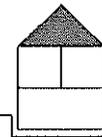




THEATER AM WASSERTURM
Zusammenfassung technisches Konzept

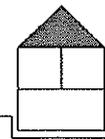


- PROJEKT-NR. : 26 N 04
- BAUMABNAHME : KÜHLUNG THEATER AM WASSERTURM
MEERBUSCH
- BAUHERR : SERVICE IMMOBILIEN
STADT MEERBUSCH
WITTENBERGER STRASSE 21
40668 MEERBUSCH – LANK
- PLANER : SCHEMMEL BERATENDE INGENIEURE GMBH
FURTHER STRASSE 88
41462 NEUSS
TEL.: 02131-55051
- AUFGESTELLT : NEUSS, DEN 16.03. 2009



INHALTSVERZEICHNIS

- 1.0.0 Aufgabenstellung**
 - 1.1.0 Klimatische Anforderungen**
 - 1.2.0 Technische Anforderungen**
- 2.0.0 Schritte zur Planungsentwicklung**
 - 2.1.0 Sichtbare Technik im Wohnumfeld**
 - 2.2.0 Nutzung von Grundwasser zum Heizen und Kühlen**
 - 2.2.1 Einsatz einer Wärmepumpe
- 3.0.0 Technisches Konzept für eine Lüftungsanlage**
 - 3.1.0 Benötigte Kühllast**
 - 3.2.0 Notwendige Luftmenge zur Kühlung**
 - 3.2.1 Technische Daten des Lüftungsgerätes
- 4.0.0 Standort der neuen Lüftungsanlage**
- 5.0.0 Luftverteilung im Saal und Volumenstromregelung**
- 6.0.0 Luftschichtung**
- 7.0.0 Brunnenanlage**
- 8.0.0 Wärmepumpenanlage**
- 9.0.0 Veränderung der Energiebilanzen und Energiekosten**
 - 9.1.0 Energiebilanz Theater am Wasserturm**
 - 9.1.1 Einsparung durch neue Lüftungsanlage im Vergleich zum Jahr 2007
 - 9.1.2 Einsparung durch Wärmepumpe im Vergleich zum Jahr 2007
- 10.0.0 Kostenschätzung**
 - 10.1.0 Lüftungsanlage**
 - 10.2.0 Brunnenanlage zur Kühlung und Heizung**
 - 10.3.0 Wärmepumpenanlage**
 - 10.4.0 Gesamtkosten Technik incl. MWST**
- 11.0.0 Zusammenfassung**



1.0.0 Aufgabenstellung

1.1.0 Klimatische Anforderungen

Im Juni 2006 wurde der Auftrag erteilt, ein neues Lüftungskonzept für das Objekt zu entwickeln. Die primären Mängel liegen in einer ungekühlten Be- und Entlüftungsanlage. Die Luft wird im Sommerfall mit 32°C Außentemperatur angesaugt und durch den Ventilatorantrieb um weitere 3 – 5° erwärmt. Diese 35gradige Luft trifft innen auf eine zusätzliche Wärmelast von ca. 70 kW durch 300 Personen, Theaterbeleuchtung und statische Wärmeübertragung.



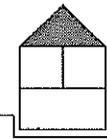
1.2.0 Technische Anforderungen

Das Gebäude wurde als Kino errichtet zu der Zeit, als die Bilder laufen lernten. Energetisch entspricht es auch heute noch diesem Zustand. Die Erwartungshaltung ist jedenfalls derzeit an einem Theater orientiert.

Zu Beginn der neunziger Jahre wurde das Gebäude zu einer Mehrzweckhalle umgebaut, in der Aufführungen wie in einer Schulaula stattfinden sollen.

Somit wurden variable Böden und lose Bestuhlungen geplant. Damit ist eine effektvolle Luftführung von unten nach oben auch zukünftig durch den Baukörper unterbunden

Das Gebäude ist in ein Wohngebiet integriert, in dem nur die Mindestabstände für Wohnbauten eingehalten werden. Zusätzliche Flächen für Technik wie Kältemaschine, Rückkühlung und vergrößertes Lüftungsgerät stehen nicht zur Verfügung.



Diese Geräte sind mit Lautstärke verbunden und bedürfen daher einer gekapselten Aufstellung oder einer besonders leisen Ausführung.

Zur Lösung des Problems wurden seit 2006 gemeinsam mit dem Bauherrn einzelne Lösungsschritte entwickelt, welche den jeweiligen Kompromissen zwischen Wunsch und Grenzen der Machbarkeit Rechnung tragen.

Das Konzept zur technischen Umsetzung wird nachfolgend vorgestellt. Für Details der Technik oder physikalische Betrachtungen verweisen wir besonders auf die Studie „Ergebnis einer Machbarkeitsstudie“ vom 20.10.2008.

2.0.0 Schritte zur Planungsentwicklung

Zunächst hat der Bauherr in Eigenversuchen ermittelt, ob eine ausreichend abgekühlte Zuluft den Zustand erträglicher machen kann. Daher wurde in der Herbstzeit 2007 eine Veranstaltung ausgewählt, bei der kalte Luft an der Grenze der Zumutbarkeit eingeblasen wurde.

