

Integrales Energie- und Gebäudekonzept für ein Verwaltungsgebäude

Dipl.-Ing. Architekt Eberhard Fichter, ARCHITRAV ARCHITEKTEN, Händelstr. 18, 76185 Karlsruhe, Tel.: 0721/56597-0, Fax: 0721/56597-33

Prof. A. Wagner, Dipl.-Ing. Richard Maiwald, Dipl.-Ing. Mathias Wambsganß, Universität Karlsruhe, Lehrbereich Bauphysik
und Technischer Ausbau, Englerstr. 7, D-76128 Karlsruhe, Tel.: 0721/608-2178, Fax: 0721/608-6092

Dipl.-Phys. Andreas Gerber, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Oltmannstr. 5, 79100 Freiburg, Tel.: 0761/ 4588-130

Eine nennenswerte Reduzierung des Gesamtenergiebedarfs von Gebäuden ist nur dann möglich, wenn das Energiekonzept neben städtebaulichen, funktionalen, formalen u.a. Gesichtspunkten zum gleichberechtigten Entwurfskriterium wird. Aus diesem Grund wurde bei diesem Gebäudeentwurf schon in den ersten Entwurfsschritten eine Zusammenarbeit der beteiligten Planer, einschließlich der Universität Karlsruhe, initiiert. Dies setzt ein zum Teil in Vergessenheit geratenes Verständnis von Architektur, Planen und Bauen seitens aller am Planungsprozeß Beteiligten voraus. Wichtig ist weiterhin, daß im Rahmen der Bearbeitung von energie- und komfortrelevanten Fragestellungen die spezifische Nutzung des Gebäudes berücksichtigt wird, da sich sonst u.U. wohlgemeinte (auch solare) Lösungen zur Reduzierung eines Energiebedarfssektors als Bumerang für andere Bereiche entpuppen können. Zielgröße muß deshalb die Primärenergiekennzahl für den gesamten Energiebedarf sein, woraus sich die Bedeutung des elektrischen Energiebedarfs (vor allem im Nichtwohnungsbau) zwangsläufig ergibt.

