

# The Integrated Design Process for low energy office buildings

Ernst Blümel, Christian Fink, Werner Weiß  
AEE INTEC, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE  
Institut für Nachhaltige Technologien  
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf  
Tel.: +43-3112 / 5886, Fax: DW -18  
e-mail: office@aee.at

## 1 Einleitung

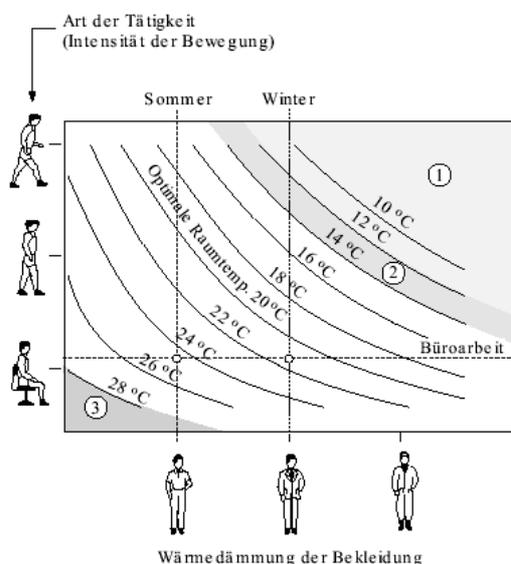
Der Betrieb von hunderttausenden Büro- und Verwaltungsgebäuden in Europa sorgt für einen enormen jährlichen Energieverbrauch. Nicht nur die Wärmeversorgung spielt in dieser Hinsicht eine Rolle, sondern in zunehmendem Maße ist es die Klimatisierung, die entscheidende Anteile am Energieverbrauch einnimmt. So beträgt alleine der Kühlbedarf im Jahr 2000 in Büro- und Verwaltungsgebäuden innerhalb der EU 193 PJ, was einem Erdöläquivalent von 4.608 Mto gleichkommt (EU, 2000) - bei steigender Tendenz.

In Jahreskostenbetrachtungen von Dienstleistungsunternehmen dominieren in der Regel die Gehälter der Mitarbeiter. Energiekosten machen in solchen Aufstellungen zumeist nur einen kleinen Teil aus. Wegen der hohen Bedeutung der Personalausgaben, stehen für die Betriebe optimale Bedingungen am Arbeitsplatz im Mittelpunkt bei Gebäudeplanungen bzw. sind häufig Anlass für Sanierungsarbeiten. Nur mit Gebäuden hoher Nutzungsqualität (Behaglichkeit) lassen sich langfristig gesehen sichere Renditen erzielen.

## 2 Behaglichkeit bei geringstem Energieverbrauch

Ein wesentlicher Faktor bei der Beurteilung von „Nutzungsqualität“ und „Behaglichkeit“ ist die Temperatur am Arbeitsplatz. Wobei sich Menschen gegen niedrige Temperaturen sogar besser schützen können als gegen hohe. Eine Schweizer Studie (M. Zimmermann, 1999) zeigt deutlich, dass ein Mensch in sommerlicher Bekleidung und sitzender Beschäftigung bei einer Raumtemperatur von 23°C seine höchste Leistungsfähigkeit besitzt. Steigt die Temperatur darüber, sinkt die Leistungsfähigkeit enorm. Bei Temperaturen am Arbeitsplatz von beispielsweise 28°C sinkt die Produktivität um 25%.

Berücksichtigt man die Ergebnisse einer Studie der Arbeiterkammer Wien (Arbeiterkammer Wien, 2001), die besagt, dass 28,3 % aller Erwerbstätigen über zu hohe Temperaturen am Arbeitsplatz klagen, zeigen diese Zahlen enormes Steigerungspotenzial der Produktivität durch Steigerung der Behaglichkeit.