Hier stellte sich schnell heraus, dass die physikalischen Grenzen nicht gesprengt werden konnten und die Luftmenge ca. um das dreifache erhöht werden musste. Somit waren die neuen Dimensionen der Technik in einem eng bebauten Wohnumfeld zu lösen.

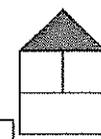
Am 23.07.2007 wurde ein Entwurf erstellt, der die physikalischen Abhängigkeiten der bestehenden Lüftungsanlage in Bezug auf die Möglichkeiten einer zugfreien Lüftung aufzeigt. Als Ergebnis kann mit der bestehenden Lüftungsanlage keine ausreichende Kühlung erzielt werden, statt der bisherigen 8.000 m³/h muss zukünftig eine Luftmenge von 24.000 m³/h bewegt werden.

Am 28. 04. 2008 wurde eine weiter entwickelte Studie vorgelegt, in der die äußeren Abmessungen der zukünftig notwendigen technischen Geräte aufgezeigt wurden. Ebenso war die Öffnung der abgehängten Decke im Veranstaltungsraum erforderlich, damit die aufgeheizte Luft nicht unter der Decke staut und die Besucher der Galerie beeinträchtigt.

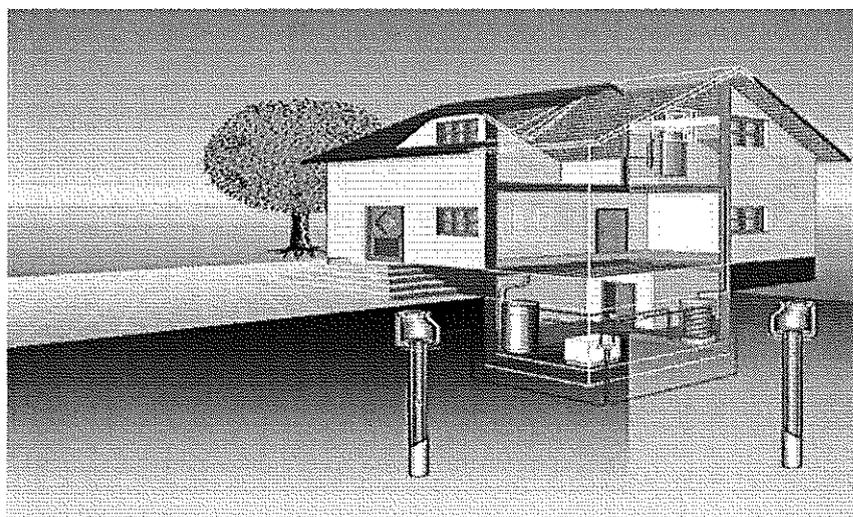
Die Aufstellung eines Rückkühlwerkes erfolgte neben dem Gebäude in ca. 3,5 m Höhe.

2.1.0 Sichtbare Technik im Wohnumfeld

Für das erforderliche Lüftungsgerät wurde eine Sonderkonstruktion entwickelt, die eine Aufstellung auf der Dachfläche des Anbaus ermöglicht und mit einer Gesamthöhe von ca. 2 m auskommt. Dafür werden die Kanäle auf das Dach gelegt, die Rauchabzugsöffnung muss angepasst werden.

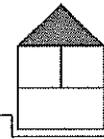


Das 2,5 x 7m große Rückkühlwerk für die Kälteanlage im Außenbereich fand nicht die Zustimmung des Bauherrn, daher wurde die Alternative „Kühlen mit Grundwasser“ in Betracht gezogen.



Ob die vorhandenen Wasserqualitäten geeignet sind und keine Verschlämmung der Brunnen zu befürchten ist, hat das Büro für Geologie Dr. Müller geprüft und in einem schriftlichen Gutachten zur Brunnennutzung seine Unbedenklichkeit erklärt.

Für die umliegenden Bewohner ist mit dieser Technik keine optische Einschränkung oder Lärmbelästigung mehr zu erwarten. Die Technik befindet sich im Erdreich bzw. im Keller.



2.2.0 Nutzung von Grundwasser zum Heizen und Kühlen

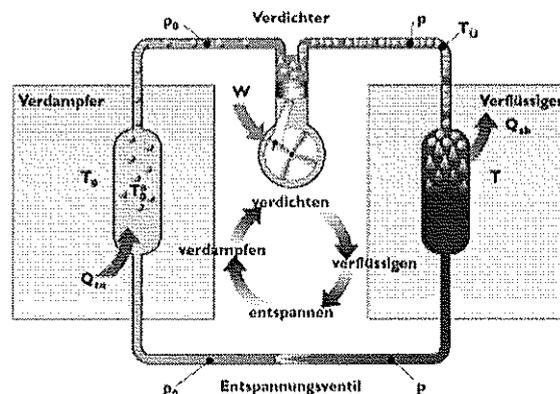
Eine Voranfrage zur Nutzung von Brunnenwasser erfolgte als Anfrage bei der Unteren Wasserbehörde. Diese sieht aus baurechtlichen Gründen keine Einschränkung der Nutzung. Somit kann mit dem Brunnenwasser eine direkte Kühlung der Luft betrieben werden, d. h. es wird aus Sicherheitsgründen ein Wärmetauscher zwischengeschaltet werden. Es wird keine Kältemaschine und kein Rückkühlwerk benötigt, elektrischer Strom wird ausschließlich zum Antrieb des Wassers benötigt.

