiek op pagina 23). Daar ligt de houtpelletketel met een jaarlijkse CO² uitstoot van slecht 0,8 ton per jaar op een onverbeterbaar niveau, gevolgd door de bodem- warmtepomp, de aardgas- verbrandingsketel met een zonnecollector en de lucht- warmtepomp.

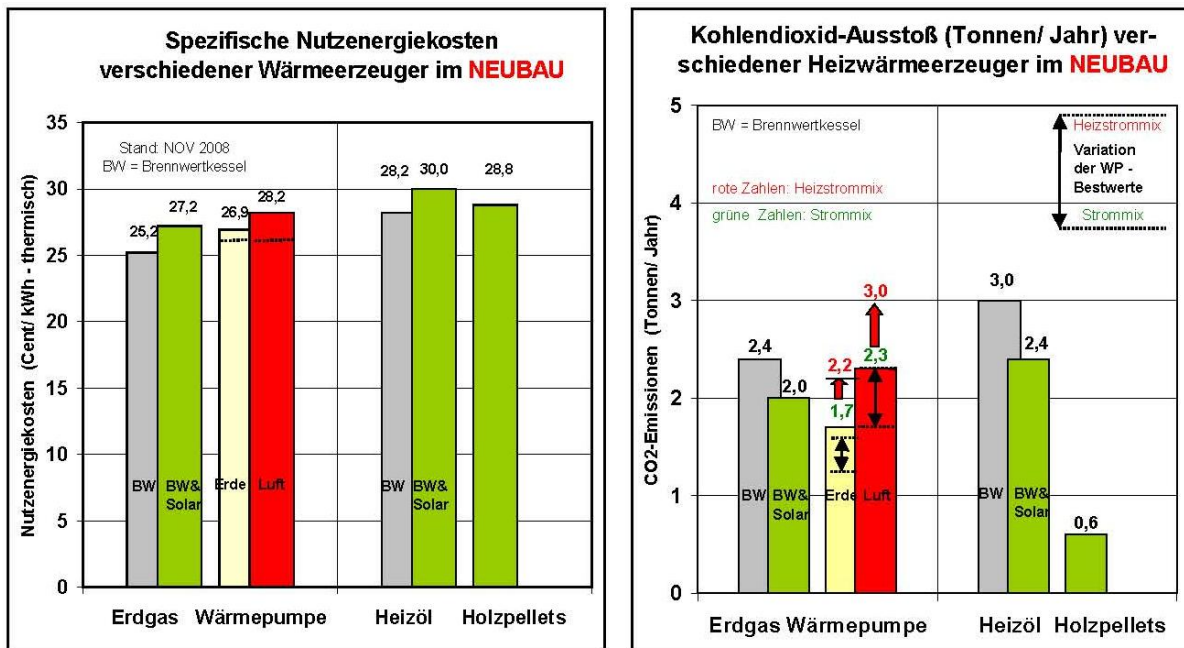
De gekleurde kolommen hebben bij de warmtepomp betrekking op een jaarlijks kooldioxide- uitstoot van de Duitse Kerncentrale verwarmingsstroommix van ongeveer 600 gram/kWh elektriciteit. Steeds meer milieubewuste energie-experts zijn allen van mening, dat deze stroommix bij electro- warmtepompen niet toepasbaar is, omdat in de stookperiode voor de bruinkool en uranium als basale belasting ook nog steenkolen centraal bijkomen, die de uitstootfactor van 600 tot 800 gram/kWh verhoogt. In de rechter grafiek is daarom nog als alternatief voor de stroommix (groene cijfers) van de verwarmingsstroommix met rode pijlen naar boven ingewerkt. Het resultaat: de aardgas- verbrandingsketel vervult met de bodem-

warmtepomp de 2^e plaats en de lucht- warmtepomp wordt de slechtste van onderzochte warmtegenerator-systemen.

Dit resultaat wordt echter beter, waarmee men i.p.v. de gemiddelde systeem- jaarwerkgetallen ook hier weer slechts de hoogst gemeten enkelen waarden bekijkt. De zwarte pijlen in de rechtergrafiek op pagina 23 vertonen een bandbreedte tussen de Duitse stroommix (600 gr./kWh- onderste gestippelde lijn) en de verwarmingsstroommix (800 gr./kWh- bovenste gestippelde lijn).

Nieuwbouw

In de grafieken op pagina 25 vertonen voor de nieuwbouw een weergave zoals voorheen voor de gemoderniseerde bestaande woningen. Vanwege het lage warmteverlies zijn zeker de specifieke kosten van de geleverde energie hoger en de CO² uitstoot lager. De talrijke begincijfers van de grafieken van deze voorbeelden staan in bijlage 10.3.2.



De energieproductiekosten (linker grafiek) variëren bij de nieuwbouw duidelijk meer dan bij de gemoderniseerde bestaande woningen en wel tussen de 25 en 30 cent/kWh. De volgorde op grond van laagste kosten luidt: aardgas- verbrandingketels, bodem- warmtepompen, aardgas- verbrandingsketel met zonne-energiepanelen en lucht- warmtepompen. Bij een berekening met de beste individuele waarden bereiken de beide warmtepompen de 2^e plaats (stippellijnen).

De rechter grafiek toont de uitstoot schadelijke gas CO² bij de 7 warmtepompen. Ook in de nieuwbouw ligt de houtpelletketel met een jaarlijkse uitstoot van slechts 0,6 ton op een onaantastbaar laag niveau, opnieuw gevolgd door de bodem- warmtepomp, de aardgas- verbrandingsketel en zonnecollector panelen en de lucht- warmtepomp.

De groene en rode getallen in de grafiek en de stippellijnen tonen, hoe al bij de gemoderniseerde bestaande woningen geaccentueerd worden, de variaties bij de stroomverwarming en de jaarwerkgetallen. Op grond van de waarnemingen komen hier ook vergelijkbare ranglijsten tot stand.

Combinatie van ecologie en economie: De prijs/klimaat factor

De hoofdstukken 5 en 7 beschrijven de ecologische en economische aspecten van de warmtepompen en de andere warmtegenerator- systemen. De vraag komt naar voren, welke van deze, bij de overstap naar een anders systeem aan te raden is. Tenslotte luidt de typische slagzin van 1970/80 nog steeds: “Weg met de olie en op naar de electro- warmtepomp”. Is dat echter nog het juiste besluit?

Om deze vraag te beantwoorden kunnen de voorbeelden van beide gevallen, gemoderniseerde bestaande woningen en nieuwbouw functioneren als een eerste, maar belangrijke besluitvorming genomen te worden. De resultaten van dit hoofdstuk zijn daarom in de tabel nogmaals samengevat. De Agenda-Groep brengt daarin de totale kosten met de klimaatbescherming en geeft verwarmingssystemen weer in relatie tot een optimale verhouding van prijs- klimaatbescherming.

Fallbeispiel/ Platz	1	2	3	4
<u>Saniertes Altbau</u> - <u>Kosten</u> gruppe 18 Cent/ kWh-thermisch (praktisch gleich) - <u>CO₂-Emission</u> in Tonnen pro Jahr (nach rechts zunehmend)	Erdreich-Wärmepumpe	Erdgas-Brennwertkessel	Luft-Wärmepumpe	Erdgas-BW-Solar
	Holzpelletkessel	Erdreich-Wärmepumpe Günstigster Preis-/ Klimafaktor	Erdgas-Brennwertkessel und Solar	Luft-Wärmepumpe
<u>Neubau</u> - <u>Kosten</u> in Cent/ kWh-thermisch (nach rechts zunehmend) - <u>CO₂-Emission</u> in Tonnen pro Jahr (nach rechts zunehmend)	Erdgas-Brennwertkessel	Erdreich-Wärmepumpe	Erdgas-Brennwertkessel und Solar	Luft-Wärmepumpe
	Holzpelletkessel	Erdreich-Wärmepumpe Günstigster Preis-/ Klimafaktor	Erdgas-Brennwertkessel und Solar	Luft-Wärmepumpe

De tabel toont de ranglijsten bij de gemoderniseerde bestaande woningen en bij de nieuwbouw van de kosten (rechtsoplopend) en CO² uitstootgevallen (eveneens naar rechts toe oplopend). Wie alleen naar de kosten kijkt, kiest bij de gemoderniseerde bestaande woningen de bodem- warmtepompen (tabel 1) en bij de nieuwbouw een aardgas- verbrandingsketel. Bij een verantwoorde keuze voor het milieu, de kinderen en de nakomelingen is echter in beide gevallen de houtpelletketel de eerste keuze.

Als de bouwers echter de wens hebben, de kosten en de klimaatbescherming uitgebalanceerd in acht te nemen, dan moeten ze kiezen voor de rood omrande warmtepompen in de getoonde tabel. D.w.z. bij:

Gemoderniseerde bestaande woningen:

Bodem- warmtepompen

De reden: Ze hebben de laagste kosten en op één na laagste CO² uitstoot.

De houtpelletketel ligt bij de CO² uitstoot weliswaar duidelijk lager, maar verschijnt bij de kosten niet onder de eerste 4 plaatsen.

Nieuwbouw:

Bodem- warmtepompen

De reden: Ze hebben de één na laagste kosten en CO² uitstoot.

De aardgas- verbrandingsketel is weliswaar voordeliger, hij verschijnt echter niet onder de eerste 4 laatste plaatsen bij de CO² uitstoot. En de houtpelletketel heeft weliswaar een zeer geringe CO² uitstoot, maar staat op de ranglijst kosten onderaan.

Zowel in de gemoderniseerde bestaande woningen alsook in de nieuwbouw verschijnen de lucht-warmtepompen weliswaar ook als aanvoerder in de kosten en uitstootlijst, vanwege de ietwat hogere kosten en de energie- inefficiëntie echter op de lagere plaatsen en zijn daarmee niet aanbevelingswaardig.