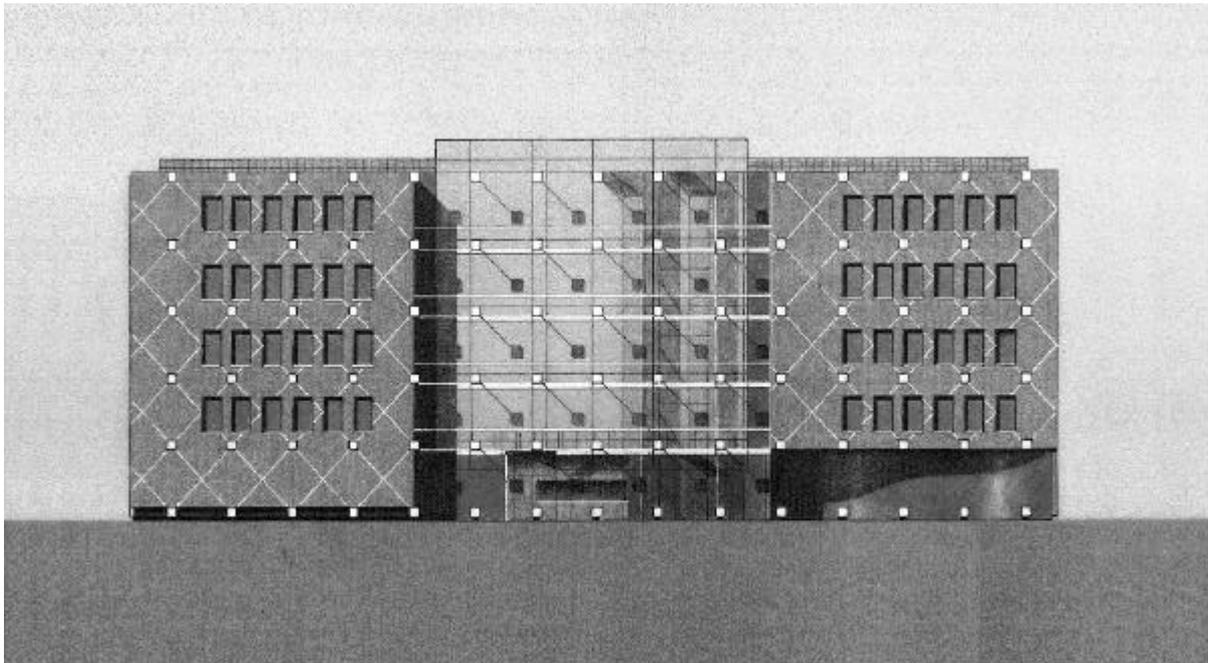


Abb.1 Ostansicht (Wettbewerbsgraphik)

Vor diesem Hintergrund soll in diesem Beitrag ein integrales Energie- und Gebäudekonzept für ein Verwaltungsgebäude (Abb.1) vorgestellt werden, das im Auftrag der Deutschen Bahn AG in einem Planungsteam aus Bauherrn/Nutzer, Architekten, Fachplanern und beratenden wissenschaftlichen Institutionen entwickelt wurde. Ziel der Planung war ein Gebäude, das bei hohem Benutzerkomfort einen minimierten Gesamtenergiebedarf zum Heizen (Prognose aus Simulationsrechnungen $35\text{kWh/m}^2\text{a}$), Lüften, Kühlen (Prognose aus Simulationsrechnungen: kein Kühlbedarf in den Büros) und Beleuchten aufweist. Der CO_2 bewertete Gesamtenergiebedarf (Wärme, Kälte, Lüftung, Licht) darf nicht über $100\text{kWh/m}^2\text{a}$ liegen. Dies wird zum gro-

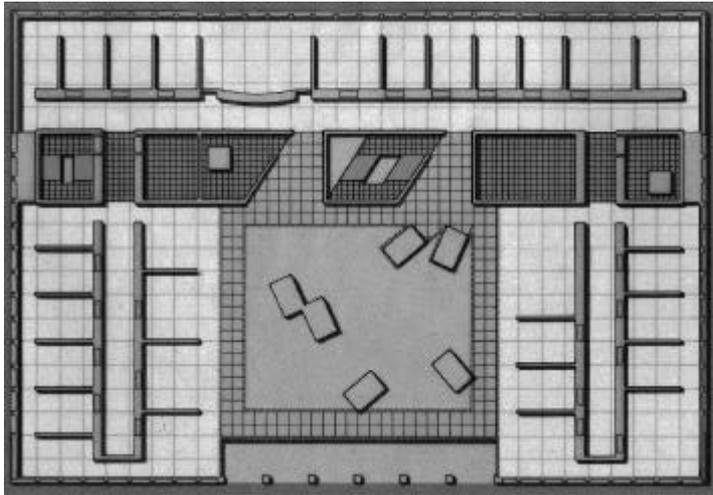


Abb.2 Regelgeschoß (Wettbewerbsgraphik)

Bestandteile des Energiekonzepts sind ein **Erdwärmetauscher** zur Temperierung der Zuluft, sowie ein dreiseitig eingebundenes **Atrium** als Verkehrs- und temporäre Aufenthaltszone. Die folgende Beschreibung des Projektes zeigt die Möglichkeiten des Gebäudes, auf unterschiedliche klimatische Bedingungen zu reagieren. Dabei gehen die beteiligten Planer davon aus, daß das Atrium als konditionierter Außenbereich betrachtet wird. Das Gebäude- und Energiekonzept stellt sich dann wie folgt dar:

Tagbetrieb Sommer normal:

Die direkt an die Außenluft grenzenden Bürozon (drei pro Geschoß) werden durch manuell öffnbare Fenster individuell von den Nutzern gelüftet. Die sommerliche Überhitzung der Büros wird durch einen geeigneten außenliegenden Sonnenschutz in Verbindung mit einer Tageslichtumlenkung im Oberlichtbereich und der später beschriebenen Nachtkühlung verhindert. Durch den lichtlenkenden Sonnenschutz können zudem die internen Lasten durch Reduktion des Kunstlichtanteiles begrenzt werden. Die Multifunktionszonen (siehe Abb.3) werden mit mechanischer Zu- und Abluft versorgt. Dabei wird die Zuluft über den Erdwärmetauscher (EWT) angesaugt und gegenüber der Außenluft um max. 8 K - 10 K abgekühlt. Die Luftmenge kann dabei in Abhängigkeit der Belegung pro Geschoß geregelt werden. Die Abluft aus diesen Zonen wird über Dach nach außen abgegeben.