Ein weiterer Nebeneffekt kann für die Beheizung des Gebäudes erzielt werden, indem aus dem Brunnenwasser im Winter die notwendige Heizenergie gewonnen werden kann. Die dann ohnehin vorhandene Brunnenanlage wird als „Wärmesponder“ genutzt, die Wärme wird mittels Wärmepumpe entzogen.

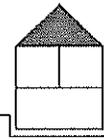
2.2.1 Einsatz einer Wärmepumpe

Wir erlauben uns hier die Definition von Wikipedia zu benutzen.

Die **Wärmepumpe** ist eine Maschine, die unter Zufuhr von technischer Arbeit Wärme von einem niedrigeren zu einem höheren Temperaturniveau pumpt. Bei der Wärmepumpe wird die auf dem hohen Temperaturniveau anfallende Verflüssigungswärme zum Beispiel zum Heizen genutzt (Wärmepumpenheizung). Dagegen wird bei der Kältemaschine die Abkühlung eines Kältemittels beim Entspannen und Verdampfen genutzt, um ein Fluid abzukühlen.



Für den technischen Laien sei die Wärmepumpe mit dem heimischen Kompressorkühlschrank verglichen, der die Wärme aus dem Inneren des Schrankes über einen Kompressor auf die Rückseite des Kühlschranks befördert.

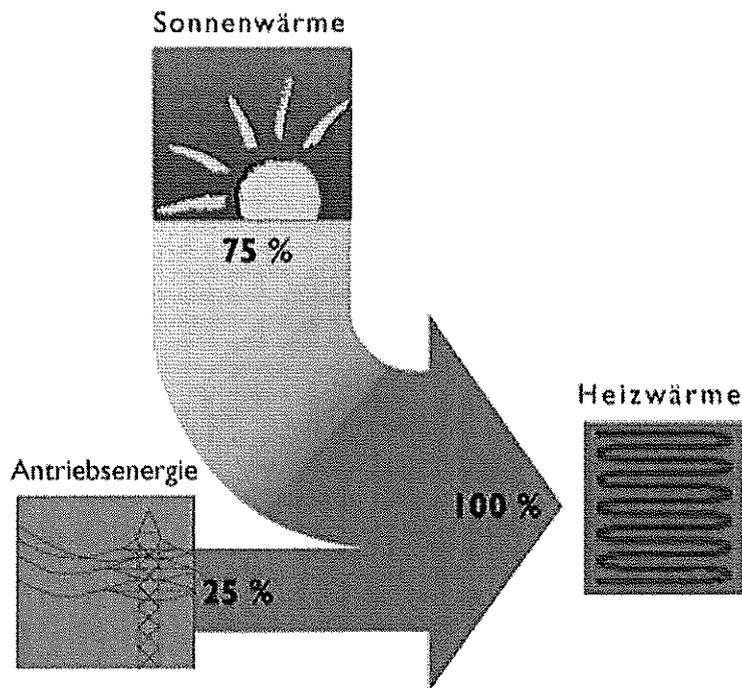


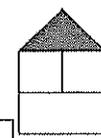
Im Gefrierfach verdampft ein Kältemittel unter Aufnahme von Wärme, dieses Gas wird vom Kompressor soweit komprimiert, bis es wieder verflüssigt. Hierbei wird die elektrische Energie, welche zum Komprimieren erforderlich ist, und die beim Verdampfen aufgenommene Wärme wieder frei. Das geschieht in der Regel im Gitter hinter dem Kühlschrank.

Dreht man nun die Wirkrichtung um und fördert die Wärme von der Rückseite des Kühlschranks nach innen, so hat man das Prinzip der **Wärmepumpe**, welche die Wärme von dem einen Medium zum anderen „pumpt.“

Bleibt man bei dem Kühlschrank -Prinzip, so spricht man in der Technik von einer **Kältemaschine**.

Das Prinzip der Wärmepumpe





3.0.0 Technisches Konzept für eine Lüftungsanlage

Wir betrachten die bisherigen Ausarbeitungen als Bestandteil zu dieser Machbarkeitsstudie und verzichten darauf, nochmals nachzuweisen, dass mit der bisherigen Be- und Entlüftungsanlage keine ausreichende Kühlung zu schaffen ist.

Ebenso verweisen wir auf die alternativen Betrachtungen zu Kühldecken oder Kühlbalken. An dieser Stelle sei auch die Absage an seitliche Quellauslässe erteilt, weil diese oberhalb der Heizkörper angeordnet werden müssen. Die gekühlte Luft muss jedoch in die Stuhlreihen eindringen. Mit seitlichen Quellauslässen wird den äußeren Reihen zu kalt und die inneren Reihen werden nicht erreicht.

