

Decentrale klimatisering van het 'Duits Historisch Museum' in Berlijn

HET GEBOUW „HET BEHOORT SINDS 1786 TOT DE MOOISTE GEBOUWEN VAN EUROPA“, ZO OORDEELT DE SCHRIJVER FRIEDRICH NICOLAI EN NOG HEDEN BEHOORT HET ZEUGHAUS IN BERLIJN TOT DE BELANGRIJKSTE BAROKKEN GEBOUWEN VAN DE HOOFDSTAD. HET OUDSTE GEBOUW AAN DE BOULEVARD „UNTER DEN LINDEN“ KWAM IN 1695 GEREED.

Toen Kurfürst Friedrich Wilhelm het door hem geplande gebouw sinds 1667 een „representatief karakter“ gaf en daarmee meer dan een eenvoudig gebruikersgebouw eiste, was niet te voorzien, welke klimaattechnische gevolgen 300 jaar later zouden volgen.

De grootste wapenkamer van de Pruisen werd in 1815 tot oorlogsmuseum omgebouwd en door Keizer Wilhelm I. tot „Ruhmeshalle“ van het leger verklaard en uiteindelijk in de Tweede wereldoorlog tot op de voorgevel na verwoest. Tijdens de DDR tijden werd het weer als geschiedenis museum ingericht. Met de Duitse hereniging kreeg tenslotte het „Deutsche Historische Museum“ haar verblijfplaats in het Zeughaus. Nadat van 1994-1998 de voorgevel van het Zeughaus volgens historische grondslagen gerenoveerd was geworden, moest een interne verbouwing van het 300 jaar oude gebouw er toe leiden, de museumstandaard van de 21e eeuw te bereiken. In de voorgaande 5 jaren werd het gebouw voor 25 miljoen Euro volgens plannen van het Architectenburo Brenne algeheel gerenoveerd en met de nieuwste klimaat- en brandbeveiligingstechniek uitgerust om deze hoge eisen te bereiken. Op 9 januari 2004 volgde tenslotte de feestelijke sleutelovergave en overdracht van het gebouw aan de museum directeur.



Fig. 1 :Het oude Zeughaus uit 1695 en de nieuwbouw uit 2003

Museum klimatiseringseisen

Welke eisen worden aan de klimatisering van tentoonstellingsruimtes in musea gesteld? Zoals in kantoorgebouwen de mens en diens thermische behaaglijkheid in het middelpunt staan, dekken in de musea de exposanten, op de eerste plaats de aanzienlijke verzekeringswaarden. Hier moet uit klimaattechnische oogpunt op de

eerste plaats het condenseren van vochtige lucht door de exposanten verhinderd worden. Voor de andere zijn tijdelijke veranderingen van de relatieve luchtvochtigheid en de ruimteluchttemperaturen extreem schadelijk. Deze leiden b.v. tot de bekende fijne haarscheurtjes in de olie verfoppervlakken, veranderingen die ontstaan door het werken van het linnendoek. In het Zeughaus moesten eisen van 52.5 +/- 2.5 % relative vochtigheid nagekomen worden, voor temperaturen geldt een toelaatbare tolerantie van 20°C +/- 1°C in de winter en 20-24°C +/- 1°C in de zomer.

Naast de tijdelijke veranderingen in temperatuur en vochtigheid dienen ook de ruimtelijke veranderingen, van temperatuur- en vochtschommelingen in de tentoonstellings ruimten vermeden te worden. Hier komt nog extra bij, dat het verblijfsgebied van exposanten niet zoals bij mensen op 1,7m hoogte eindigt; grootschalige exposities strekken zich over de gehele ruimtehoogte uit! Hierna speelt de bezoeker en diens thermisch comfort een rol. De thermische behaaglijkheid volgens DIN 1946/2 moet aangehouden worden en een verse luchtverdeling tot in grote ruimtediepte moest verzekerd worden. De dominerende lasten zijn bij deze oude gebouwen op basis van kleine raamvlakken en dikke muren geenzins de invloed van de zon. Hier zijn verlichting en de bezoeker de maatgevende invloedsfactoren; dan de thermische en vochtlasten.

