

## Klimahaus® Bremerhaven 8° Ost: Klima- und Energiekonzept

### Nachhaltiges Energiekonzept – Komfort und spektakuläre Klimaerfahrung

Das Klimahaus® ist hinsichtlich der Architektur und der internen Klimabedingungen ein außergewöhnliches Ausstellungsgebäude. Die Entwicklung des Klima- und Energiekonzepts stellte daher bereits in der Planung eine besondere Herausforderung dar. Für täglich bis zu 5.000 Besucher müssen während der üblicherweise mehrstündigen Aufenthaltszeit die geforderten Raumklimabedingungen mit einer guten Frischluftqualität gewährleistet werden. Im Bereich der sogenannten **Reise** sind außerdem auf rund 11.500 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche gezielt spezielle Klimaerfahrungen realistisch zu ermöglichen. Gleichzeitig stand von Anfang an der Anspruch des Betreibers, beim Thema Nachhaltigkeit und CO<sub>2</sub>-Emissionen höchste Maßstäbe anzulegen. Schließlich befasst sich das Klimahaus® selbst intensiv mit dem Klimageschehen und dem Klimawandel.

Transsolar hat das Projekt von der Wettbewerbsphase an begleitet und ein integrales Konzept zur Gebäudeklimatisierung entwickelt. Durch die systematische Reduktion der internen Lasten und des Kältebedarfs um ca. 50% konnte ein Gebäude- und Ausstellungskonzept entwickelt werden, das für die Ausstellungsbereiche **Elemente, Perspektiven, Chancen** sowie das **Foyer** vollständig ohne den Einsatz von mechanischer Kälteerzeugung auskommt und das natürliche Kühlpotential am Standort Bremerhaven über freie Lüftung, Kühltürme und den Einsatz oberflächennaher Geothermie maximal ausnutzt.

### Analyse und Reduktion des Energiebedarfs

Klar ist: Das Klimahaus® benötigt Energie – und mit der Vielzahl an eindrucksvollen interaktiven Experimentier- und Multimedienstationen sowie den Erlebnisräumen der Reise gehen die Anforderungen sogar noch über das typische Profil üblicher Ausstellungsgebäude hinaus. Im Anfang der Konzeptentwicklung stand daher eine eingehende **Analyse** der Gebäudenutzung und des Ausstellungsgeschehens mit dem Ziel, Art und Struktur des **Energiebedarfs** zu verstehen und zu bewerten und die benötigte Energiemenge – unter Wahrung des Ausstellungserlebnisses – so weit wie möglich zu begrenzen und so in möglichst vielen Bereichen die Voraussetzungen für den Einsatz „sanfter“ Klimatisierungskonzepte zu schaffen.

Solare Wärmelasten spielen im Energiegeschehen übrigens trotz der vollständig verglasten Gebäudehülle in den meisten Bereichen keine Rolle, da die Ausstellungsräume im Inneren vom Fassaderaum abgekoppelt sind. Trotzdem erwies sich das Klimahaus® aufgrund seiner Nutzung ganzjährig als Kühlfall, d.h. das Gebäude benötigt dauerhaft Kühlenergie, die das energetische Geschehen gegenüber dem Heizwärmebedarf deutlich dominiert.

Wie kann unter diesen Vorgaben ein effizientes und nachhaltiges Konzept für das Klimahaus® aussehen? Was beeinflusst eigentlich das **Klimaempfinden des Menschen**, und wie lassen sich die verschiedenen **Einflussfaktoren** gezielt in der Gebäudeklimatisierung ausnutzen?

## Mit integraler Planung zu einem innovativen Klimakonzept

Zunächst war es erforderlich, das Gebäude entsprechend der raumklimatischen Anforderungen in verschiedene **Zonen** einzuteilen. Denn neben den speziellen Stationen der Reise, in denen landestypische Klimabedingungen entlang des 8. Längengrades real nachempfunden werden, geht es in großen Teilen des Gebäudes – wie in jedem Haus – darum, für die Besucher ein komfortables Innenraumklima zu schaffen.