8. Samenvatting van de ecologische en economische resultaten

De meetresultaten van het 2-jarige praktijkonderzoek van oktober 2006 tot september 2008 laten zien dat er aanzienlijke verschillen zijn tussen de resultaten van prestatiecijfers op de teststanden en reclameteksten enerzijds en de realistische wereld van jaarwerkgetallen aan de anderzijds. Fabrikanten s meten namelijk de prestatiecijfers (COP= coëfficiënt of performance) op de teststanden onder zeer gunstig kader voorwaarden, die in de praktijk niet haalbaar zijn. Ook de calculatie van het jaarwerkgetal m.b.v. de VDI- richtlijn 4650, geeft de werkelijkheid onvolledig weer. Nog in ogenschouw te nemen zijn namelijk:

- De systeemgedachte: optimale afstelling van de componenten koude bronnen, warmtepompen en koellichamen en de integratie in de behuizing
- Variabel volume en -waterdoorstroom aan de koelzijde
- Onvast werking: deellast en contacten
- Hogere temperatuurmeter voor warm water (als bodemverwarming gecombineerd wordt met WW)
- Stroom voor noodverwarming-staaf
- Verwarmingsopslagtank; deze verlaagt het werkingsgetal met +/- 0,1 to 0,2 punten
- Hydraulische nivellering van de warmtecirculatie; hoewel voorgeschreven slechts zelden doorgevoerd. Dit verhoog niet alleen het jaarwerkgetal, maar verlaagt ook het energieverbruik, vooral in verbinding met hoogefficiënte circulatiepompen.
- Ontbrekende of gebrekkig onderhoud van de lamellenverdampers (lucht WP), bronnen filters (grondwater – warmtepomp) en instellingen van het bedieningspaneel (verwarmingscurve ligt vaak te hoog).

Bovenstaande punten doen het berekende jaarwerkgetal tegenover de praktijk aanzienlijk afnemen: de verschillen bedragen minstens 0,5 tot 1,0 punten.

Zelfs in de herziene, verbeterde versie van de VDI 4650 is er nog sprake van gebreken. De bovengenoemde verwarmingsstaaf is weliswaar nu geïntegreerd bij het parallel functioneren m.b.v. de warmtepomp, maar er zijn nog inconsistenties. Dan ontbreekt nog altijd de verwarmingsopslag tank en de veronderstellingen bij huishoud water- verwarming zijn te optimistisch.

De vermelding van de maatgevende, zoals met ander verwarmingsproductiesystemen vergelijkbare jaarwerkgetal, is daarom zoals voorheen niet mogelijk. Een vergelijking van de nieuwe VDI – calculatie met de veldtest resultaten van de Agenda-Groep en de FgH-ISE, toont echter bij het gunstige producenten jaarprestatiecijfer een overeenkomst van minstens 10 % (BRUGMANN/ Lit. 13/). Betreurenswaardig is zeker dat de auteur niet ook nog de verwarmingsstaaf en de huishoud water- verwarming heeft ingecalculleerd. Dat zou dan zeker het verschil tussen de berekening en de praktijk vergroten.

Koudebron bodem, grondwater en lucht

Aan de koudebron zijn de bodem- warmtepompen de lijstaanvoerder. Ze bereiken in een verbinding met vloerverwarming in het jaar gemiddelde werkcijfers tussen 3,1 tot 3,4. Daarom overtreffen 2 van 13 bodem-warmtepompen zelfs het ideële doel van 4 JAZ en komen uit op een productie- jaarwerkgetal tussen de 4,3 en 4,4; dat is een goed resultaat.

Voor sommigen teleurstellend ontsporen de grondwater- warmtepompen. Ze bereikten een gemiddeld jaarprestatiecijfers van slechts 2,9 tot 3,2. De redenen daarvoor komen naar voren in hoofdstuk 5.1. Een

van de 7 overtreft zeker met een producent jaarwerkgetal van 4,2 ook het reclamedoel; eveneens een topprestatie.

Het slot wordt gevormd door de lucht- warmtepompen. Bij vloerverwarming bedraagt het gunstigere productie- jaarwerkgetal gemiddeld 2,8 EJAZ, het maatgevende systeem- jaarwerkgetal echter slechts 2,4 SJAZ. Bij radiatoren bedragen de overeenkomende waarde 2,4 respectievelijk 2,2. Duidelijk afgewezen zijn het kleine warm water warmtepompen met een jaarlijks gemiddelde van 2,0. Bij een hoog warmwaterverbruik is weliswaar 2,4 te bereiken, bij een gering zijn er echter slechts 1,5, samen niet voldoende resultaten.

Lucht- warmtepompen dragen dus in de praktijk niet bij aan de klimaatbescherming, omdat ze niet aan de eisen van het Duitse Energiebureau en de RWE voor "energie-efficiënte warmtepompen/ Lit. 01/ met een jaarwerkgetal van boven 3,0 niet voldoen. Dit soort warmtepomp gebruikt ook geen recyclebare energie, wanneer milieuwarmte alleen dan als recyclebare energie gecategoriseerd wordt, wanneer deze leidt tot besparing van primaire energie bij het verbruik van fossiele en kern brandstoffen /Lit. 14).

Commentaar: geen inzet van lucht- warmtepompen

Vanwege de energie efficiëntie van lucht- warmtepompen voor de verwarming en het huishoud water beveelt de Lokale Agenda 21- Groep Lahr aan samen met steeds meer energie-experts en milieuactivisten, in lage energiehuizen, gerenoveerde bestaande woningen en eerst echt bestaande woningen bij de stand van de techniek van destijds geen lucht- warmtepompen meer in te zetten en staatkundig te bevorderen.

Deze aanbeveling staat van nature een groter deel warmtepompfabrikanten en de energie-leveranciers tegen. De Agenda- Groep oordeelt echter op basis van feiten en getallen, niet alleen op die van de eigen veldtest. Met wishful thinking en marketingbelangen hebben ze weinig/niets van doen.

Koellichamen van vloerverwarming en radiatoren

Op het gebied van koellichamen is de vloerverwarming favoriet. De jaarwerkgetallen liggen tegenover radiatoren in relatie tot de koudebron ongeveer 0,1 tot 0,4 werkingspunten hoger. Deze conclusie is belangrijk, omdat fabrikanten, loodgieters en energieleveranciers de luchttoevoer –warmtepompen ook graag reclame van de grote markt de modernisering van bestaande woningen, in relatie radiatoren. Natuurlijk laat zich een lucht- warmtepomp ook met radiatoren besturen, de belangenvetegenwoordigers moeten echter de bouw eerlijk zeggen, dat deze dan de stroomkosten met 20% verlagen.

Commentaar: warmteverdeling 35 °C of 55 °C?

Het is spijtig dat het Duits Energiebureau en de Landsvakbond van sanitair, verwarming en klimaat in Baden/ Württemberg voor de verlooptemperaturen voor bestaande woningen tot 55 °C als "zinnig" beschouwen en daarmee hun eigen milieubeschermingdoeleinden tegenwerken. Alsof de fysica en het CARNOTSche circulatie (zie bijlage 11.5) daarvan afhankelijk zouden zijn, of een warmtepomp in een bestaande of nieuwbouwwoning werkt, en of hier sprake is van een aansluiting aan een vloerverwarming of aan een radiator!

Beslissend en prestatieverlagend is de te hoge voorlooptemperatuur.

Maar zonder een dergelijke concessie zonder de lucht- warmtepompen in bestaande woningen geen kans hebben, omdat daar vaak radiatoren aanwezig zijn. Een milieubewuste en vooruitdenkende investeerder zou van een dergelijke er echter af moeten zien. De onafhankelijke deskundige van het Steinbeis Transfercentrum (zie hoofdstuk 5.2), een aannemer van het warmtepomp programma van het ministerie van economische zaken van de Bondsrepubliek /Lit. 03/ en de Agenda-Groep eisen daarom zoals voorheen slechts maximale voorlooptemperaturen in de verwarmingskringen van 35 °C. En dit is niet haalbaar met radiatoren!

Bijzondere gevallen

De bijzondere gevallen 1 t/m 4 leveren grotendeels geen voordelen op en in één geval slechts op beperkte wijze één voordeel tegenover normale warmtepompen of zonnecollectoren:

- Bijzonder geval 1: De voorverwarming van de buitenlucht boven de woonruimten veroorzaakt bij de lucht warmtepompen bij warmteverbruik van 55-60 kWh (m² per jaar) een overmatige ventilatie op en daarmee een warmtekortsluiting.
- Bijzonder geval 2: De werkingscijfers van de gasverwarming voor warm water tot 65 °C liggen +/- 10% onder het gemiddelde van de normale warmtepompinstallaties.
- Bijzonder geval 3: De compacte warmtepomp in een passief huis bereikt zonder de 100 m. bodemcollector niet de noodzakelijke 3 JAZ. Dat werkt alleen met hulp van de bodemcollector, welke de koude winterlucht voorverwarmt en in de zomer ook kan koelen.
- Bijzonder geval 4: Het gemiddelde jaarwerkgetal van 5 kleine warmwater warmtepompen bedraagt slechts 2 JAZ. Dat is duidelijk te weinig voor een bijdrage aan de klimaatbescherming. Een warmwater zonnecollector is een beter ecologische alternatief.

Bedrijfsvriendelijkheid en kooldioxide- uitstoten

Op basis van feiten en getallen uit de praktijk nemen de bodem warmtepompen in vergelijking met 6 andere warmteproducenten zowel gemoderniseerde bestaande woningen alsook in de nieuwbouw een koppositie in. Ze beschikken over de gunstige verhouding tussen prijs en klimaatbescherming. De voorwaarde: de bouwlieden denken toekomstgeoriënteerde en concentreren zich niet alleen op de totale kosten over de functioneringstermijn van de warmtepompsystemen, maar willen ook nog zelf een bijdrage leveren aan de klimaatbescherming.

9. Aanbevelingen

Met het oog op de eisen aan de maatschappij en aan iedereen afzonderlijk, om de fossiele energiebronnen niet eenvoudige te verbranden en daarmee het klimaat te belasten, maar ze liever als grondstoffen voor de petrochemische industrie te behouden, adviseert de Lokale Agenda 21- Groep van Energie Lahr, ter afsluiting de volgende procedure:

Thermische isolatie en warmte

Is een bestaande woning nog niet volledig geïsoleerde tot de huidige normen voor isolatie van een energetisch gemoderniseerde bestaand woning aangepast, dan dient dit als eerste te gebeuren. Hiervoor zijn gunstige KfW- krediet (www.kfw.de). Het voordeel: dan zou het vermogen van de warmtepompen met 50% dalen, wat kosten en energie bespaart.