Een decentraal klimatiseringsconcept

Een centrale klimaatinstallatie die aan de bovengenoemde eisen zou moeten voldoen, zou door de installatie van luchtverdeelkanalen tot een enorme ingreep in het monumentale bouwmasa leiden. Volgens een klimaatconcept van Transsolar Energietechnik GmbH is een decentrale klimatisering, waarbij in iedere bouwmodul de buitenlucht door een smalle aanzuigspleet in het gebouw wordt toegevoerd, hierdoor minder kritisch. Eerst moesten echter de volgende specificaties vervuld worden, die tot lang nooit in decentrale units gerealiseerd konden worden:

Gelijkmatige verdeling van de verse lucht tot een ruimtediepte van 12,5 m

- Hooginductieve mengstroming, die een gelijkmatige verdeling van temperatuur en vochtigheid in de tentoonstellingsruimte waarborgt.
- Warmte- en koelfunctie
- Bevochtiging en ontvochtiging van de ruimtelucht
- Filteren van de „vervuilde“ buitenlucht met filterklasse F7, daar „Unter den Linden“ een hoge verkeersintensiteit heeft.

In de eis een geringe buitenlucht hoeveelheid aantoonbaar tot in grote ruimtediepte te transporteren, in combinatie met de eis van een hooginductieve mengstroming ter voorkoming van gelaagdheid, zijn de beide stromingsvormen tegenstrijdig met elkaar. De scheiding in twee units die parallel werken, maar verschillende stromingsvormen in het zelfde bouwmodul mogelijk maakt, lost dit conflict op. In een stromingsproef in schaal 1:1 kon bewezen worden, dat het mogelijk is de buitenlucht met 2-3 K ondertemperatuur impulsarm langs de vloer tot in grote ruimtediepte te „schuiven“ (Principe van de verdringingsventilatie), terwijl boven de scheidingslijn een hooginductieve mengstroming, ondanks hoge verwarmings- en koelcapaciteiten, een gelijkmatig temperatuurprofiel mogelijk maakt. Bij deze tweede stromingsvorm vindt, door een verdeling van de gekoelde/verwarmde recirculatielucht, in enkele stralen een sterke vermenging met de ruimtelucht in de nabijheid van de gevel plaats. Aansluitend volgt, resulterend door de aanwezige zeer geringe temperatuurverschillen in de mengzone, een verdringingsstroming in de ruimte. Een visualisering van beide stromingsvormen toont fig. 2. Deze door LTG Aktiengesellschaft ontwikkelde combinatie van meng- en verdringingsstroming (meng/verdringing) werden reeds in talrijke bureaugebouwen met goed gevolg ingezet en waarborgt alle voordelen van de verdringingsventilatie het thermische comfort ook bij hoge koellasten. Eenmalig wordt de verse lucht, in combinatie met een klassieke verdringingsventilatie, gericht in grote ruimtediepten getransporteerd. Beide stromingsvormen beïnvloeden elkaar nauwelijks, zoals in de



Fig. 2: Stromingsvisualisering van beide stromingsvormen in het proeflaboratorium. van LTG Aktiengesellschaft te Stuttgart

aangegeven scheidinglijn in de stromingsvisualisering duidelijk te zien is. Dit geeft het turbulent armee scheidingvlak aan. Tijdens een proef kon een homogene verdeling van de temperatuur in de ruimte ook bij grote koel- en warmtelasten en de zekerstelling van de thermische behaaglijkheid voor de museumbezoeker meettechnisch vastgesteld worden. Het bewijs van een gelijkmatige en constante verdeling van de ruimtevochtigheid werd aansluitend onder werkelijke inbouwvoorwaarden in een proefopstelling in het Zeughaus geleverd.