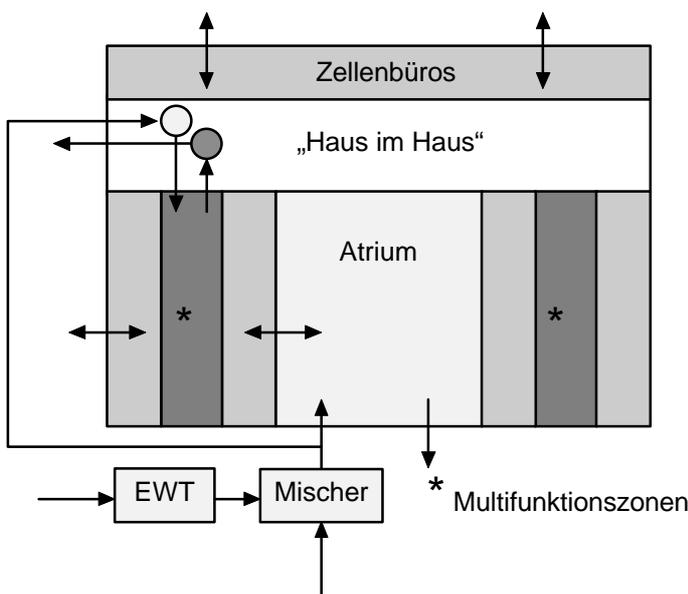


Abb.3: Schemadarstellung Tagbetrieb Sommer normal exemplarisch linker Büroflügel)

ßen Teil über architektonische Maßnahmen erreicht, wodurch sich der Bedarf an technischen Anlagen reduziert. Damit sind für den Betreiber des Gebäudes geringe Energiekosten und zugleich ein verminderter Bedienungs- und Wartungsaufwand zu erwarten (Reduktion der 2. Miete).

Das Gebäude selbst ist Teil des einfachen und überschaubaren Energiekonzepts. Weitestgehend natürliche Lüftung, passive Kühlung und gute Tageslichtbeleuchtung, jeweils direkt durch den Nutzer beeinflussbar, sorgen für eine hohe Arbeitsplatzqualität. Wichtigste Bestandteile des Energiekonzepts sind ein **Erdwärmetauscher** zur Temperierung der Zuluft, sowie ein dreiseitig eingebundenes **Atrium** als Verkehrs- und temporäre Aufenthaltszone.

Das Gebäude selbst ist Teil des einfachen und überschaubaren Energiekonzepts. Weitestgehend natürliche Lüftung, passive Kühlung und gute Tageslichtbeleuchtung, jeweils direkt durch den Nutzer beeinflussbar, sorgen für eine hohe Arbeitsplatzqualität. Wichtigste Bestandteile des Energiekonzepts sind ein **Erdwärmetauscher** zur Temperierung der Zuluft, sowie ein dreiseitig eingebundenes **Atrium** als Verkehrs- und temporäre Aufenthaltszone. Die folgende Beschreibung des Projektes zeigt die Möglichkeiten des Gebäudes, auf unterschiedliche klimatische Bedingungen zu reagieren. Dabei gehen die beteiligten Planer davon aus, daß das Atrium als konditionierter Außenbereich betrachtet wird. Das Gebäude- und Energiekonzept stellt sich dann wie folgt dar:

Tagbetrieb Sommer normal:

Die direkt an die Außenluft grenzenden Bürozon (drei pro Geschoß) werden durch manuell öffnbare Fenster individuell von den Nutzern gelüftet. Die sommerliche Überhitzung der Büros wird durch einen geeigneten außenliegenden Sonnenschutz in Verbindung mit einer Tageslichtumlenkung im Oberlichtbereich und der später beschriebenen Nachtkühlung verhindert. Durch den lichtlenkenden Sonnenschutz können zudem die internen Lasten durch Reduktion des Kunstlichtanteiles begrenzt werden. Die Multifunktionszonen (siehe Abb.3) werden mit mechanischer Zu- und Abluft versorgt. Dabei wird die Zuluft über den Erdwärmetauscher (EWT) angesaugt und gegenüber der Außenluft um max. 8 K - 10 K abgekühlt. Die Luftmenge kann dabei in Abhängigkeit der Belegung pro Geschoß geregelt werden. Die Abluft aus diesen Zonen wird über Dach nach außen abgegeben.