Pas dan, bij voorkeur i.v.m. de energetische modernisering van de bestaande woningen, dient men in individueel belang het juiste warmtesysteem te selecteren. De vergelijkingstabel in hoofdstuk 7 laat dit zien.

Warmtepompen

Komt in tabel in hoofdstuk 7 ook een warmtepomp ter discussie, dan adviseert de Agenda-Groep:

- Gebruik van bodem- warmtepompen (sonden of horizontale aardregisters), omdat ze op basis van het 2-jarig praktijkonderzoek van 33 warmtepompen de hoogste energie-efficiency vertonen. Ze besparen het milieu gemiddeld amper 30% van het schadelijke broeikasgas CO² in vergelijking met de aardgas-verbrandingsketels; bij de topwaarden gaat het zelfs om 50%. Ook met het oog op de bedrijfseconomische belangen (hoofdstuk 7) bereiken bodem- warmtepompen de beste prijs/klimaat verhouding.

Aanvullende pleit de zomerkoeling, die met zeer geringe toename van kosten en stroomverbruik te realiseren is, voor de installatie van bodem- warmtepompen.

- Gebruik van vloerverwarming, is omdat ze in verhouding tot radiatoren het jaarresultaat tot +/- 0,4 JAZ positief uitbreiden. Dat resulteert in een stroombesparing tot 20%.
- Bij geen gebruik van verwarmingsbuffers bij vloerverwarmingen, indien hydraulische mogelijk, omdat die het jaarwerkgetal met 0,1-0,2 JAZ reduceren; bovendien bezuinigen de bouwers op de kosten voor een dergelijke buffer: Bij 6 van de 33 onderzochte warmtepompen is geen verwarmingbuffer aanwezig; 2 daarvan bereiken de hoogste producenten jaarwerkgetallen van 4,3 en 4,3.
- Bij geen gebruik een geen van gescheiden warmwater warmtepompen of zelfs van elektronische warmtebuffer. De eerste bereiken namelijk onder gunstige voorwaarden (hoog warmteverbruik en gebruik van afvoerlucht) slecht het niet voldoende jaarwerkgetal van 2,4. En de elektronische warmtebuffer komt slechts uit op 0,7.
- De warmte warmtepomp zou het huishoudwater verwarmers mede moeten overnemen, zoals dat ook gebruikelijk is bij conventionele ketels. Dat bespaart voor de betrokkene bovendien meer dan € 2000,- voor warmwater warmtepomp: moet hij zeker een gebruikwaterreservoir berekenen die echt bv. Voor een zonnecollector toch al noodzakelijk is.
- Geen gebruik en geen bevordering van lucht- warmtepompen, omdat geen van de 12 onderzochte warmtepompen het noodzakelijke systeem jaarwerkgetallen van 3,1 bereiken. Deze aanbeveling geldt ook voor lucht- warmtepompen combinatie met een ventilatiesysteem of luchtafvoer , als het warmteverlies van het woning zeer gering is (bijzonder geval 1) en er geen bodemcollector gebruikt wordt (bijzonder geval 3).

10. Vooruitzicht

Optimalisering van de warmtepompsystemen

Warmtepompen zijn geen techniek, waarbij de kwaliteit van de warmtepompen alleen beslissend is voor de energie- efficiëntie van het totale systeem. Net zo belangrijk zijn de voorwaarden bv. een zo hoog mogelijke temperatuur van de koudebron (grondwater en bodem) of een zo laag mogelijke temperatuur van het koellichaam (vloerverwarming) en de optimale verbinding van deze perifere componenten van de warmtepomp. De resultaten van de teststand metingen en de hoge rekeningen van de Stichting Warentest (consumentenbond) op jaarwerkgetallen m.b.v. de VDI 4650 /Lit.15/ zijn daarom niet overtuigend genoeg; daarom 2 voorbeelden:

- Een fabrikant was in de veldtest van de electro- warmtepompen bij de deelanalyse van hoofdstuk 5.2 vertegenwoordigd met 3 lucht- warmtepompen en onderbouwde het totale spectrum van "slecht", boven "gemiddeld" tot "relatief goed". Men kan dus niet zeggen dat de fabrikant en zijn warmtepomp slecht of goed is, maar bij het grootste deel van de lucht- warmtepompen bleken de voorwaarden niet juist of werden er fouten gemaakt.
- Een fabrikant sloot bij de Stichting Warentest (consumentenbond) /Lit. 15/ slecht met de term "bevredigend" in het 2-jarige praktijkonderzoek van de Agenda-Groep bereikt hij echter direct met 2 bodemsonde warmtepompen de topprestaties.

Er zijn daarom nog verder, over het hele land verspreide scholingen voor planners en loodgieters noodzakelijk, die ook de resultaten uit de praktijk in acht nemen. Meer dan nu moeten ze samen met de fabrikanten het totale systeem koude bron, warmtepompen, koellichaam overwegen en optimaliseren. Deze maatregel zou een reeks warmtepompen een duidelijke milieubeoordeling verstrekken. Alleen met een vakgerichte geplande en ingebouwde systemen zullen de electro- warmtepompen met op fossiele brandstof gebaseerde verwarmingssystemen kunnen concurreren.

Techniekverbetering

De resultaten van de “veldtest electro- warmtepompen” zijn gebaseerd op de stand van de huidige warmtepomptechniek. Zoals eerder vermeld laten zich echter bij de planning en systeemverbetering nog relatief snel middelen verhogen. Moeilijker is dat bij de techniek. Daar komt het langzaam naar voren. SCHAUMLÖFFEL /Lit. 16/ is toch optimistisch en ziet verbeteringsmogelijkheden bij de elektrische gestuurde expansieventielen, luchters en pompen, bij warmtewisselaars en compressoren met variabele snelheden.

Of ze ook in de praktijk de jaarwerkgetallen van de warmtepompen noemenswaardig zullen verhogen, onderzoekt de Lokale Agenda 21-Groep Energie Lahr momenteel bij de volgende objecten:

- Lucht- warmtepompen met de eerder genoemde innovatieve componenten
- Bodem –warmtepompen: CO² bodemsonde (opheffing van de zgn. pekelpomp/ circulatiepomp)
- Grote warmtepompen voor rijtjeswoningen, meergefamiliehuizen en een buurthuis

Tegenover deze mogelijke technische verbeteringen zullen in de toekomst zich echter ook nadelen bevinden. De toenemende isolatiestandaard van woningen, minimaliseert namelijk het verder het vermogen m.b.t. de warmtepompen. Daaruit komen de onderstaande gevolgen uit voort:

- Lage warmtepomp- prestaties veroorzaken ook lagere jaarwerkgetallen zoals de speciale gevallen 3 en 4 aangetoond hebben (schaaleffect).
- Het aandeel van de verwarming van huishoud water (doeltemperatuur bv. 50 °C) in de gehele warmtebehoefte van het huis wordt steeds groter. Bij vloerverwarming (max. voorlooptemperatuur bv. 35 °C) laat dat het jaarwerkgetal van warmte – warmtepomp meer dan voorheen omlaag gaan. Dat is echter te vermijden d.m.v. een zonnecollector.

Toelichting:

Dit eindverslag staat als PDF bestand te downloaden op internet onder de website

www.agenda-energie-lahr.de

Getekend: Dr. Falk Auer (projectleider) en Herbert Schote

Eindverslag van 1 december 2008

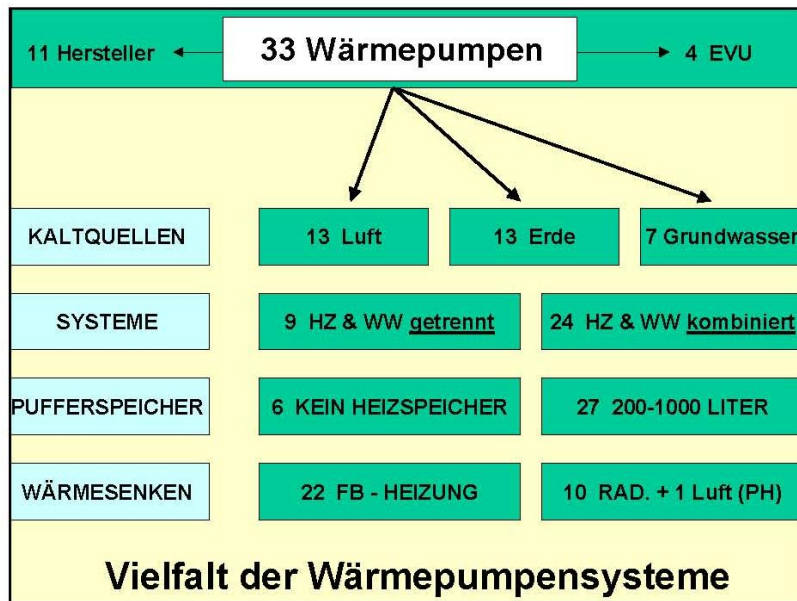
Laatste update 26 januari 2009

11. Bilagen

11.1 Überzicht wärmepumpensystemen

Lokale Agenda Umwelt und Energie												Lahr, im Dezember 2008, Dr. Falk Auer und Herbert Schote									
Feldtest Elektrowärmepumpen in Ein- und Zweifamilienhäusern												Legende:									
Oktober 2006 - September 2008												KO	Kachelofen	HolzZ	HolzZentral						
												SO	Schwedenofen	SpO	Specksteinofen						
												KamO	Kaminofen	HO	Holzofen						
												nicht v.	nicht verfügbar								
												HK	Heizkörper	F	Fußbodenheizung						
Getrennte Aufbereitung für Heizung und Warmwasser																					
Objektbeschreibung												Verbrauch		Erzeugte thermische Energie		Verbrauch		Arbeitszahlen			Bemerkungen
Ident.-Nr.	beheizte Wohnfl.	Wärmeverteilung	Therm. Leistung	Heizungsspeichervolumen	Wärmespeichervolumen	Elektr. Energie	Elektr. Energie	Heizung	Warmwasser	Heizung	Warmwasser	Erzeuger JahresArbeitsZahl	Erzeuger JahresArbeitsZahl	System JahresArbeitsZahl							
						Hochtarif (HT)	Niedertarif (NT)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(EJAZ)	(EJAZ)	(SJAZ)							
		Fußboden Heizkörper	Wärmepumpe (kW)	(L)	(L)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	m³/Jahr	m³/Jahr	Jahr	Jahr	Jahr							
	(m²)									(m³/Jahr)	(m³/Jahr)	07/07+08	07/07+08	07/07+08							
Luft/Wasser-Anlagen																					
112	120	HK	15	200	300	361	12402	25283	2714	105	7	2,5/2,5	1,2/1,4	2,3/2,3	KO						
115	260	F	14	700	300	338	12913	36019	2070	69	8	3,3/3,2	1,5/1,4	3,0/3,0							
126	180	F/HK	14	200	300	299	8261	16570	4094	46	11	2,6/2,5	2,5/2,6	2,6/2,5							
111	120	F	12	200	300	58	7612	12162	2622	51	7	3,0/3,1	0,7/0,8	2,0/2,1							
127	161	F	7	200	300	172	11391	15578	2070	48	8	2,1/2,2	0,6/0,6	1,5/1,7	SO						
118	nicht v.	HK	14	700	100	201	11353	17253	1799	nicht v.	10	1,4/1,9	1,0/1,0	1,4/1,7							
120	150	F	14	200	300	276	17256	31604	3680	115	11	2,8/2,8	0,7/0,7	2,1/2,2	SO						
Wasser/Wasser-Anlagen																					
310	200	F	10	100	300	197	9687	29110	4278	73	9	4,2/4,2	2,1/2,2	3,7/3,8							
Erde/Wasser-Anlagen																					
211	180	F/H	10	700	300	306	10292	23191	4278	70	10	3,0/3,0	2,2/2,2	2,9/2,8	SO						
Kombinierte Aufbereitung für Heizung und Warmwasser																					
Objektbeschreibung												Verbrauch		Erzeugte thermische Energie		Verbrauch		Arbeitszahlen			Bemerkungen
Ident.-Nr.	beheizte Wohnfl.	Wärmeverteilung	Therm. Leistung	Heizungsspeichervolumen	Wärmespeichervolumen	Elektr. Energie	Elektr. Energie	Heizung	Warmwasser	Heizung	Warmwasser	Erzeuger JahresArbeitsZahl	Erzeuger JahresArbeitsZahl	System JahresArbeitsZahl							
						Hochtarif (HT)	Niedertarif (NT)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(EJAZ)	(EJAZ)	(SJAZ)							
		Fußboden Heizkörper	Wärmepumpe (kW)	(L)	(L)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	m³/Jahr	m³/Jahr	Jahr	Jahr	Jahr							
	(m²)									(m³/Jahr)	(m³/Jahr)	07/07+08	07/07+08	07/07+08							
Luft/Wasser-Anlagen																					
128	210	F/HK	12	700	400	74	9334	26703	2208	80	15	2,9/3,0		1,7/2,3							
113	70	HK	7	1000	integriert	0	5586	12250	integriert	nicht v.	nicht v.	2,2/2,2		nicht v.	HolzZ						
117	110	HK	12	900	integriert	5036	9456	37142	integriert	nicht v.	nicht v.	2,6/2,6		nicht v.	HolzZ						
119	220	HK/F	15	700	360	3769	5508	63236	5704	157	10	2,8/2,8		2,7/2,7							
129S	160	F	9	0	300	18	7643	12915	1334	46	8	n.V.		2,9/2,4							
Wasser/Wasser-Anlagen																					
320	300	F	13	200	300	8280	8838	44619	nicht v.	78	nicht v.	2,4/2,5		nicht v.							
316	210	HK	7	200	300	0	3502	7798	nicht v.	19	nicht v.	3,4/3,5		nicht v.							
312	148	F	nicht v.	0	300	0	7734	13777	nicht v.	49	nicht v.	1,9/2,0		nicht v.	KamO						
315	200	F	14	200	400	177	17115	60704	nicht v.	158	nicht v.	3,3/3,7		nicht v.	KamO						
314	157	F/HK	12	700	300	255	9682	20631	5934	69	16	3,1/3,2		2,8/2,9							
318	nicht v.	F	14	600	300	2323	8403	32277	nicht v.	nicht v.	nicht v.	3,1/3,1		nicht v.	KamO						
Erde/Wasser-Anlagen																					
221	250	F	14	0	400	7050	3453	44732	5382	89	8	4,5/4,3		4,2/4,0	KamO						
222	180	F	7	800	integriert	4988	2870	27027	4600	75	10	3,4/3,4		3,4/3,4	SO						
213	205	F	14	200	400	61	8394	24271	5198	59	9	3,1/3,1		2,4/2,4							
214	167	F	8	800	integriert	80	7929	18314	integriert	55	nicht v.	3,1/3,1		nicht v.							
218	130	HK	16	700	300	162	12166	31613	4968	127	14	2,9/3,1		2,1/2,2	SpO						
210	330	F/HK	17	0	350	95	12510	36625	3266	55	9	3,0/3,3		2,8/3,2	KO						
217	nicht v.	HK	2x11	850	integriert	191	12712	34758	integriert	nicht v.	nicht v.	3,7/3,6		nicht v.	HolzZ						
219	206	F	10	200	400	141	13951	15573	nicht v.	38	nicht v.	3,4/3,2		nicht v.							
223	260	F	13	700	360	284	14773	21209	4600	41	13	3,8/3,7		nicht v.							
212	280	F/HK	22	2100	400	23204	11762	112283	n.V.	201	nicht v.	3,3/3,2		nicht v.							
215	180	F	16	0	300	391	10644	17511	2806	49	8	1,9/2,0		nicht v.	HolzO						
224	171	F	5	0	250	1949	862	7449	n.V.	22	nicht v.	4,5/4,4		nicht v.							

11.2 Verscheidenheid van warmtepompsystemen en een beoordelingstabel voor de gebruikers



Lokale Agenda 21 - Gruppe Energie Lahr Feldtest Elektrowärmepumpen

Lahr, im Dezember 2008, Dr. Falk Auer und Herbert Schote

Oktober 2006 - September 2008

Luft-Anlagen		
Durchschnittliche JAZ		2,6
Wärmepumpen-Nummer	Jahresarbeitszahl	(JAZ)
111		3,1
112		2,5
115		3,2
118		1,9
120		2,8
126		2,5
127		2,2
113		2,2
117		2,6
119		2,8
128		3,0
129		2,4

Grundwasser-Anlagen		
Durchschnittliche JAZ		3,2
Wärmepumpen-Nummer	Jahresarbeitszahl	(JAZ)
310		4,2
312		2,0
314		3,2
315		3,7
316		3,5
318		3,1
320		2,5

Erde-Anlagen		
Durchschnittliche JAZ		3,3
Wärmepumpen-Nummer	Jahresarbeitszahl	(JAZ)
211		3,0
210		3,3
213		3,1
214		3,1
217		3,6
218		3,1
219		3,2
221		4,3
222		3,4
212		3,2
215		2,0
223		3,7
224		4,4

Legende:

JAZ = Jahresarbeitszahl (Erzeuger-arbeitszahl)
Bei **kombinierten** Systemen:
JAZ für Heizung und Warmwasser
Bei **getrennten** Systemen:
JAZ für Heizung

JAZ = Die Wärmepumpe leistet einen Beitrag zum Klimaschutz
grün
JAZ = Die Wärmepumpe leistet einen geringen Beitrag zum Klimaschutz
gelb
JAZ = Die Wärmepumpe leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz
rot

Toelichting: Bij de weergegeven jaarwerkgetallen gaat het om gunstigste producent jaarwerkgetal. Calculeert men nog de verliezen van de verwarmingsreservoirs in, de tank van huishoud water en bij lucht-warmtepompen de ontdooi-energie van de lamellenverdampers, dan ontvangt men het maatgevende systeem- jaarwerkgetal SJAZ.

Bij de lucht- warmtepompen betekent dat, dat de EJAZ met 3,2 en 3,1 in de groene velden dalen tot 3,0 resp. 2,1 (vanwege het electro standreservoir voor de verwarming van huishoud warm water). Daarom draagt ook de beste lucht- warmtepomp onder de 12 onderzochte niet bij aan klimaatbescherming. De potentiële analyse in hoofdstuk 5.2. zag ook geen mogelijkheid tot verbetering.

11.3 Basis van de economische berekening in hoofdstuk 7 van het Ortenauer Energiebureau

De berekening van de kapitaalgebonden kosten vindt plaats met de annuïteit methode: observatie van de investeringen tijdens de levensduur van de verwarmingsinstallatie en de kortingen op het eerste jaar. Samen met de bedrijfskosten, bestaande uit brandstoffen en het onderhoud, komen dan de jaarlijkse totale kosten tot stand. Na het verdelen van de jaarlijkse warmtevraag heeft men de specifieke energiekosten in cent per kWh.

Bij de warmtepompen is de veronderstelde levensduur nog het vermelden waard. Bij de lucht-warmtepomp is 20 jaar optimistische (VDI 2067) en bij de bodem- warmtepompen is met 29 jaar eerder pessimistisch. De reden:

- Lucht- warmtepomp: Na 4 tot 6 jaar begonnen bij 3 stuks de problemen; hier moesten al 4 compressoren van gewisseld worden (zie hoofdstuk 5.4. Ter vergelijking: bij de koelkast, de warmtepomp met tegengestelde werking, rekent men ondanks de eenvoudigere bouw op een duurzaamheid van 12 jaren. In de praktijk zou dus eerder rekenen zijn op een gerelateerde levensduur (warmtepomp/ compressor) van minder dan 20 jaar. Compressoruitvallen veroorzaken bij de lucht- warmtepompen meer financiële kosten dan bij een bodem- warmtepomp.
- Bodem- warmtepomp: Hun levensduur (aardsonde en warmtepompen/compressoren) hangt sterk af van de verwachte degelijkheid en functie van de grondsonde of van het aardregister. Bij de bouwstoffen gaat het vaak om de PE kunststof, m.b.v. bentoniet, met een verwachte levensduur van 40-100 jaar. Het Universitair Instituut van energetische economie en rationeel gebruik van energie in Stuttgart (IER) geeft 50 jaar aan voor de aanleg van een bron /Lit. 16/. Een aardsonde zou eigenlijk op een vergelijkbare levensduur van moeten uitkomen. Desondanks stellen de Agenda-Groep en het Ortenauer Energiebureau voor de economische analyse voorzichtig 40 jaar in het vooruitzicht. Daaruit komt een getaxeerde levensduur van de bodem- warmtepompen van 29 uit de bus. In praktijk zou de levensduur wel eens hoger kunnen liggen.