Der Kern des Klima- und Energiekonzepts besteht darin, ein Gesamtkonzept aus Gebäude und Klimatechnik zu entwickeln, das darauf ausgerichtet ist, die Gebäudekomponenten und Bauteile selbst mit ihren Eigenschaften möglichst einfach und effizient für die Klimatisierung nutzbar zu machen. Dies erfordert einen **integralen**, gewerkeübergreifenden **Planungsprozess** und eine enge Abstimmung aller Beteiligten, vom Architekt, Bauherr, dem späteren Betreiber und der Haustechnik über den Fassadenplaner bis hin zu den Ausstellungs-, Exponat- und den Medienplanern.

Beispielhaft soll hier erwähnt werden, dass es zusammen mit den beteiligten Ausstellungsplanern gelungen ist, die flächenspezifischen Leistungen für Medien und Kunstlicht von 65 W/m<sup>2</sup> auf typischerweise ca. 40 W/m<sup>2</sup> zu reduzieren, ohne das Ausstellungskonzept zu beschränken – ein notwendiger Schritt, um z.B. Betonkernaktivierung als wesentliches Konzeptelement zu ermöglichen.

## Nächtliche Rückkühlung zur Betonkernaktivierung

Vorrangig sollen am Standort vorhandene natürliche Ressourcen und Umweltenergien direkt eingesetzt werden können, wo immer dies möglich ist. Dabei hilft z.B. die Technik der **Betonkernaktivierung**, bei der die massiven Geschossdecken und ihre Speicherfähigkeit zur regenerativen Bereitstellung der Raumtemperierung genutzt werden: In die Betondecken, die tagsüber überschüssige Wärme aus dem Raum aufnehmen, sind Rohrschlangen aus Kunststoff eingelegt. Nachts zirkuliert durch das Rohrsystem kaltes Wasser, das durch die nächtlich kühlere Luft über einen Kühlturm effizienter gekühlt werden kann und so den Beton entwärmt. Am nächsten Tag steht die Betondecke dann wieder zur Wärmeaufnahme zur Verfügung. Die gekühlten Oberflächen der Betondecken tauschen Ihre Energie dabei hauptsächlich über Wärmestrahlung aus, die – über die Temperatur der Raumluft hinaus – für den thermischen Komfort eine wichtige Rolle spielt. Rund ¾ der Räume in Elemente und Perspektiven können auf diese Weise gekühlt werden.

## Direkte Kühlung durch oberflächennahe Geothermie

Sind in den übrigen Bereichen keine freiliegenden Betondecken nutzbar, kommen Kühldecken zum Einsatz. Da diese selbst kein Speichervermögen besitzen, müssen sie auch tagsüber mit Kälte versorgt werden. Anstelle von Kältemaschinen wird die hierfür nötige Kühlenergie aus einem anderen regenerativen Speicher bezogen: dem Erdreich unterhalb des Klimahaus®, wo im Sommer deutlich niedrigere Temperaturen als in der Außenluft herrschen. Diese Nutzung **oberflächennaher Geothermie** bietet sich an, da das gesamte Gebäude auf insgesamt

770 Betonpfählen gegründet ist, die das Tragwerk rund 20 m tief im Untergrund verankern. 464 dieser Pfähle sind als **Energiepfähle** mit Rohrschlangen belegt, in denen ein Wärmeträgermedium zirkuliert und die somit als Wärmetauscher mit dem Erdreich wirken. Das Energiepfählfeld, das neben den Kühldecken in den Bereichen Elemente und Perspektiven auch die zugehörigen Lüftungsanlagen und die Fußbodenkühlung im Foyer mit Kälte versorgt, stellt eine Spitzenkühlleistung von rund 270 kW zur Verfügung. Auf diese Weise gelingt es, wesentliche Teile des Gebäudes vollständig ohne den Einsatz mechanischer Kühlung zu klimatisieren. Im Winter dient über den gleichen Mechanismus Wärme aus dem Energiepfählfeld zur Vorerwärmung der Zuluft.