Die an das Atrium grenzenden Bürozon (zwei pro Geschoß) werden ebenfalls durch manuell öffnbare Fenster zum Luftraum des Atriums gelüftet. Aus diesem Grund muß sichergestellt sein, daß dem Atrium eine ausreichende Frischluftmenge zugeführt wird. Diese Frischluft wird wiederum über den EWT angesaugt, abgekühlt und sorgt so in Verbindung mit dem innenliegenden Sonnenschutz für ein Temperaturniveau im Atrium unterhalb der Außenlufttemperatur. Die Regelung der Zuluftmenge in das Atrium wird im Sommerfall über die Lufttemperatur im Atrium bestimmt.

Nachtbetrieb Sommer:

Nach Büroschluß wird, bei entsprechend hohem Temperaturniveau in den Büros, die Nachtkühlung zum „entladen“ der Speichermassen von den tagsüber eingebrachten thermischen Lasten gestartet. Dazu wird die Luft über den EWT angesaugt, temperiert und mit einem erhöhten Volumenstrom in die Multifunktionszonen, die beiden Bürozonon pro Geschloß und Flügel und die Bürobereiche im Gebäuderücken eingebracht. Die einzelnen Geschosse können individuell nach Bedarf und Nutzung (z.B. 24h Betrieb im 1.OG Süd) mit Zuluft angefahren werden. Durch Überströmklappen in der Außenwand und in der Abtrennung zwischen Büro und Atrium, wird die Luft in den Außenraum bzw. in das Atrium gedrückt. Bei entsprechender Außenlufttemperatur kann eine Mischung der Außenluft mit der im EWT gekühlten Luft erfolgen bzw. ganz auf Außenluftbetrieb umgestellt werden. Damit kann dem am EWT liegenden Erdreich entsprechende Zeit zur Regenerierung eingeräumt werden. Durch den Einsatz des EWT ist es möglich über eine längeren Zeitraum in der Nacht bei hoher Temperaturdifferenz (8 K - 10 K) und niedrigem Volumenstrom das Gebäude zu „entladen“. Damit sind die elektrischen Verbräuche durch die Lüfter, gegenüber einer Variante mit Außenluft (kleinere Temperaturdifferenz - damit größerer Volumenstrom) wesentlich geringer. Das Atrium wird, unterstützt durch den thermischen Auftrieb, als Abluftzone aktiviert.

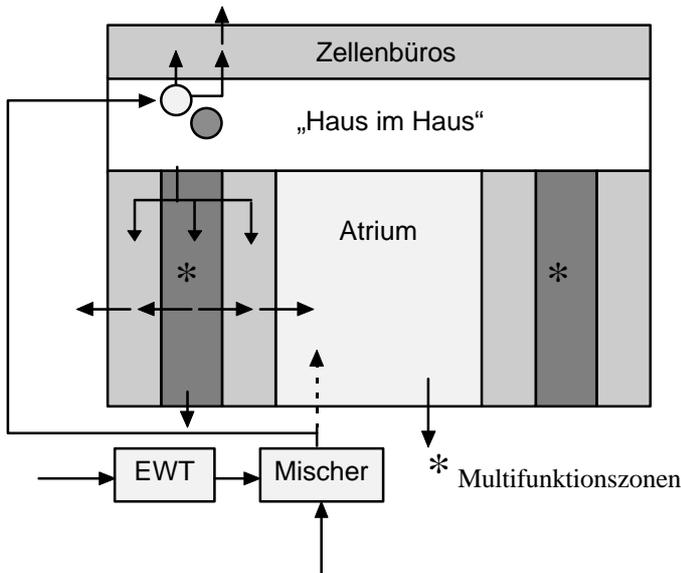


Abb.4: Schemadarstellung Nachtbetrieb Sommer (exemplarisch linker Büroflügel)