De rentetarieven zijn gebaseerd op de financiering van de KfW bankgroep. De actuele waarden staan op www.kfw.de. De subsidie van de staat, in het kader van het aansporingprogramma zijn te vinden op www.bafa.de. Hoewel bij de lucht- warmtepompen wegens de ontbrekende energie efficiëntie geen financiering van €1500,- zou worden toegestaan, is deze eis bij de economische functieberekening toch rekening mee gehouden, omdat de fabrikanten en de staat dit wilden.

De investering –en bedrijfskosten zijn gebaseerd op enquêtes, ervaringen en berekeningen van het Ortenauer Energiebureau in Ortenaukreis (centrum Zwarte Woude). En de gemiddelde jaarwerkgetallen van de warmtepompen van de aardgas- verbrandingsketels komen voort uit het voorliggende praktijkonderzoek in hoofdstuk 5.1 van WOLFF /Lit. 12/.

De Agenda-Groep onderscheidt de volgende 2 voorbeeldige gevallen.

1. Eengezinswoning: “gemoderniseerde bestaande woning met radiatoren”
met een warmtevraag van 70 kWh (m² per jaar);
deze bevindt zich in de bovenste bandbreedte van een huis met een laagenergieverbruik
2. Voorbeeld eengezinswoning: “nieuwbouw met vloerverwarming”
Met een warmtevraag van 45 kWh (m² per jaar);
Deze ligt in de onderste bandbreedte van een huis met een laag energieverbruik

11.3.1 Voorbeeld eengezinswoning: "gemoderniseerde oude woning met radiatoren"

Heizkostenvergleich Sanierter Altbau		Stand 30.11.2008					
(Rechenschema in Anlehnung an Dr. Eitrop, IER Universität Stuttgart)							
Sanierter Einfamilienhaus-Altbau; 70 kWh/m²a, Heizwärmebedarf							
(Erneuerung der Heizanlage, bisher Zentralheizung mit Heizöl-Kessel)							
Nutzfläche	150,0 m ²						
Wärmebedarf Heizung	70,0 kWh/m ² a						
Wärmebedarf Warmwasser	12,5 kWh/m ² a						
Wärmebedarf gesamt	82,5 kWh/m ² a						
Jahreswärmebedarf (Heizung und Warmwasser)	12.375 kWh/a						
Anlagendaten							
- Leistungsbedarf (bei 1.600 h/a Vollbenutzungsstunden)		8 kW	8 kW	8 kW	8 kW	8 kW	8 kW
- Anlagenwirkungsgrad		92%			102%	101%	101%
- System-Jahresnutzungsgrad		85%			91%	93%	92%
- System-Jahresarbeitszahl (Mittelwerte WP-Feldtest LA 21- Gr. Energie, Lahr)			3,0	2,2			
- Deckungsanteil "Solar" an Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf					10%		10%
Jahresbrennstoffbedarf / Strombedarf bei Wärmepumpen		14,6 MWh	4,1 MWh	5,6 MWh	13,6 MWh	12,0 MWh	13,8 MWh
Investitionen (Euro inkl. MwSt.) ohne Kosten für Heizraum							
- Kessel		11.500			3.100	3.100	6.000
- Wärmepumpe (inkl. Zubehör, Anschlüsse und Warmwasserbereitung)			10.300	11.500			
- Wärmequelle (Sonden bzw. Luftkanäle, Zubehör)			9.800	1.900			
- Solarkollektoranlage 6 m ² (inkl. Zubehör)					4.000		4.000
- Brauchwasserspeicher / Pufferspeicher		2.100	2.800	2.800	1.000	1.500	1.000
- Lagerung / Austragung / Tank / Gasanschluss		2.700			2.250	250	250
- Schornstein / Abgasleitung		1.600			1.000	1.000	1.200
- Gas- / Elektroinstallation		600	600	600	500	500	500
- Entsorgungskosten Heizöltank		650	650	650	650	650	
Summe		19.150	24.150	17.450	8.500	13.000	8.950
Förderung Marktanzreizprogramm (Basisförderung + Kesselaustauschbonus)		-2.500	-3.000	-1.500		-785	-785
Summe Investition (Euro inkl. MwSt.)		16.650	21.150	15.950	8.500	12.215	8.950
Kapitalgebundene Kosten							
Nutzungsdauer (Kessel, Wärmepumpe und Zubehör), Erdsende 40 Jahre		20 Jahre	29 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
kalulatorischer Zinssatz		4,0%	4,0%	4,0%	5,0%	4,0%	5,0%
Summe kapitalgebundene Kosten pro Jahr (inkl. MwSt.)		1.225	1.245	1.174	682	899	932
Betriebsgebundene Kosten (Euro inkl. MwSt.)							
- Instandsetzung (Ersatz, Reparatur) 1% d. Investition	pro Jahr	192	242	175	85	130	90
- Wartung (Pflege, Reinigung, Betriebsstoffersatz)	pro Jahr	310	70	50	130	130	170
- Schornsteinfeger	pro Jahr	120			60	60	60
- Versicherung / Überwachung	pro Jahr					70	70
- Hilfsenergie (1,5 bis 2,5% vom Jahreswärmebedarf)	pro Jahr	62			37	50	50
Summe betriebsgebundene Kosten pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		683	312	225	312	370	427
Verbrauchsgebundene Kosten							
Grundpreis Strom	Euro pro Jahr		55	55			
Grundpreis Erdgas	Euro pro Jahr				145	145	
- Strom Haushalt	Cent je kWh	20	20	20	20	20	20
- Strom, WP-Tarif	Cent je kWh		14	14			
- Erdgas	Cent je kWh				8	8	
- Heizöl	Cent je kWh						9
- Pellets (200 Euro/t)	Cent je kWh	4					
- Scheitholz, ofenfertig	Cent je kWh						
- Flüssiggas	Cent je kWh						
Summe verbrauchsgebundene Kosten pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		582	633	843	1.233	1.103	1.238
Vergleich zu Erdgas-Brennwert-Kessel		47%	51%	68%	100%	89%	88%
Gesamtkosten der Versorgung pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		2.491	2.189	2.241	2.227	2.372	2.382
davon MwSt.		398	350	358	356	379	400
spezifische Kosten (inkl. MwSt.)	Cent je kWh	20,1	17,7	18,1	18,0	19,2	19,3
Vergleich zu Erdgas-Brennwert-Kessel		112%	98%	101%	100%	106%	107%
Primärenergiefaktor		0,2	2,7	2,7	1,1	1,1	1,1
Primärenergie-Bedarf (Endenergiebedarf x Primärenergiefaktor)		2,91 MWh	11,14 MWh	15,19 MWh	14,96 MWh	13,17 MWh	15,13 MWh
spezifische CO ₂ -Emissionsfaktoren (g/kWh Endenergie) IWU 2006, Strom-Mix		42	600	600	249	249	303
spezifische CO ₂ -Emissionsfaktoren (g/kWh Endenergie) IWU 2006, Heizstrom-Mix		42	800	800	249	249	303
CO₂-Emissionen (t/a), Basis Strom-Mix		0,8	2,5	3,4	3,5	3,1	4,3
CO₂-Emissionen (t/a), Basis Heizstrom-Mix		0,8	3,3	4,5	3,5	3,1	4,3

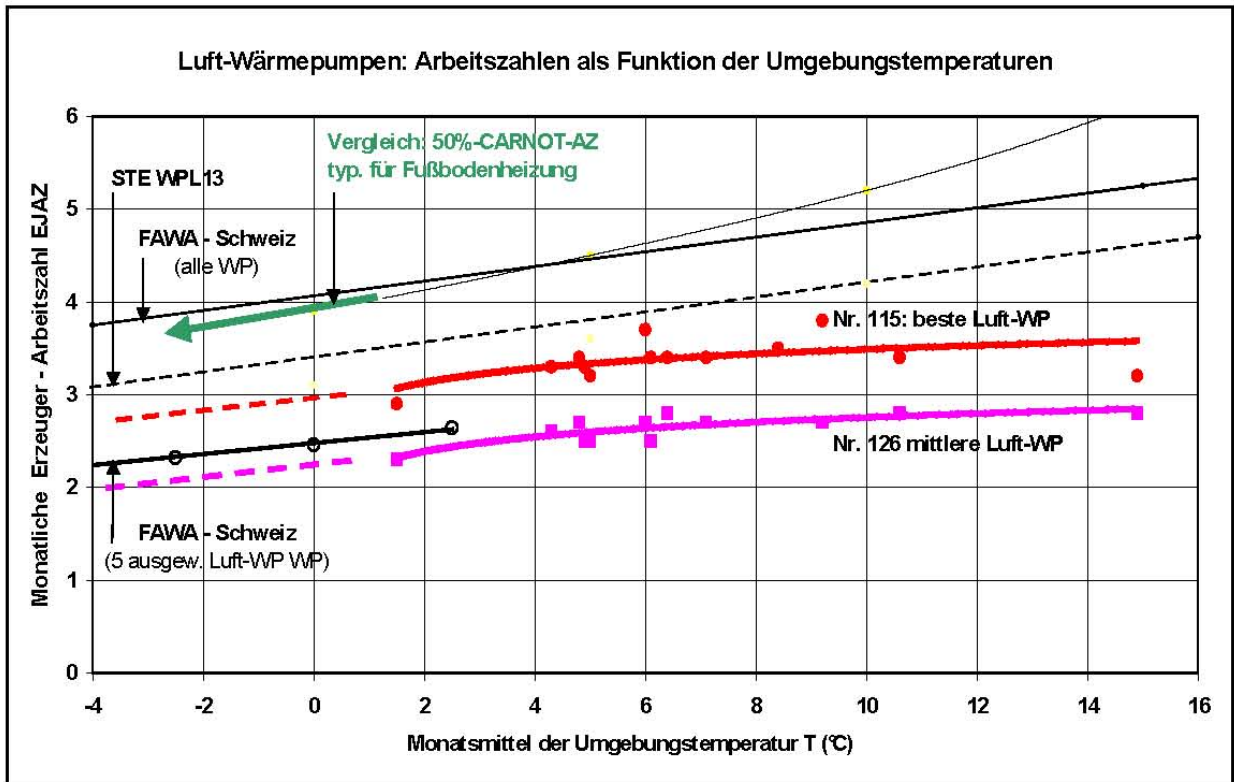
11.3.2 Voorbeeld eengezinswoning: "nieuwbouw met vloerverwarming"