Auch eine Anordnung von runden Rohren neben den oberen Stützbalken unter der Decke würden wir nicht befürworten, da die Rohre links und rechts jeweils einen Durchmesser von mehr als 1 Meter haben müssten und über Weitwurfdüsen der Luftstrom in die Zuschauer geblasen würde. Bei 21.000 m³/h ist die Gefahr zu groß, dass die Luftströme zusammentreffen und Zugscheinungen bilden werden.

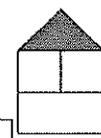
3.1.0 Benötigte Kühllast

Die von uns bisher schon mit 15 bis 20 kW angegebene Beleuchtungsleistung wurde nochmals durch den Veranstalter als richtig bestätigt. Als Personenwärme sind

100 W/ Person entsprechend VDI 2078 anzunehmen. Die statische Kühllast für das fensterlose Gebäude wird zunächst mit 15 kW angenommen. Eine genauere Ermittlung wird im Rahmen der detaillierten Planung erstellt.

Somit ergeben sich:

Beleuchtungswärme	15 kW
Personenwärme 300 x 100 W =	30 kW
Statische Kühllast	<u>15 kW</u>
Summe Kühllast	60 kW



3.2.0 Notwendige Luftmenge zur Kühlung

Die Kühllast und die maximal verträgliche Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft bestimmen das notwendige Luftvolumen einer Lüftungsanlage.

Wir verweisen hier auf die zuvor erstellte Berechnung, aus der sich eine notwendige Luftmenge von 23.500 m³/h bei einer Spreizung der Lufttemperaturen von 8 °C ergibt. Bei einer zugfreien Einbringung mit nur 6 Grad Differenz wird sich die Luftmenge auf 28.000 m³/h erhöhen.

Der notwendige Frischluftanteil bei einer qualitativ guten Lüftung liegt bei 30 m³/h, Pers. Bei 300 Personen sind das 9.000 m³/h. Die darüber hinausgehende Luftmenge wird als Umluft betrieben. Da in Zukunft auch eine Wärmerückgewinnungsanlage vorhanden sein muss, wird der erforderliche Heizaufwand auf weniger als die Hälfte des bisherigen Verbrauches absinken.

Auf Grund des mangelnden Raums für die Aufstellung des Lüftungsgerätes wird ein Umwälzvolumen von 21.500 m³/h gewählt.

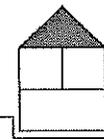
3.2.1 Technische Daten des Lüftungsgerätes

Zuluftventilator

Funktion	Zuluft
Volumenstrom	21500 m ³ /h
Geschwindigkeit	2.33 m/s

Gerätedaten 2	
Funktion	Abluft
Volumenstrom	21500 m ³ /h
Geschwindigkeit	2.33 m/s

Anwendungsart:	Standard
Aufstellungsort:	Außenaufstellung
Luftrichtung:	Horizontal
Anordnungsart:	Nebeneinander
- Gehäuse im Taupunktbereich thermisch entkoppelt	
- Gehäusewandstärke	50 mm
- Gehäuseeigenschaften nach	prEN 1886 (10/2005)
- Mechanische Stabilität	D2
- Gehäuse Leckage	L1
- Filter-Bypass Leckage	F9
- Thermische Isolierung	T2
- Wärmebrückenfaktor	TB2
- Wärmedurchgangszahl des Paneelaufbaues	K = 0,57 W/m ² K

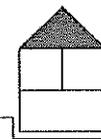


Energierückgewinnung

Berechnung für:		Sommer	Winter
Rückwärmezahl		0.86	0.86
Wirkungsgrad	%	86.2	86.2
Wirkungsgrad Feuchte	% 33.2	85.0	
Rückfeuchtezahl		0.33	0.85
Leistung			
Gesamt	kW	22.7	126.6
Sensibel	KW	16.2	86.3
Befeuchtung	kg/h	-8.56	56.49
Wärmeaustauscher Rotor			
Ausführung		High Performance	
Durchmesser	mm	2330.0	
Gewicht	kg	277	
Elektroanschluss			
Leistung	W	180	
Stromaufnahme	A	0.99	
Spannung/Frequenz	V/Hz	1x230/50	
Berechnung Winter			
Luft		Erhitzer	Kühler
Volumenstrom	m ³ /h	9300	9300

Abluftventilator

Abluft			
Volumenstrom	m ³ /h	21500	
Druck Bezug	bar	1.013	
Temperatur Bezug	°C	20	
Druck			
Summe extern	Pa	500	
Verlust Gerät	Pa	551	
Gesamt	Pa	1224	
Ventilator			
Dynamisch	Pa	86	
Statisch	Pa	1137	
Wirkdruck an Düse	Pa	1925	
Drehzahl Ist	1/min	1539	
Drehzahl Max.	1/min	1840	
Wirkungsgrad	%	79.1	
Leistung an der Welle	kW	9.24	
SFP	kW/m ³ /s	1.74	
Betriebspunkt P_elektrisch	kW		11.24
Wellenleistung max.	kW	0.00	
Schalleistung - unbewertet	dB		101
Schalleistung - A-bew.	dB(A)	97	



Mit einer reduzierten Aufbauhöhe von nunmehr 1,8 m über die Attika ergibt sich nunmehr auch eine gefälligere Ansicht.