## Natürliche Lüftung

Wichtig für das Komfortempfinden ist auch eine gute **Frischluftversorgung**. Die mechanischen Lüftungsanlagen werden dabei soweit wie möglich durch natürliche Lüftung unterstützt. Dies ist v.a. in den Bereichen Elemente, Perspektiven und im zentralen Foyer der Fall, wo bei passenden Außenbedingungen Frischluft direkt über die Fassade ins Gebäudeinnere strömt. Dabei werden die zur Entrauchung erforderlichen Lüftungsklappen in der Außenhaut geöffnet. Besonders im Sommer muss der gläserne Fassadenzwischenraum wirkungsvoll mit Außenluft „durchspült“ werden, um die Aufheizung der Außenluft vor Eintritt in den Raum zu minimieren.

Im Winter dagegen sind die Wärmegewinne aus der Fassade willkommen und dienen zur Vorerwärmung der Frischluft. Die warme Abluft strömt in diesen Bereichen auf natürliche Weise über offene Lufträume frei nach oben ab, was den Aufwand für Lüftungskanäle und Lufttransport reduziert. Eine Wärmerückgewinnung entzieht der Abluft vor dem Austritt ins Freie ggf. die noch nutzbare Wärmeenergie. Im Sommer dient die natürlich unterstützte Lüftung außerdem als **Nachtluftspülung** zur weiteren nächtlichen Entwärmung des Gebäudes.

In Abbildung 1 ist das Klimakonzept am Beispiel des Ausstellungsbereiches Elemente, das sich ähnlich auch in den Perspektiven wiederfindet, schematisch dargestellt. Weitere Konzeptbestandteile zeigt der Schnitt durch das Gebäude in Abbildung 2.

## Aktive Kühl- und Heizsysteme

Der Einsatz der natürlichen Ressourcen hat jedoch seine Grenzen, wenn deren Potential erschöpft ist oder wenn ganzjährig extreme Klimabedingungen erzeugt werden sollen, wie beispielsweise die trockene Hitze des Niger, die Schwüle in den Tropen oder die eisige Kälte und Dauerfrost der Antarktis. Hier geht es nicht ohne Heizung und Kältemaschinen. In diesen Fällen muss maschinelle Klimatechnik zum Einsatz kommen. Die Wärme für das Klimahaus® kommt – neben der vorrangigen Nutzung der eigenen Abwärme über Wärmerückgewinnung – als **Fernwärme** aus dem Bremerhavener Müllheizkraftwerk. Im Sommer, wenn allgemein wenig Wärme benötigt wird, steht diese Energieform im Überfluss und besonders günstig zur Verfügung. Daher ist es vorteilhaft, diese Wärmeenergie über **Sorptionstechnik**, d.h. thermo-chemische Prozesse, zur Kälteerzeugung einzusetzen. Im Klimahaus® eignet sich die Kühlung der zahlreichen Aquarien, in

denen ständig eine Wassermenge von über 500 m<sup>3</sup> innerhalb relativ enger Grenzen temperiert werden muss, besonders für den Einsatz dieser Technik. Eine **Absorptionskältemaschine** auf Lithium-Bromid-Basis ist speziell für diesen Zweck installiert. Sie erzeugt aus einer Heizleistung von 84 kW aus Fernwärme eine Kälteleistung von 65 kW. Auch zur sommerlichen Kühlung der Frischluft für große Teile des Bereiches Reise wird Wärmeenergie zur Kälteerzeugung eingesetzt. Die entsprechende Lüftungsanlage mit einer Luftmenge von rund 35.000 m<sup>3</sup>/h ist mit einem sog. **Desiccant Cooling System (DCS)** ausgestattet, das Fernwärme in eine Kälteleistung von 85 kW wandelt.