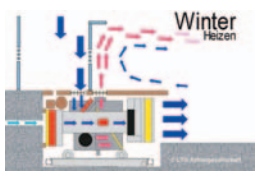
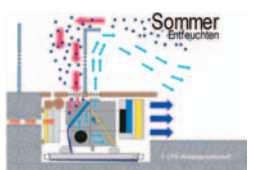
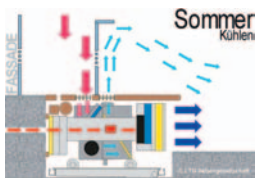


Fig 3: Enige voorbeelden van mogelijke bedrijfstoestanden van decentrale klimatisering van musea

Het gevelconcept voorzag een behoud van de historische ramen, echter moest de zekerheidsfunctie van de ramen door een daarachterliggend tweede glasvlak waarborgen. Een op 4 m hoogte bevindende lichtkoepel, die voor de natuurlijke belichting van de tentoonstellingsruimte dient, is met de bovenkant van het veiligheidsraam de ruimte inwijzend gemonteerd. Het daardoor ontstane kanaal tussen het historische raam en het veiligheidsraam konden in verbinding met de lichtkoepel als omkeerinrichting zinvol in het stromingsconcept ingebouwd worden.

Door de ontstane aanzuigschacht kon ruimte-lucht vanaf 4m hoogte aangezogen worden en de uittredeende lucht ook bij verwarmen door de lichtkoepel in de tentoonstellingsruimte geleid worden. Een stromingstechnische kortsluiting wordt door de lichtkoepel verhinderd. Door deze opstelling konden zelfs voor de statische verwarming een uitstekende vermenging van warme lucht in de verblijfszone aangetoond worden. Een keuze van mogelijke bedrijfstoestanden is in fig. 3 weergegeven.

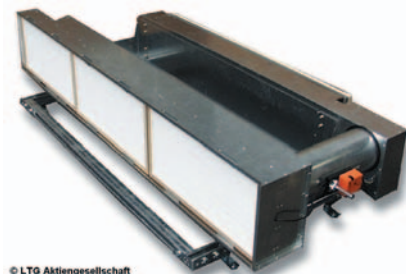
Technische realisering

De decentrale klimaatunit QVM (fig 4) deelt zich constructief, voor het realiseren van de beschreven thermodynamische processen in twee deelnits op:



© LTG Aktiengesellschaft

Fig 4: De decentrale klimaatunit QVM voor musea



© LTG Aktiengesellschaft

Fig 5: QVM buitenluchteenheid



© LTG Aktiengesellschaft

Fig 6: QVM recirculatieëenheid

Buitenluchtdeel

De noodzakelijke verse luchthoeveelheid wordt met een radiaalventilator door de aanzuig-spleet in de gevel aangezogen en volgens buitenluchtconditie op 2-3K ondertemperatuur t.o.v. de ruimte verwarmd of gekoeld. Een groffilter G3 en nageschakeld fijnfilter F7

waarborgt de vereiste filterklasse. Door de filtervlakken wordt een impulsarm uittreden van de verse lucht gegarandeerd en daarmee de gewenste verdingingsventilatie bereikt. Een afsluitklep sluit de tentoonstellingsruimte bij hoge winddrukken aan de gevel af naar buiten (fig. 5).

Recirculatieëenheid

Het recirculatiedeel zuigt ruimtelucht op 4m hoogte van achter het veiligheidsglas aan en heeft grote capaciteitsreserve t.a.v. verwarmings- en koelcapaciteit. Door het verlagen van de koelwaterintredetemperatuur naar 6°C, bestaat hier de mogelijkheid de ruimtelucht te ontvochtigen. Na de dwarsstroomventilator zijn hogedrukbevochtigersnozzles geplaatst die een bevochtigingsmat cyclisch besproeien. Door het constante drogen van deze mat, wordt kiemvorming voorkomen en een uitstekende bevochtigingscapaciteit bereikt. In de uitblaasopening van de fancoils zijn luchtgeleidingsprofielen geplaatst, welke de lucht in enkele stralen opdelen en daarmee de inductie, d.w.z. vermenging met ruimtelucht verhogen (fig. 6). Zo ontstaat de beschreven meng- verdringingsstroming.