5.0.0 Luftverteilung im Saal und Volumenstromregelung

Die günstigste und wünschenswerteste Variante für die volle Belegung mit Stühlen ist der Einzelluftauslass unterhalb des Stuhles, diese ist leider wegen der Mehrzwecknutzung nicht möglich.

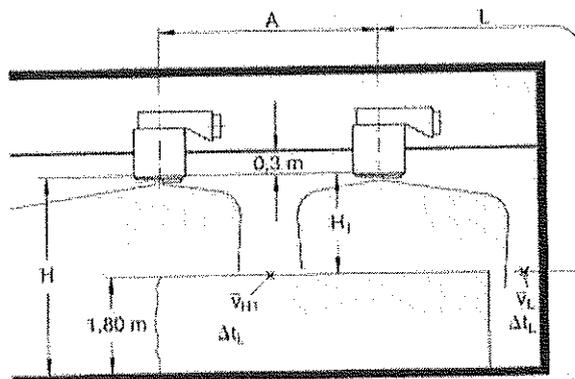
Daher muss auch weiterhin die Zuluftführung entgegen der Thermik des Raumes von oben nach unten geführt werden.

Damit nicht jederzeit mit der vollen Luftmenge gearbeitet werden muss, schlagen wir eine Volumenstromregelung in Abhängigkeit von der jeweiligen thermischen Belastung vor. Hier kann sich die Luftmenge der Personenzahl oder der momentanen Beleuchtungswärme anpassen.

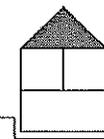
Eine reduzierte Umluftmenge senkt das Geräuschniveau und die Betriebskosten.

Die Volumenstromregler teilen den Raum in Sektoren ein und versorgen die Zonen mit angepassten Luftmengen.

Die ausgewählten Lüftungsgeräte sind ohnehin mit drehzahlregulierten Ventilatoren ausgerüstet.



Wir würden den Bühnenraum mit in den Luftaustausch einbeziehen, da wir ohnehin schon mit einem 12,8 - fachen Luftwechsel an der Grenze des Zumutbaren sind, jedoch haben wir keinen Einfluss auf das ungünstige Verhältnis der Kubatur zur Personenzahl.

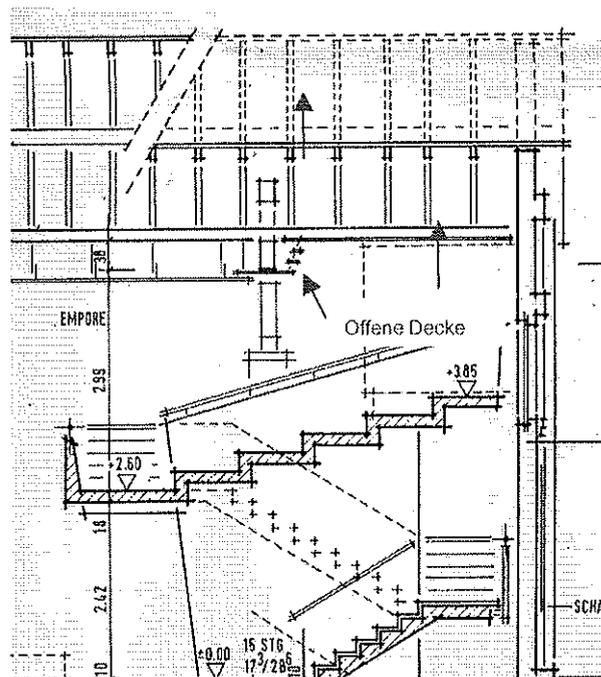
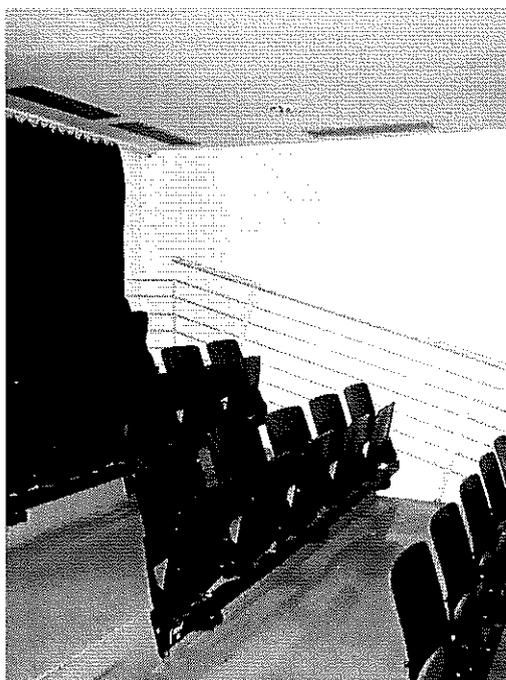


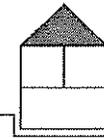
6.0.0 Luftschichtung

Neben den technischen Grenzen aus den vorhergehenden Kapiteln gibt es noch das Problem der Luftschichtung, die sich innerhalb eines 6 m hohen Raums ergibt. Die Personen auf den letzten Reihen der Galerie sitzen in ca. 5 m Höhe. Man geht im allgemeinen von 1 Grad Temperaturdifferenz je m Höhenunterschied aus. Somit wäre die Luft in dieser Höhe um 5 Grad wärmer als am Fußboden, dies wird zukünftig durch den erhöhten Luftwechsel minimiert.