### **Strom aus erneuerbaren Energiequellen**

Natürlich wird im Klimahaus® trotzdem noch eine Menge Strom benötigt, für den Betrieb von Kältemaschinen z.B. für die Eisherstellung in der Antarktis, aber v.a. auch für Medien, die Exponate und die Beleuchtung. Seinen Bedarf an elektrischer Energie deckt das Klimahaus® dabei mit zertifiziertem **Ökostrom**. Das heißt konkret, dass der gesamte Strombedarf vollständig mit regenerativ erzeugten Energieformen aus **Wind- und Wasserkraftanlagen** gedeckt wird. Damit liegt die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Betrieb des Klimahaus® praktisch bei Null, genauer gesagt bei rund 400 g CO<sub>2</sub> pro Besucher (ca. 290 g für die Klimatisierung und ca. 110 g für Kunstlicht, Exponate und Medien). Das entspricht ca. 1% der täglichen CO<sub>2</sub>-Emissionen eines durchschnittlichen Bundesbürgers oder einer Fahrt von ca. 3 km mit dem PKW.

Zusätzlich zeigt das Klimahaus® auch, wie die eigene Stromerzeugung multifunktional ins Gebäude integriert werden kann: In das Glasdach der Plaza sind monokristalline Photovoltaik-Zellen direkt in den Isolierglas-Aufbau eingebaut. Die so realisierte **Photovoltaik-Anlage** hat eine elektrische Leistung von 37 kW. Dabei reduzieren die schwarzen Zellen die Sonneneinstrahlung in der Plaza auf unter 20% und wirken so gleichzeitig als Sonnenschutz. Die pro Jahr produzierte Energiemenge reicht aus, um den Strombedarf des Ausstellungsbereichs Chancen zu decken.

## **Edutainment Center, Klimahaus® Bremerhaven 8° Ost**

**Bauherr:** Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alter/Neuer Hafen (BEAN) mbH & Co. KG, Bremerhaven

**Betreiber:** Klimahaus® Betriebsgesellschaft mbH, Bremerhaven

**Realisierungsbetreuung und Ideenentwicklung:** Petri & Tiemann GmbH, Freizeit und Edutainment, Bremen

**Laufzeit:** 2003 bis 2009

**Fertigstellung / Bezug:** 06/2009

**Bruttogeschoßfläche:** 18.800 m<sup>2</sup>

**Architekt:** Klumpp Architekten, Bremen

**Architekt Ausführung:** agn, Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren

**Tragwerksplanung:** ARGE Prof. Bellmer Ingenieurgruppe GmbH, Bremen

**Ausstellungsplaner:** Kunstraum GfK, Hamburg

**Haustechnik (LP 3-9):** Schmidt Reuter GmbH, Köln

**Planung Photovoltaikanlage:** Baumgartner GmbH, Kippenheim

**KlimaEngineering:** Transsolar Energietechnik GmbH, München, Wolfgang Kessling, Christian Oberdorf

**Auftraggeber / Förderung:** Die Entwicklung des Energie und Klimakonzeptes erfolgte bis Phase 3 im Auftrag des Generalplaners und Bauherrn. Ab Phase 3 wurde die integrale Planung durch Petri und Tiemann mit Mitteln der Bundesstiftung Umwelt und der Bremer Energiekonsens zusätzlich unterstützt.