Heizkostenvergleich Neubau		Stand 30.11.2008					
(Rechenschema in Anlehnung an Dr. Eltrop, IER Universität Stuttgart)							
Einfamilienhaus-Neubau; 45 kWh/m ² a Heizwärmebedarf (KfW-Haus 60)							
Nutzfläche	150,0 m ²						
Wärmebedarf Heizung	45,0 kWh/m ² a						
Wärmebedarf Warmwasser	12,5 kWh/m ² a						
Wärmebedarf gesamt	57,5 kWh/m ² a						
Jahreswärmebedarf (Heizung und Warmwasser)	8.625 kWh/a						
Anlagendaten							
- Leistungsbedarf (bei 1.600 h/a Vollbenutzungsstunden)		5 kW	5 kW	5 kW	5 kW	5 kW	5 kW
- Anlagenwirkungsgrad		92%			102%	102%	101%
- System-Jahresnutzungsgrad		88%			91%	93%	92%
- System-Jahresarbeitszahl (Mittelwerte WP-Feldtest LA 21- Gr. Erdgie, Lahr)			3,1	2,3			
- Deckungsanteil "Solar" an Heiz- und Brauchwasserwärmebedarf					20%		20%
Jahresbrennstoffbedarf / Strombedarf bei Wärmepumpen		10,1 MWh	2,8 MWh	3,8 MWh	9,5 MWh	7,4 MWh	9,6 MWh
Investitionen (Euro inkl. MwSt.) ohne Kosten für Heizraum							
- Kessel		9.500			3.100	3.100	5.500
- Wärmepumpe (inkl. Zubehör, Anschlüsse und Warmwasserbereitg.)			8.200	9.300			
- Wärmequelle (Bohrung, Sonde, Luftkanäle, Zubehör)			7.500	1.900			
- Solarkollektoranlage 6 m ² (inkl. Zubehör)					4.000		4.000
- Brauchwasserspeicher / Pufferspeicher		2.100	2.800	2.800	1.000	1.000	1.000
- Lagerung / Austragung / Tank / Gasanschluss		2.200			2.250	2.250	1.900
- Schornstein / Abgasleitung		2.100			1.500	1.500	1.600
- Gas- / Elektroinstallation		600	600	600	300	300	300
- hausinterne Verteilung (Heizkörper, bei Wärmepumpen Fußbodenheizg.)		3.500	6.000	6.000	3.500	3.500	3.500
Summe		20.000	25.100	20.600	11.650	15.650	17.800
Förderung Marktanzreizprogramm (Basisförderung)		-2.500	-1.500	-750		-410	
Summe Investition (Euro inkl. MwSt.)		17.500	23.600	19.850	11.650	15.240	17.390
Kapitalgebundene Kosten							
Nutzungsdauer (Kessel, Wärmepumpe und Zubehör); Erdsonde 40 Jahre		20 Jahre	29 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
kaulatorischer Zinssatz		5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Summe kapitalgebundene Kosten pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		1.404	1.559	1.593	935	1.223	1.107
Betriebsgebundene Kosten (Euro inkl. MwSt.)							
- Instandsetzung (Ersatz, Reparatur) 1% d. Investition	pro Jahr	200	251	208	117	157	178
- Wartung (Pflege, Reinigung, Betriebsstoffersatz)	pro Jahr	310	70	50	130	130	170
- Schornsteinfeger	pro Jahr	120			60	60	60
- Versicherung / Überwachung	pro Jahr					70	70
- Hilfsenergie (1,5 bis 2,5% vom Jahreswärmebedarf)	pro Jahr	43			26	35	35
Summe betriebsgebundene Kosten pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		673	321	256	332	381	513
Verbrauchsgebundene Kosten							
Grundpreis Strom	Euro pro Jahr		55	55			
Grundpreis Erdgas	Euro pro Jahr				145	145	
- Strom Haushalt	Cent je kWh	20	20	20	20	20	20
- Strom, WP-Tarif	Cent je kWh		14	14			
- Erdgas	Cent je kWh				6	8	
- Heizöl	Cent je kWh						9
- Pellets (200 Euro/t)	Cent je kWh	4					
Summe verbrauchsgebundene Kosten pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		406	445	580	903	739	675
Vergleich zu Erdgas-Brennwert-Kessel		45%	49%	64%	100%	82%	95%
Gesamtkosten der Versorgung pro Jahr (Euro inkl. MwSt.)		2.483	2.324	2.429	2.171	2.343	2.434
davon MwSt.		398	371	388	347	374	389
spezifische Kosten (inkl. MwSt.)	Cent je kWh	28,8	26,9	28,2	25,2	27,2	28,2
Vergleich zu Erdgas-Brennwert-Kessel		114%	107%	112%	100%	108%	112%
Primärenergiefaktor		0,2	2,7	2,7	1,1	1,1	1,1
Primärenergie-Bedarf (Endenergiebedarf x Primärenergiefaktor)		2,03 MWh	7,51 MWh	10,13 MWh	10,43 MWh	8,16 MWh	10,54 MWh
spezifische CO ₂ -Emissionsfaktoren (g/kWh Endenergie) IWU 2006, Strom-Mix		42	600	600	249	249	303
spezifische CO ₂ -Emissionsfaktoren (g/kWh Endenergie) IWU 2006, Heizstrom-Mix		42	600	600	249	249	303
CO₂-Emissionen (t/a), Basis Strom-Mix		0,6	1,7	2,3	2,4	2,0	3,0
CO₂-Emissionen (t/a), Basis Heizstrom-Mix		0,6	2,2	3,0	2,4	2,0	2,4

11.4 Toelichting bij hoofdstuk 5.5: Omrekening van het jaarwerkgetallen van lucht-warmtepompen tot een normaal jaar en andere Duitse plaatsen.

De resultaten van de "veldtest electro- warmtepompen" komen uit Oberhein, het warmste deel van Duitsland. Het lang-jarig gemiddelde van de omgevingstemperatuur ligt in verhouding tot Noord Duitsland ongeveer 2 °c tegen Oost Beieren zelfs ongeveer 4 °C hoger. Hoofdstuk 5.5 moet daarom antwoorde geven op de vragen, met welke jaarwerkgetallen de kritische te beoordelen lucht- warmtepompen in andere gebieden van Duitsland zullen functioneren.

De basis van een dergelijk onderzoek is de in de volgende grafiek weergegeven, die de afhankelijkheid van de maandcijfers .t.a.v. de omgevingstemperaturen weergeeft.



Aangegeven zijn de op de eerste lijn die werkingcijfers van 2 lucht- warmtepompen, enwel nr. 126 met een gemiddeld producenten- werkingcijfer over 2 jaren ter hoogte van 2,5 (paarse lijn) en van nr. 115 met 3,2 (rode lijn): de maatgevende werkingcijfers bedragen 2,5 (vanwege radiatoren) resp. 3,0. De waarden variëren slechts gering afhankelijk van de omgevingstemperaturen. De reden daartoe luiden:

- In het hoogste temperatuurbereik stijgt het werkingcijfers, in tegenstelling tot de theorie niet verder, omdat de dan mogelijke hoogste warmteprestatie de compressor en de electromoter zou vernietigen. Daarom bepaalt het expansieventiel de verdampertemperatuur.
- In de laagste temperatuurbereik beschikt de Agenda-Groep over slechts enkele maanden betekend. Dat komt omdat de 2 onderzochte winterseizoenen (half jaar) te warm waren (zie hoofdstuk 4.3). Desondanks wijzen de meetpunten een verwachte beperking van de werkingcijfers tot lage omgevingstemperaturen.

Om nu het maximale temperatuurbereik beter te garanderen, bracht de Agenda-Groep behoorlijk wat informatie bij elkaar:

- Resultaten van de “veldanalyse warmtepompsystemen (FAWA)” uit Zwitserland (/Lit. 05 en 18/) voor alle warmtepomptypes un speciaal voor vijf lucht- warmtepompen (persoonlijke mededeling van de heer Hubacher).
- Prestatiecijfer van een lucht- warmtepomp uit een datasheet van de firma Stiebel – Eltron
- 50 % van de theoretische CARNOT- prestatiecijfer (zie bijlage 11.5) m.b.t. temperaturen, die kenmerkend voor vloerverwarming zijn.

Het resultaat: de stijgingen van de warmtepomplijnen zijn in het lagere temperatuursbereik verbazingwekkend identiek. Dit stimuleert de gemeten waardes van de warmtepompen nr. 115 en nr. 126 te extrapoleren zoals aangegeven als stippellijn in de afbeelding.

Met deze kenmerken is vervolgens een berekening mogelijk van de producent- jaarwerkgetallen op andere plaatsen in Duitsland en voor een jaar met normale temperaturen (zie hoofdstuk 5.5).