Zusätzlich staut sich die warme Luft derzeit unter der abgehängten Decke, sie bildet eine Schicht, um dann an bestimmten Stellen durch Schlitze nach oben abfließen zu können. Im Planungsgespräch vom August 2008 wurde mit dem Bauherrn vereinbart, dass ganzflächig eine luftdurchlässige Decke installiert wird. Somit staut sich zukünftig die Wärme im Dachdreieck, also außerhalb des Aufenthaltsbereiches der Personen auf der Galerie.

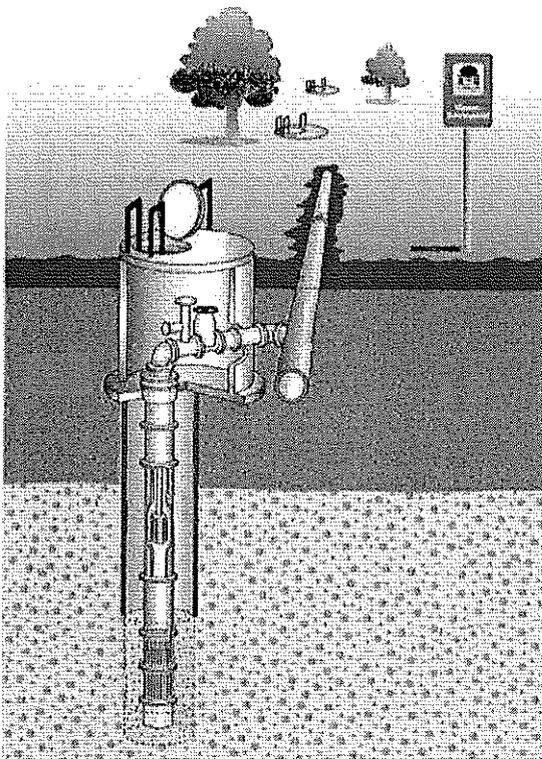
Diese offene oder nicht vorhandene Zwischendecke war auch Teil der ursprünglichen Planung. Zum Verständnis bilden wir hier den damals geplanten Zustand aus der Originalzeichnung des Architekten ab.





7.0.0 Brunnenanlage

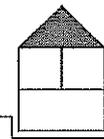
Vor und hinter dem Gebäude wird je ein Grundwasserbrunnen zu errichten sein. Hier eignen sich der Innenhof am Eingang des Gebäudes wie auch der Parkplatz hinter dem Gebäude zur Bohrung eines Brunnens. Diese sind bodengleich und werden nur am Brunnenkopf, der einem Kanaldeckel ähnlich sieht, zu erkennen sein. Die Brunnenpumpe wird in die Brunnenbohrung abgesenkt.



Einen ähnlichen Aufbau hat der Abgabebrunnen, nur dass ihm die Pumpe fehlt. Beide Brunnen werden über eine PVC-Leitung im Erdreich miteinander verbunden. Hierzu muss im entsprechenden Bereich das Pflaster geöffnet werden.

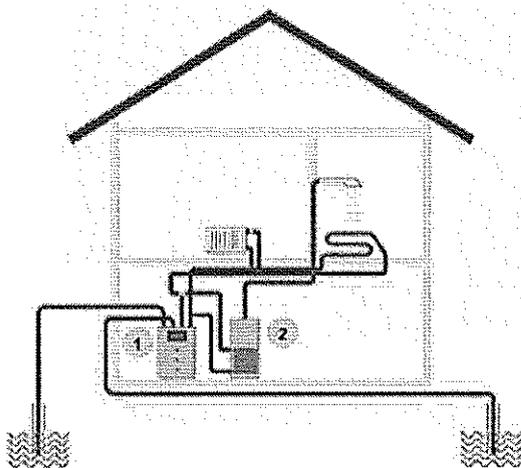
Das geförderte Wasser wird im Sommer um maximal 6°C erwärmt und bestimmt somit die erforderliche Wassermenge von ca. 14 m³/h.

Diese Wassermenge ist ausreichend, um im Winterfall unter Zuhilfenahme einer Wärmepumpe das Gebäude und die Lüftungsanlage zu heizen.



8.0.0 Wärmepumpenanlage

Im Winter wird dem Grundwasser die Wärme entzogen.



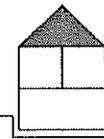
Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe ist im Wesentlichen von der benötigten maximalen Vorlauftemperatur der Heizkreise abhängig. Es sollte eine Grenze von 40°C nicht überschritten werden.