Bei entsprechender Außenlufttemperatur kann eine Mischung der Außenluft mit der im EWT gekühlten Luft erfolgen bzw. ganz auf Außenluftbetrieb umgestellt werden. Damit kann dem am EWT liegenden Erdreich entsprechende Zeit zur Regenerierung eingeräumt werden. Durch den Einsatz des EWT ist es möglich über einen längeren Zeitraum in der Nacht bei hoher Temperaturdifferenz (8 K - 10 K) und niedrigem Volumenstrom das Gebäude zu „entladen“. Damit sind die elektrischen Verbräuche durch die Lüfter, gegenüber einer Variante mit Außenluft (kleinere Temperaturdifferenz - damit größerer Volumenstrom) wesentlich geringer. Das Atrium wird, unterstützt durch den thermischen Auftrieb, als Abluftzone aktiviert.

Tagbetrieb Sommer extrem:

Das Gebäude wird über den größten Teil des Jahres zu Betriebszeiten über Fensterlüftung nach den oben beschriebenen Szenarien mit Frischluft versorgt. Es kann aber so flexibel betrieben werden, daß bei extremen Wetterlagen oder auch einer markanten Nutzungsänderung (höher Lasten, dichtere Belegung) im Konzept vorgesehene Reserven eingesetzt werden können. In absoluten Spitzenzeiten kann dazu über den EWT vortemporierte Luft in die Bürozonen eingebracht werden („Spitzenlastkühlung“). Diese Variante ist im Sinne einer assistierten Lüftung zu verstehen. Die Folge wäre jedoch ein Ansteigen der elektrischen Verbräuche, da sich längere Laufzeiten für die Lüftungsanlage und ein Anstieg der Temperatur im Atrium ergeben können, da nur noch ein Teilvolumenstrom des EWT zur Verfügung steht. Es ist noch zu untersuchen, wie sich in diesem Fall das vorhandene Potential des EWT am günstigsten auf die Büros und das Atrium verteilen läßt, um in

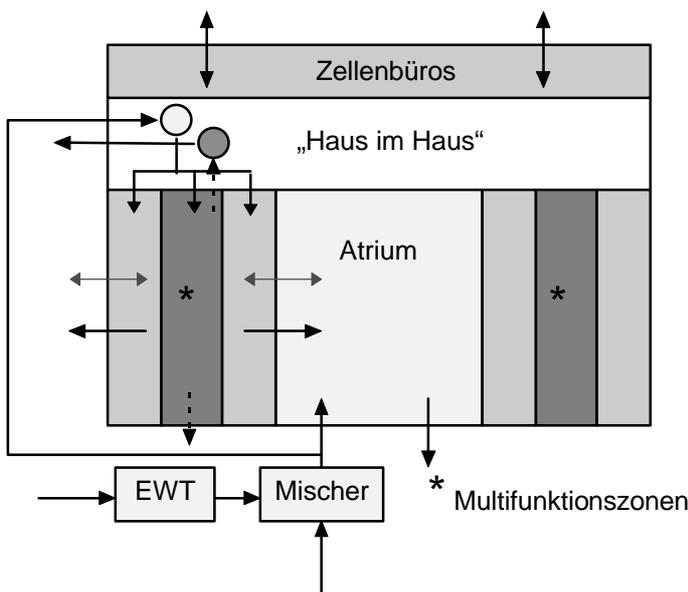


Abb.5: Schemadarstellung Tagbetrieb Sommer **extrem** (exemplarisch linker Büroflügel)

Es kann aber so flexibel betrieben werden, daß bei extremen Wetterlagen oder auch einer markanten Nutzungsänderung (höher Lasten, dichtere Belegung) im Konzept vorgesehene Reserven eingesetzt werden können. In absoluten Spitzenzeiten kann dazu über den EWT vortemporierte Luft in die Bürozonen eingebracht werden („Spitzenlastkühlung“). Diese Variante ist im Sinne einer assistierten Lüftung zu verstehen. Die Folge wäre jedoch ein Ansteigen der elektrischen Verbräuche, da sich längere Laufzeiten für die Lüftungsanlage und ein Anstieg der Temperatur im Atrium ergeben können, da nur noch ein Teilvolumenstrom des EWT zur Verfügung steht. Es ist noch zu untersuchen, wie sich in diesem Fall das vorhandene Potential des EWT am günstigsten auf die Büros und das Atrium verteilen läßt, um in

allen Bereichen ein Temperaturoptimum zu erreichen.