Een type selectie van de units kan de volgende capaciteitsgegevens leveren:

Om het onderhoud van de units te vereenvoudigen

Zomersituatie			
T buiten=32°C / T ruimte= 22°C / T KW in=6°C			
	Trap 1	Trap 2	Trap max.
Buitenluchtaandeel	120m³/h	170m³/h	220m³/h
Gezamenlijke ruimte-koelcapaciteit:	1310 +120 = 1430W	1930 +170 = 2100W	2450 +220 = 2670W
Geluiddruk bij diffusie vrije veld	35 dBA	45 dBA	52 dBA

Wintersituatie			
T buiten=-10°C / T ruimte= 20°C / T WW in=55°C			
	Stap 1	Stap 2	Stap max.
Buitenluchtaandeel	120m³/h	170m³/h	220m³/h
Gezamenlijke ruimte-verwarmingcapaciteit:	1750 -120 = 1630W	2205 -170 = 2035W	2520 -220 = 2300W
Geluiddruk bij diffusie vrije veld	35 dBA	45 dBA	52 dBA

gen is de gehele eenheid op een vloer bevestigings frame opgesteld. Op rollen staande kan men de eenheid inrijden en van de gevel trekken. De wateraansluitingen voor alle warmte-wisselaars, toevoer naar de hogedruknozzles, spanningsverzorging voor ventilatoren en toevoer voor M&R-sensoren, moeten deze beweging ondanks beperkte ruimteverhoudingen volgen. Dit moet, in coördinatie met jalouzieaandrijvingen, M&R-techniek en veiligheidstechniek, in de nissen gebeuren.

De integratie van de klimaatunits in een 300-jarig oude gebouw vraagt een flexibele aanpassing aan de bouwkundige gegevens, dat per gebouwmoduul sterk veranderen kan, zie fig. 7. Deze klimaatunits werden door een modulaire opbouw en een flexibele vervaardiging sterk vereenvoudigd, zodat voor de verschillende borstwingafmetingen aan-

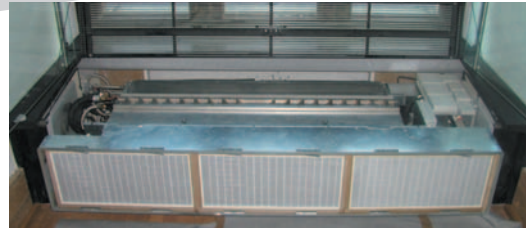


Fig. 7: Inbouw van de decentrale klimaat-unit QVM in een borstweringsnis / coördinatie met M+R / Veiligheidstechniek enz

passingen gedaan konden worden. Eveneens konden speciale units voor vloerinbouw en recirculatieunits voor wandinbouw aangepast worden.

Samenvatting

Door een innovatieve combinatie van bekende stromingsvormen, kon het bewijs geleverd worden, dat het mogelijk is, van een plaats aan de gevel tot in een ruimtediepte van 12.5 m de hoge eisen van een museumklimaat betreffende tempe-



Fig 8: Stromingsconcept van twee stromingsvormen; verdringingsstroming voor de verse lucht verdeling + meng/verdringing voor het verwarmen/koelen/bevochtigen en ontvochtigen

atuur, vochtigheid, ruimteluchtsnelheden en de verdeling van de verse lucht in ieder gebouwmoduul te vervullen (fig. 8).

Hiertoe werd voor het eerst bevochtiging in decentrale klimaatunits geïntegreerd. De verhoogde onderhoudskosten konden door een uitstekend onderhoudsconcept geminimaliseerd worden. Met dit decentrale klimatiseringsconcept kon de monumentale gebouwmassa door een minimale ingreep tijdens de montage behouden blijven, zonder afbreuk te doen aan de hoge museum klimaat-eisen.

Tekst: Dipl.-Ing. Ralf Wagner, Hoofd ontwikkeling ruimteluchttechniek

LTG Aktiengesellschaft, Stuttgart

en

Evert van de Lustgraaf, Directeur

Opticlimate Systems, Ermelo