Bei der neu zu errichtenden Lüftungsanlage ist die Vergrößerung des Heizregisters für einen geringen Aufpreis machbar.

Der statische Heizkreis ist dagegen problematisch, weil sämtliche Heizkörper auf $75/55^{\circ}\text{C}$ ausgelegt sind. Eine Reduzierung der Vorlauftemperatur auf 40°C hat eine wesentliche Vergrößerung der Heizflächen zur Folge. In der Praxis wird eine Wärmepumpe bei Gebäuden nach heutigem Wärmedämmstandard eingesetzt.

Eine Kompromisslösung besteht darin, die Heizflächen lediglich in den Nebenräumen zu vergrößern und den großen Saal sowohl über die vorhandenen statischen Heizflächen als auch ergänzend über die Lüftungsanlage nachzuheizen.

Bei dem Einsatz einer Wärmepumpe kann auf den Einsatz von Erdgas zukünftig verzichtet werden.



9.0.0 Veränderung der Energiebilanzen und Energiekosten

Mit dem vorgeschlagenen Konzept wird sich die Energiebilanz aus der Lüftungsanlage positiv verändern. Auch wenn sich die Zuluftmenge im Saal ca. um das dreifache vergrößert, so bleibt dennoch die Frischluftmenge, also die Luft, welche erwärmt werden muss, unverändert, da sich die Personenzahl nicht verändert.

Wärmerückgewinnung

Außerdem wird die Frischluftmenge mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet, so dass ca. 70 –80% des Wärmeeintrags zurückgewonnen werden. Die Berechnung dieser Wärmemenge ist jedoch von der Anzahl der Veranstaltungen und den dann herrschenden Wetterbedingungen abhängig.

Kühlung

Der wichtigste Punkt für die Zukunft ist die Einführung der Kühlung. Hierfür ist keine Kältemaschine erforderlich, die notwendige Kälteenergie wird dem Erdreich entzogen.

Wärmepumpe

Mit Einführung einer Brunnenkühlung für die Lüftung steht umgekehrt für die Heizung eine Energiequelle zur Verfügung. Daher wird zukünftig Erdgas durch verbilligten Strom für die Wärmepumpe ersetzt.

9.1.0 Energiebilanz Theater am Wasserturm

9.1.1 Einsparung durch neue Lüftungsanlage im Vergleich zum Jahr 2007

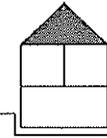
Frischluftmenge	8.000 m ³ /h
Jahresbetriebsstd. 228 Verant. * 4 h. =	912 h/a

Da im Sommer weniger Veranstaltungen als im Winter stattfinden, wird die mittlere Jahrestemperatur statt mit 11,5°C mit 10°C angenommen.

Enthalpie gemäß hx-Diagramm bei 10°C/ 60°C	22 kJ/kg tr.L.
Bei 22°C/ 60°C	<u>47 kJ/kg tr.L.</u>
Differenz	25 kJ/kg tr.L.

Angenommene Rückgewinnung im Wärmetauscher (Rotor mit Feuchtenutzung)	80%
---	-----

Luftdichte	1,2 kg/m ³
------------	-----------------------



Jahresenergieerückgewinnung

$8.000 \text{ m}^3/\text{h} * 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3 * 25 \text{ kJ}/\text{kg} * 80\% * 912 \text{ h}/\text{a} = 48.636 \text{ kW h}/\text{a}$

Bei einem mittleren Gasarbeitspreis in 2007 von 0,068 €/ kW h
ergibt sich aus der Lüftung eine Energieeinsparung von 3.307,24 €/a
 bei Gasgesamtkosten in 2007 von 8.081,34 €/a

Sofern auf eine Wärmepumpe umgestellt wird, würde die Einsparung 1.667,52 € betragen.

9.1.2 Einsparung durch Wärmepumpe im Vergleich zum Jahr 2007

Beim Einsatz einer Wärmepumpe wird in der Regel ein reduzierter Strompreis vereinbart. Wir nehmen hier einen Strompreis von 120 €/MW h an.

Für die zukünftige Berechnung wäre der Gasverbrauch um den Anteil der Einsparung durch Wärmerückgewinnung zu mindern.

Erdgasverbrauch 2007	117.500 kW h/a
Energieerückgewinnung aus der Lüftung	<u>48.636 kW h/a</u>
Verbleibender Energiebedarf	68.864 kW h/a

Kosten hierfür bei Erdgas 68.864 kW h/a * 0,068 €/ kW h 4.682,80 €/a

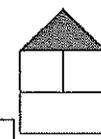
Mit einer Wärmepumpe werden zur Energieerzeugung bei einer Leistungszahl von 3,5 an Strom aufgewandt

Strombedarf	68.864 kWh / 3,5	19.675,40 kW h
Kosten hierfür bei Strom	19.675,40 kW h /a * 0,12 €/ kW h	2.361,00 €/a

Einsparung bei Einsatz einer Wärmepumpe

Kosten Erdgas 68.864 kW h/a * 0,068 €/ kW h	4.682,80 €/a
Kosten Strom 19.675,40 kW h /a * 0,12 €/ kW h	<u>2.361,00 €/a</u>
Einzusparende Summe	2.321,80 €/a

Diese Vergleichszahlen gelten nur für das Jahr 2007. Bekanntlich sind in der Folgezeit Strom- und Gaskosten gestiegen, aber auch wieder gefallen. Ebenso ist der Jahresverbrauch nicht konstant. Das Jahr 2007 war extrem niedrig. Im Jahr 2005 war der Energieverbrauch um 26% höher bei ungefähr gleicher Veranstaltungszahl.