Tagbetrieb Winter:

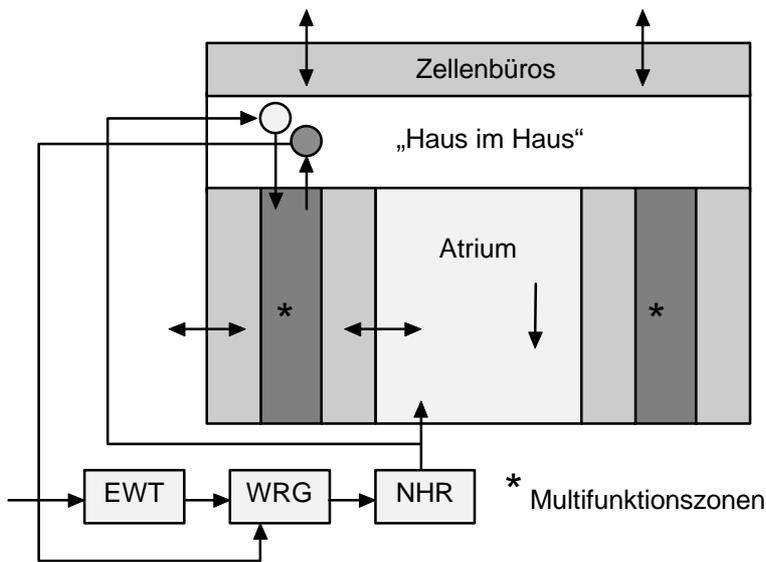


Abb.6: Schemadarstellung Tagbetrieb Winter (exemplarisch linker Büroflügel)

In diesem Fall werden die außenliegenden Büros durch Fensterlüftung abhängig vom Benutzer mit Frischluft versorgt. Die innenliegende Multifunktionszone wird analog zum Sommerfall „Tag“ mit der nötigen Zu- und Abluft versorgt. Die Zuluft wird dabei über EWT und Wärmerückgewinnung (WRG) vortemperiert und in einem Nachheizregister auf komfortable Temperaturen erwärmt. Die Bürozone zum Atrium greifen ebenfalls über Fensterlüftung auf den Luftraum des Atriums zu. Die hier benötigten Luftmengen werden dazu über EWT und evtl. ein Nachheizregister (NHR) vortemperiert in das Atrium eingeblasen (min Temp. 10°C). Die Zu- luftmenge wird dabei durch Mes-

sung der Luftqualität im Atrium bestimmt. Als Option ist auch bei diesem Fall die assistierte Lüftung zu sehen. Sie ermöglicht die Nutzung des im EWT vorhandenen Potentials in den Bürozone zur Reduktion des Heizenergiebedarfs durch Verminderung der Lüftungswärmeverluste. Allerdings muß sorgfältig geprüft werden, ab wann das Einsparpotential auf der Heizungsseite durch elektrische Verbräuche (Ventilatoren) kompensiert wird.

In allen Bürozone sind statische Heizkörper zur individuellen Anpassung der Raumlufttemperatur durch die Nutzer vorgesehen.