KLIMA- UND ENERGIEKONZEPT

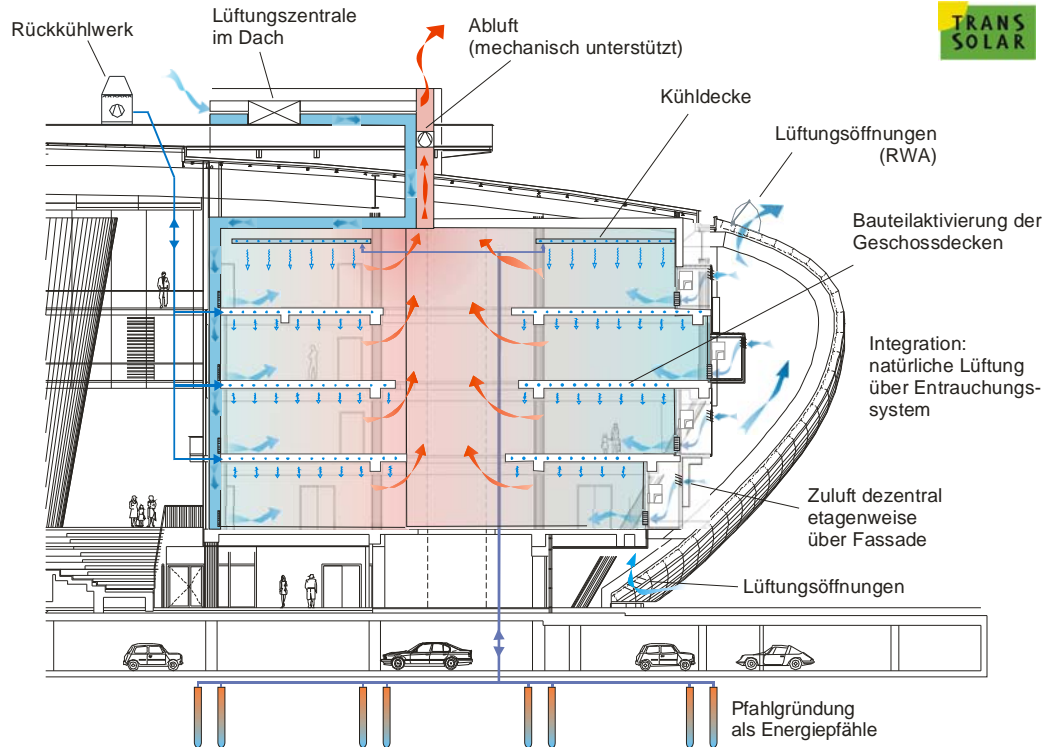


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Klima- und Energiekonzepts für den Ausstellungsbereich Elemente im Sommerfall

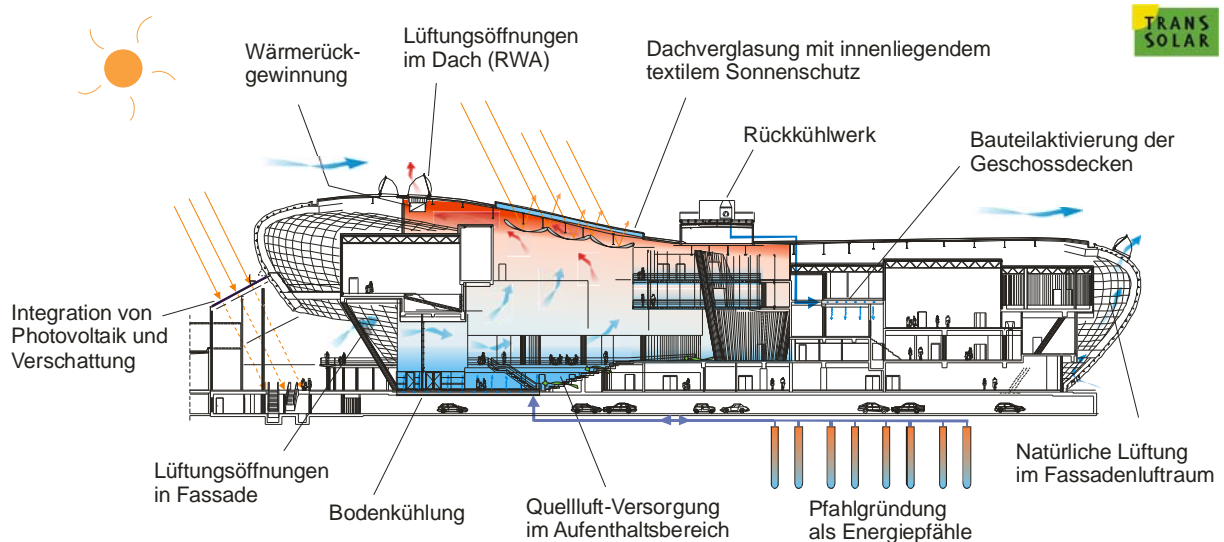


Abbildung 2: Schematische Darstellung einiger Elemente des Klima- und Energiekonzepts im Längsschnitt durch das Klimahaus®