Definitionen für Effizienz von Wärmepumpen

Arbeitszahl AZ: Wärme - AUSGANG / Strom - EINGANG

Vergleichbar:

Nutzungsgrad von Heizkesseln

Beispiel:

100 kWh-th. / 33 kWh-el. → AZ = 3 (typ. einschl. Hilfsantriebe)

Primärenergiefaktor PEF (KEA):

Strommix 2,7 kWh-Primärenergie / kWh-Endenergie

Anlagen-Aufwandszahl e_p : PEF / AZ

Quelle: DIN 4701 - Blatt 10

CO₂-Relevanz:

Primärenergie / Nutzenergie

Beispiel mit AZ = 3:

2,7 / 3 → $e_p = 0,9$

<u>Ziele:</u>	Arbeitszahl	AZ >> 3
	Anlagen-Aufwandszahl	e_p << 1

Definitives CARNOTSche prestatieciijfer

Het CARNOTSche prestatieciijfer van een warmtepomp epsilon definieert het thermisch rendement een ideale warmtegenerator. Het luidt als volgt:

$$\text{epsilon} = \text{verbruik} / \text{kosten} = T_{\text{warm}} / (T_{\text{warm}} - T_{\text{koud}})$$

met T = absolute temperatuur (Kelvin) = temperatuur (° Celsius) +273 (graden). Hoe lager de temperatuur verschil tussen T_{warm} (condensatie temperatuur, warmtepompuitstoot) en T_{koud} (verdamping, warmtepomp ingang), des te hoger is het prestatieciijfer. Dit is het theoretische rendement, dat door een omgekeerd proces niet haalbaar is. In de praktijk is slechts +/- 40 – 50% (graad) van het ideale CARNOTSche prestatieciijfer mogelijk (zie bijlage 11.4)

11.6 Literatuurlijst

- /01/ St. KOHLER und B. Bonekamp (2008). „Der Wärmepumpen-Berater“ und „Planungs-Hilfe Wärmepumpen“. Hrg. Deutsche Energie-Agentur (dena), Berlin, 54 Seiten
- /02/ K. SCHIEFELBEIN (2004). Die Abluft-Wärmepumpe – der „unbekannte“ Wärmeerzeuger. KI Luft- und Kältetechnik 7/2004, S. 1-8
- /03/ B. FROHN (2007). Technische Potentiale und Einsatzmöglichkeiten von Erdwärmepumpen. Beitrag zukunfts haus – Kongress „Strategien für Energieeffizienz“ der Deutschen Energieagentur Berlin) am 26.10.07, ein Monitoring-Programm im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums: www.solarbau.de
- /04/ M. EWERT (2005). Feldtest bestätigt hohe Effizienz von Wärmepumpen Heizung-Klima-Lüftung, Bd. 56, Nr. 3, S. 24-30
- /05/ M. ERB, P. HUBACHER und M. EHRBAR (2004): Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen (FAWA), 1996-2003. Schlussber. i.A. Bundesanst. f. Energie (BFE), Bern, via /06/
- /06/ N. DIEFENBACH, T. LOGA und R. ROLF (2005). Wärmeversorgung von Niedrigenergiehäusern – Erfahrungen und Perspektiven. Untersuchung des IWU (Inst. Wohnen & Umwelt) Darmstadt, i.A. Hess. Min. Wirtschaft
- /07/ H. KRUSE (2007). Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen in Theorie und Praxis BMU-DLR-Workshop 12.07.2007 im Dt. Forsch.zentrum Luft- und Raumfahrt, Stuttgart
- /08/ GERTEC-Ingenieurgesellschaft, Essen (2001): Systemvergleiche Elektro-Wärmepumpen und andere Heizsysteme für Niedrig-Energie-Wohngebäude - Phasen 1 - 3; Felduntersuchung i.A. Hess. Wirtschaftsministeriums und VDEW (Verb. Dt. Elektrizitätswirtschaft) Bezug: Hessisches Wirtschaftsministerium in Wiesbaden und Internet (*.pdf-Dateien)
- /09/ Faltblatt "Energiespartage Mittelbaden" und Bericht in "Unsere Region" des E-Werkes Mittelbaden, Lahr (Schwarzwald), 2005
- /10/ S. HESSLINGER, M. KUHN, E. WIEBER u.a. (2006, 9. Auflage). „Energie sparen durch Wärmepumpenanlagen“ für Planer und Handwerker, Broschüre i.A. des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, Ref. 44. Bezug: Wirtschaftsministerium BaWü, Theodor-Heuss-Str. 4, 70174 Stuttgart
- /11/ Handbuch "Wärmepumpen-Systeme - Planung und Installation" für Planer und Handwerker der Firma STIEBEL-ELTRON, 2006, S. 15 und 16 (Tabellen), 158 Seiten
- /12/ D. WOLFF (2004): Felduntersuchung "Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln". Abschlussbericht Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel, i.A. der DBU (Dt. Bundesstiftung Umwelt), via /6/
- /13/ J. BRUGMANN (2008). VDI 4650 (Stand 2008); Erweiterte Berechnungsgrundlage der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen. Vortrag 6. Wärmepumpenforum, November 2008, Berlin.
- /14/ P. LAMERS und M. NAST (2008). Noch spielt jeder sein eigenes Spiel: ThERRAProjekt empfiehlt EU-weit Standards für Wärme aus erneuerbaren Energien. Erneuerbare Energien, Mai 2008, S. 79
- /15/ Stiftung Warentest, Testbericht „Wärmepumpen“, Heft 6, 8. Juni 2007 Von zehn untersuchten Wärmepumpen schnitten vier mit „gut“ und der Rest mit „befriedigend“ ab.

- /16/ M. SCHAUMLÖFFEL (2008). Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen – Einflussfaktoren auf die Jahresarbeitszahl realer Anlagen. Symposium Wärmepumpen-Effizienz und Feldtest-Erfahrungen, IEGB und Wirtschaftsministerium Baden Württemberg, 5.06.08 in Karlsruhe.
- /17/ J. LAMBAUER, M. OHL, M. BLESL, U. FAHL und A. VOß (2008). Groß-Wärmepumpen in der Industrie. Vortrag Wärmepumpen-Symposium am 12.06.08 in Stuttgart.
- /18/ P. HUBACHER (2008). Felduntersuchungen an Klein-Wärmepumpen in der Schweiz. Symp. „Wärmepumpen-Effizienz und Feldtest-Erfahrungen“ am 5.06.08 in Karlsruhe
- /19/ J. SCHUBERTH und H. KASCHENZ (2008). Elektrische Wärmepumpen – eine erneuerbare Energie? Wie ist die Umweltbilanz elektrischer Wärmepumpen im Vergleich zu anderen Heizsystemen? Positionspapier des Umweltbundesamtes Dessau, Rationelle Energienutzung, 22 Seiten. PDF-Datei unter www.uba.de > Energie > Elektrische Wärmepumpe

11.7 Publicatie van de beide initiatiefnemers van de meting badennova en E-Werk Mittelbaden

11.7.1 Vakpublicaties

- AUER, Falk und SCHOTE, Herbert (2007): Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei. SONNENENERGIE, Sept.-Okt. 2007, Seiten 36-39
- AUER, Falk (2007): Feldtest Wärmepumpen: Erhebliche Unterschiede IKZ-Haustechnik, Strobel Verlag, Heft 18/September, 2007, Seite 6-7
- AUER, Falk (2007): Was bringen Wärmepumpen in der Realität? IKZ-Energy, Strobel Verlag, Heft 1/September, 2007, Seiten 30-31
- AUER, Falk (2007): Vergleich der Lokalen Agenda – Arbeitszahlen mit anderen „Feldtests Elektro-Wärmepumpen“ IKZ-Haustechnik, Strobel Verlag, Heft 22/November, 2007, Seite 74
- AUER, Falk und SCHOTE, Herbert (2008): Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei - Jahresergebnisse einer Felduntersuchung. IKZ-Haustechnik, Strobel Verlag, Heft 8 (April) 2008, Seiten 40-44.

11.7.2 Voorstellen van de projectleiders van de „veldtests electro- warmtepompen” en de samenwerkingspartners van het Ortenauer Energiebureau over de resultaten van het praktijkonderzoek

Zie volgende pagina's

DATUM	ORT	GASTGEBER	THEMA und ANLASS
14.06.2007	Bremen	Bremer Energie-Konsens: Klimaschutzagentur des Landes Bremen	Fachveranstaltung „Wärmepumpen: CO ₂ -Schleudern oder ein Beitrag zum Klimaschutz?“
12.07.2007	Stuttgart	DLR Deutsches Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart	„Leistung von Wärmepumpen in der Praxis“: Workshop anlässlich der Anhörung zur Förderung von WP im Maktanreizprogramms i.A. des Bundesumweltministeriums
22.09.2007	Lahr (Schwarzwald)	E-Werk Mittelbaden (Lahr)	„Energieeffizienz von Wärmepumpen unter realistischen Betriebsbedingungen“: 1. Energieeffizienztag des Landes Ba-Wü
25.10.2007	Offenburg	Innung Sanitär- und Heizungstechnik Achern – Offenburg - Wolfach	„Ergebnisse des Feldtests Elektro-Wärmepumpen“ anlässlich der SHK-Jahreshauptversammlung
30.10.2007	Holzminden (Weser)	BDH Bundesindustrieverband Deutschland Hautechnik, Energie und Umwelt	Präsentation der Praxisergebnisse von Wärmepumpen am Oberrhein u.a. mit dem Technischen Leiter des Arbeitskreises „Wärmepumpen“
08.11.2007	Bremen	Bremer Energie-Konsens: Klimaschutzagentur des Landes Bremen	Fachveranstaltung über die Jahresergebnisse der Felduntersuchung über Wärmepumpen
15.01.2008	Stuttgart	Arbeitsgruppe „Wärmepumpen“ im AK „Innovative Energienutzung in Gebäuden und Betrieben“ in Baden-Württemberg	„Feldtest Elektro-Wärmepumpen: Untersuchungsaufbau, Ergebnisse und Schlussfolgerungen und Empfehlungen“
17.01.2008	Lahr (Schwarzwald)	Haus und Grundbesitzerverein Lahr	„Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei: Welche Wärmepumpe arbeitet energieeffizient?“
22.01.2008	Freiburg	ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme	Präsentation der Praxisergebnisse von Wärmepumpen am Oberrhein
13.02.2008	Freiburg	Badenova Freiburg	„Wärmepumpen – Ein Beitrag zum Klimaschutz?“ anlässlich des SHK-Innungsforum 2008
14.02.2008	Trier	Solarverein Trier und Stadtwerke Trier	„Energieeffizienter Einsatz von Wärmepumpen: Ergebnisse eines Feldtest am Oberrhein“
15.02.2008	Freiburg	Handwerkskammer Freiburg und Messe GET Gebäude-Energie-Technik	Ergebnisse des „Feldtests Elektro-Wärmepumpen“ anlässlich des 3. Energieberaterforums Südbaden
17.02.2008	Freiburg	Messe GET Gebäude-Energie-Technik und Solarpromotion	„Wärmepumpen: Heiße Luft oder umweltfreundliche Wärme aus der Erde?“
06.03.2008	Bingen	TSB Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen/ Fachhochschule	„Klimaschutz durch Wärmepumpen? Ergebnisse einer Felduntersuchung“ anlässlich des „Wärmepumpentages Rheinland-Pfalz“