Nachtbetrieb Winter:

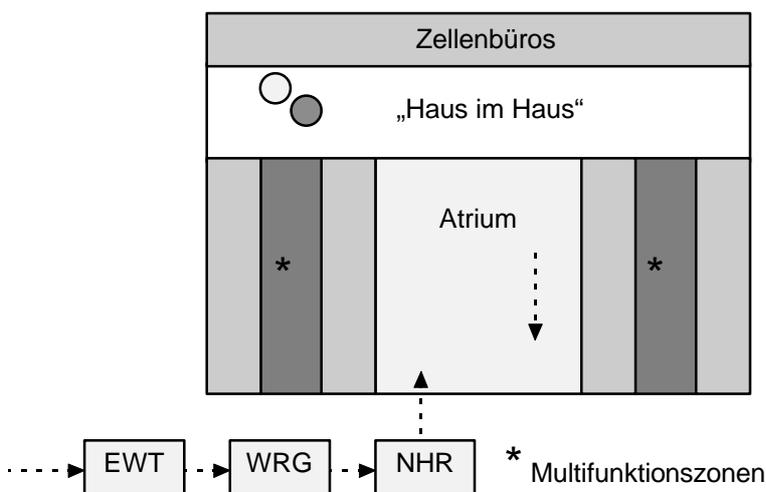


Abb.7: Schemadarstellung Nachtbetrieb Winter (exemplarisch linker Büroflügel)

In den außenliegenden Büros unterscheidet sich dieser Fall nicht von einem konventionell geplanten Bürogebäude. Je nach Regelung der Heizungsanlage wird eine Nachtabsenkung erfolgen. In den Multifunktionszone wird die mechanische Lüftungsanlage ausgeschaltet bzw. falls erforderlich auf einen minimalen hygienischen Luftwechsel reduziert. In den an das Atrium grenzenden Büroräumen wird die statische Heizanlage wie in den anderen Büroflächen behandelt. Das thermische Verhalten des Atriums ist Gegenstand einer weiteren Untersuchung, um Regelungskonzepte für den Nachtbetrieb des EWT zu erhalten.

Fazit:

Die aus energetischen Überlegungen und durchgeführten Simulationen (Energie, Tageslicht) resultierenden wichtigsten Merkmale des Gebäudekonzepts sind:

- Kompakte Bauform zur Verringerung der Transmissionswärmeverluste bei gleichzeitig hohem Dämmstandard der Gebäudeaußenhülle.
- Atrium als Puffer und gebäudeinterne Verkehrszone mit temporärer Aufenthaltsmöglichkeit bei entsprechenden passiven Solargewinnen.
- Fensterlüftung für alle Einzel- und Doppelbüros durch Limitierung der Zonentiefen; dabei profitieren die nach innen gerichteten Büros von der im Atrium über den EWT vortemperierten Luft.
- Temperierung der Zuluft für das Atrium und die innenliegenden Kombizonen über einen Erdwärmetauscher.
- Passive Klimatisierung des Gebäudes durch die konsequente Reduzierung externer Lasten (reduzierter Verglasungsanteil, Sonnenschutz) und das Einbringen von aktivierbaren Speichermassen.
- Entladen der gebäudeinternen Speichermassen über nächtliche Durchspülung des Gebäudes mit erhöhtem Luftwechsel; dabei wird der Kamineffekt des Atriums ausgenutzt.
- Nutzen von Tageslicht durch entsprechende Dimensionierung und Anordnung der Fensterflächen, durch Lichtlenksysteme und durch geeignete Raumtiefen. Für Bildschirmarbeitsplätze wird über einen Sonnen/Blendschutz eine kontrastarme Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld erreicht.
- Tageslichtabhängige Regelung des Kunstlichts über ein Bussystem, das weiterhin zur Regelung der Lüftung und Heizung herangezogen wird.
- Erst die Summe der Einzelmaßnahmen garantiert ein Gebäude mit hohem Komfort für die Nutzer bei niedrigem Energieverbrauch.

Neben den Erkenntnissen über das Zusammenspiel von Gebäude und Haustechnik aus den planungsbegleitenden Simulationen, die letztendlich zu der nun realisierbaren Lösung führten, zeigte sich während des Planungsprozesses deutlich, daß die energetisch günstigste Lösung für alle Beteiligten einen erheblichen Planungsmehraufwand bedeuteten. Dabei mußte auch immer wieder auf Änderungswünsche seitens des Bauherrn/Nutzers Rücksicht genommen werden bzw. mußte untersucht werden, inwieweit die gewählte Lösung mit einem deutlich reduzierten Aufwand an Gebäudetechnik (und damit auch Kosten) bei veränderter Nutzung stabil bleibt.