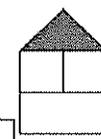
10.0.0 Kostenschätzung

10.1.0 Lüftungsanlage

Demontage und Krangestellung	6.000 €
Zusätzlicher Wärmetauscher	4.000 €
Verrohrung Kaltwasser + Rückkühlung	12.300 €
Verrohrung Heizungsseite	3.500 €
Wärmedämmung	3.000 €
Lüftungsgerät	56.500 €
Bühne für Lüftungsgerät	8.000 €
Kanäle incl. Wärmedämmung	19.000 €
Luftauslässe	11.800 €
Regelung + Schaltschrank	12.000 €
Regelung für Luftauslass +Volumenstrom	9.500 €
Interne Verdrahtung	6.500 €
Externe Elektroarbeiten	6.500 €
Profileisen	1.600 €
Rollgerüst	1.000 €
Sonderleistungen	3.500 €
Revisionspläne	900 €

	165.600 €
zuzüglich MWST 19%	31.464 €

Summe	197.064 €



10.2.0 Brunnenanlage zur Kühlung und Heizung

Brunnenbohrungen mit Kopf 2 Stck	20.000 €
Brunnenpumpe mit Steuerung	5.200 €
Kaltwasserleitung Brunnen zu Brunnen	5.300 €
Pflasterarbeiten	2.500 €
Außenwandbohrungen, einschl. Dichtungen	600 €

	33.600 €
zuzüglich MWST 19%	6.384.€

Summe	39.984 €

10.3.0 Wärmepumpenanlage

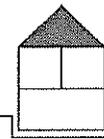
Wärmepumpenanlage, einschl. Pufferspeicher,	
Regelung und Armaturengruppe	29.000 €
Vergrößerung Heizkörper	6.000 €
Verrohrung Kaltwasser + Rückkühlung	5.300 €
Elektroanteil	2.500 €

	42.800 €
zuzüglich MWST 19%	8.132.€

Summe	50.932 €

10.4.0 Gesamtkosten Technik incl. MWST

Lüftung, Brunnen, Wärmepumpe	287.980 €
------------------------------	------------------



11.0.0 Zusammenfassung

In mehreren Entwicklungsstufen wurde gemeinsam mit dem Auftraggeber ein Machbarkeitskonzept für die Kühlung des Zuschauerraumes bei 300 Besuchern und einer intensiven Theaterbeleuchtung entwickelt.

Das Objekt bringt für die erwartete Aufgabe nicht die idealen Voraussetzungen. Es ist thermisch nicht saniert, liegt in einem Wohngebiet mit den gesetzlichen Mindestabständen zu den Nachbarn und hat keine Raumreserven für die Technische Gebäudeausrüstung. Ein passendes Konzept ist eine Herausforderung für die Planung.

Zunächst muss die notwendige Luftmenge zum zugfreien Kühlbetrieb von derzeit 8.000 m³/h auf 21.500 m³/h erhöht werden.

Auf dem Grundstück sind keine Freiflächen für ein so großes Lüftungsgerät vorhanden, daher muss das Gerät zwangsläufig auf dem Dach des Anbaus untergebracht werden. Da diese Fläche nicht ausreichend ist, werden die Schalldämpfer vom Gerät abgekoppelt und auf die Dachfläche des Zuschauerraumes gelegt.

Eine Unterbringung für Kältemaschine und Rückkühlung ist nicht störungsfrei für die Nachbarschaft zu bewerkstelligen und sei es auch nur aus optischen Gründen.

Aus diesem Grund wurde die eine Kühlung mit Grundwasser in Erwägung gezogen. Hier hat ein Geologisches Gutachten die Bedenken beseitigt und eine einwandfreie Funktion mit dem vorhandenen Grundwasser bestätigt.

Da nun ohnehin schon Grundwasser zur Verfügung steht, kann dieses auch für Heizzwecke genutzt werden. Die Kosten des Brunnens sind nicht der Wärmepumpe hinzuzurechnen.

Zum eigentlichen Zweck des Hauses unterbindet die Nutzung als Mehrzweckraum im „Theater am Wasserturm“ die übliche Luftführung für dicht belegte Räume wie Kino, Theater und Hörsäle von unten nach oben.

Eine Ausrüstung mit einer Wärmerückgewinnung sowohl für Kühlung als auch für Wärme ist ab dem Jahr 2009 in jedem Fall zwingend vorgeschrieben.

Aufgestellt, Neuss 16.03.2009