DATUM	ORT	GASTGEBER	THEMA und ANLASS
06.03.2008	Mannheim	Handwerkskammer Mannheim und IHK Rhein-Neckar	„Feldtest Elektro-Wärmepumpe: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei“ anlässlich der Reihe „Energieeffizienz in der Praxis“ des Regierungspräsidiums Stuttgart
12.03.2008	Friesenheim (Baden)	Volkshochschule	„Wärmepumpen: Ein Beitrag zum Klimaschutz?“
29.03.2008	Lahr (Schwarzwald)	Bauberatungszentrum	„Wärmepumpen: Praxisergebnisse“ anlässlich der Bauherrentage 2008
10.04.2008	Lahr (Schwarzwald)	Badenova Freiburg	„Elektro-Wärmepumpe – ein Beitrag zum Klimaschutz?“ anlässlich SHK-Installateurversammlung
15.04.2008	Schopfheim (Südbaden)	Energieagentur Dreiländereck-Hochrhein	„Elektro-Wärmepumpen am Oberrhein im Feldtest“
06.05.2008	Oberndorf (Neckar)	Badenova (Freiburg)	„Elektro-Wärmepumpe – ein Beitrag zum Klimaschutz?“ anlässlich SHK-Installateurversammlung
14.05.2008	Freiburg	Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE)	Präsentation der Ergebnisse LA21-Feldtest anlässlich ISE-Workshop mit 7 Herstellern beim ISE-Feldtest
05.06.2008	Fürth bei Nürnberg	Solid (Solar-, Info- und Demonstrationszentrum)	Workshop über Solartechnik und Wärmepumpen
07.06.2008	Freiburg	ECOtrivona (Freiburg)	Samstagsforum Universität: Nicht jede WP trägt zum Klimaschutz bei.
26.06.2008	Gengenbach Kinzigtal (Schw)	Stadtwerke Gengenbach	„Sinnvoller Einsatz von Wärmepumpen“ für Handwerkern
10.07.2008	Luxemburg	Centre de Recherche Public Henri Tudor (CRTE-Energy)	Trainingskurs „Bauen & Energie“, Modul „Wärmepumpen“ für Architekten und Ingenieure
23.09.2008	Sinsheim	Badenova Freiburg (R. Zimpfer)	Energiespartage: „Wärmepumpe – nicht immer die richtige Wahl“
15.10.2008	Lahr (Schwarzwald)	Badenova Freiburg	Energiespartage: „Wärmepumpen – nicht immer die richtige Wahl“
21.10.2008	Alpirsbach (Schwarzwald)	Umweltministerium Baden-Württemberg	Langzeittest von Wärmepumpen: Ergebnisse
24.10.2008	Ludwigsburg	Solarinitiative Ludwigsburg	Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei
04.11. 2008	Freiburg	Berufsförderwerk Südbad. Bauwirtschaft	Wärmepumpen-Effizienz
13.11.2008	Heidelberg	Klimaschutz- und Energieberatungsagentur (KliBA)	Fachseminar Handwerk: Wärmepumpen: CO ₂ -Schleudern oder ein Beitrag zum Klimaschutz?
18.11.2008	Offenburg	Badenova Offenburg	Architektenabend: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei – Ergebnisse Feldtest
27.11.2008	Biberach (Riss)	Fachhochschule/ Bauakademie Biberach/Riss (R. Zimpfer)	5. Biberacher Geothermietag: 2-jähr. Feldtest Elektro-WP am Oberrhein: Ökolog. und ökonom. Bilanz und praktische Empfehlungen

27.11.2008	Münster (Westfalen)	Umweltforum Münster	Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei – Auswertung eines Feldtests
28.11.2008	Bremen	Bremer Energie-Konsens: Klimaschutzagentur des Landes Bremen	Fachveranstaltung „Wärmepumpen- systeme – energetisch und finanziell ein Erfolgsmodell?“

11.7.3 Verslagen van anderen over de resultaten van de „veldtests electro- warmtepompen“

- BADISCHE ZEITUNG 2006 - 2008:
Mehrere Beiträge und Interviews über den Beginn, die Durchführung und die ersten Ergebnisse des „Feldtests Elektro-Wärmepumpen“
- KUNDENMAGAZINE der Energieversorger BADENOVA und E-WERK MITTELBADEN
2006 – 2008: Mehrere Beiträge wie zuvor und ein Interview mit dem Projektleiter
- VDI-NACHRICHTEN / Wochenblatt des Vereins der Ingenieure 19.10.2007:
„Energie aus Kaltquellen: Wärmepumpen müssen im Feldtest ihre Effizienz beweisen.“
- TAZ – DIE TAGESZEITUNG 05.12.07:
„Wärmepumpen: Ineffizient, aber öko per Gesetz“
- UMWELT – KOMMUNALE ÖKOLOGISCHE BRIEFE 12.12.2007, Nr. 25-26/07
„Wärmepumpen: Kein Beitrag zum Klimaschutz“
- SOLARREGION / Zeitschrift für erneuerbare Energien Südbaden 1/2008, Seite 18
„Wärmepumpen leisten selten einen Beitrag zum Klimaschutz“
- HAUS + ENERGIE / Wohnen Heizen Sparen Jan/Feb 2008, Seiten 62-69
„Wärmepumpen – zunehmend ökologisch“
- BADISCHE ZEITUNG 04.02.2008
„Wärmepumpen: Keine echten Klimaschützer“
- FINANCIAL TIMES Deutschland 19.02.2008
„Energie: Schlechte Noten für Wärmepumpen“
- ENERGIEDEPESCHE / Fachzeitschr. Bund der Energieverbraucher (BEE) März 2008:
„Erdreich-Wärmepumpen zahlen sich aus“, Seiten 28 und 29
- OFFENBURGER TAGEBLATT (Mittelbadische Presse)/ Bauen und Wohnen 13.03.2008:
Elektro-Wärmepumpen im Feldtest
- IKZ-HAUSTECHNIK Heft 7/ April 2008, Seite 94: Bericht „Wärmepumpen müssen effizient arbeiten“, u.a. über die Ergebnisse des Feldtests Elektro-Wärmepumpen im Rahmen der Berichterstattung über den 3. Wärmepumpentag Rheinland-Pfalz in Bingen
- FOCUS Nr. 16/2008, Seite 77: Hinweis auf Ergebnisse des Feldtests Elektro-Wärmepumpen in Thema Energie: Kein Geld mehr verheizen, Seiten 72-85
- CAPITAL Immobilien, Sonderheft 2008, Seite 270-273: Bericht über die Ergebnisse des Feldtests Elektro-Wärmepumpen im Rahmen einer Berichterstattung über Energiesparen, Seiten 268-273

- HAUS & GRUND SÜDDEUTSCHE WOHNWIRTSCHAFT, Mai 2008, Seite 281:
„Enormes Interesse an Wärmepumpen“
- HEIZUNGSJOURNAL – Special Nr. 6/2008, Seiten 90-93
„Luft tut sich mit Jahresarbeitszahl 3,0 sehr schwer - Feldtest Elektro-Wärmepumpen:
Erdreich-Wärmepumpen mit positiver Ökobilanz“
- □ENERGIE & MANAGEMENT, 15. Juni 2008, Seite 14:
„Wärmepumpen für den Klimaschutz?“ von Dieter Seifried
- FEE HEIZUNGSJOURNAL-SPECIAL, Nr. 6, 2008, Seiten 90 – 93
„Luft tut sich mit Jahresarbeitszahl 3,0 sehr schwer“ von Bernd Genath
- BUND-Jahrbuch 2009 „Ökologisch Bauen & Renovieren“, Seiten 156 –158
„Lasst endlich Fakten sprechen!“ von Stefan Kriz

11.8. Dankwoord

Abschließend danken die Autoren des Schlussberichtes, Dr. Falk Auer und Herbert Schote,

- der badenova und dem E-Werk Mittelbaden für die finanzielle Unterstützung der Messtechnik
- den Wärmepumpen-Firmen Aerex/Maico und Bartl für den Einbau von Messfühlern *in* die Wärmepumpen
- den Ingenieurbüros NES-Messtechnik und NES-Consult für die detaillierte Vermessung der Kompakt - Luft/Luft-Wärmepumpe mit Hilfe eines Datenaufnehmers in einem Passivhaus
- Herrn Zimpfer von der Ortenauer Energieagentur und Herrn Schmidt vom SHK-Handwerk für die gute Kooperation während der gesamten Laufzeit des Projektes, der Unterstützung beim Interessensausgleich und für viele, hilfreiche Diskussionsbeiträge.
Insbesondere sei Herrn Zimpfer gedankt für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen in Kapitel 7 und im Anhang 11.3 auf der Basis einer EXCEL-Tabelle von Dr. Eltrup, Universitäts-Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung in Stuttgart (IER).
- Herrn Hubacher, der die „Feldanalyse Wärmepumpenanlagen“ in der Schweiz durchführte, und dem Projekt die Daten von Luft-Wärmepumpen in Kapitel 5.5 und im Anhang 11.4 zur Verfügung stellte
- Herrn Bonath für den parallelen Betrieb einer Temperatur-Messstation im Kinzigtal
- den Herren Pursche, HessenEnergie Wiesbaden, Schuberth, Umweltbundesamt Dessau, und Kuttruf, Fachhochschule Offenburg, für die sorgfältige Durchsicht des Schlussberichtes, verbunden mit wertvollen Verbesserungsvorschlägen, und letztendlich auch
- den Mitgliedern des „Arbeitskreises Wärmepumpen“, die den „Feldtest Wärmepumpen“ in fünf Sitzungen über zwei Jahre fachlich begleiteten sowie der Stadt Lahr, vertreten durch den Umweltbeauftragten Herrn Kaiser, zugleich Leiter des Lokalen Agenda 21 – Büros, für die organisatorische Unterstützung des Projektes und die Bereitstellung eines Sitzungsraums.