Raumtemperatur = Mittelwert von Lufttemperatur und Temperatur der Umgebungsflächen

- ① für Arbeitsplätze zu tiefer Temperaturbereich
- ② für Arbeitsplätze bedingt geeigneter Temperaturbereich (z.B. in Kühlbereichen in der Lebensmittelverarbeitung)
- ③ für Arbeitsplätze zu hoher Temperaturbereich (Ausnahme: einige heiße Sommertage)

Abbildung 1: Mittlere behagliche Raumtemperatur in Abhängigkeit von der Art der Tätigkeit und der Bekleidung (ISO EN 7730)

Im Vergleich zu Wohngebäuden benötigen Büro- und Verwaltungsgebäude bei meist geringerem Wärmebedarf (höhere interne Lasten) also wesentlich mehr elektrische Energie (durch Beleuchtung, EDV und Klimatisierung). Innerhalb

einer Schweizer Studie (Weber et al, 1999) wurden 100 Bürogebäude hinsichtlich ihres Energieverbrauchs (Strom und Wärme) messtechnisch untersucht. Im Durchschnitt ergab sich für die untersuchten Objekte ein Endenergieverbrauch von 215 kWh/m<sup>2</sup>a, wobei 56% auf die Wärmeversorgung (Raumwärme und Brauchwasser) bzw. 44% auf die Stromversorgung (EDV, Klimatisierung, Beleuchtung, etc.) entfielen. Bezogen auf den Primärenergiebedarf ergab sich ein spezifischer Verbrauch von 408 kWh/m<sup>2</sup>a, worin 2/3 der Elektrizität und 1/3 fossile Brennstoffe ausmachen. In der isolierten Betrachtung des Stromverbrauchs liegt Klimatisierung mit 36% voran. Eine andere Untersuchung aus Deutschland (Eicker, 2001) ergab, dass für die Klimatisierung von durchschnittlichen bestehenden Bürogebäuden etwa 50 kWh/m<sup>2</sup>a an Endenergie aufgewendet werden muss. Aus diesen Zahlen wird deutlich, dass die Betriebskosten für die Klimatisierung aufgrund des höheren Strompreises über den Betriebskosten für die Wärmeversorgung liegen. Diese Entwicklung wurde in den letzten Jahren noch durch folgende Aspekte unterstützt:

- Die internen Wärmelasten haben - bedingt durch den verstärkten Einsatz von EDV und Bürogeräten - stark zugenommen.
- Es wurden in den letzten Jahren zunehmend Strategien entwickelt (auch in den Wärmeschutzverordnungen), den Heizenergiebedarf zu minimieren. Dazu zählen Maßnahmen wie die Verbesserung der opaken Wärmedämmung, die passive Sonnenenergienutzung über Verglasungen, die verbesserte Luftdichtigkeit der Gebäudehülle, der Einsatz von Lüftungsanlagen, etc.. Für die Kühllast im Sommer haben diese Maßnahmen aber häufig negative Auswirkungen. Einerseits können durch die verbesserte Qualität des Gebäudes die hohen internen Wärmelasten nicht mehr abgeführt werden und andererseits bedeutet ein hoher Verglasungsanteil am Gebäude sowie eine konventionelle Lüftungsanlage (durch eintretende wärmere Außenluft) erhöhte externe Lasten.

Somit müssen in Büro- und Verwaltungsgebäuden grundsätzlich andere bzw. zumindest ergänzende Ansätze zur Reduktion des Primärenergiebedarfs und zur Schaffung von behaglichen Raumbedingungen verfolgt werden, als beispielsweise im Wohnungsbau. Sämtliche Maßnahmen müssen nicht nur für den Winterfall, sondern auch für den Sommerfall betrachtet werden, da vielfach kontraproduktive Auswirkungen auftreten. Lastenreduktion für Heizung und Kühlung sowie Deckung der verbleibenden Heiz- und Kühllasten mit möglichst erneuerbaren Energieträgern in Kombination mit einfacher Gebäudetechnik zeichnen innovative Energiekonzepte aus, erfordern aber integrale Planungs- und Bauabläufe bei frühzeitiger Einbindung von Energietechnikern.

### **3 Wärmeschutz und Heizlasten**

Die konsequente Entwicklung von Niedrigenergie- und Passivhausstandards im Wohnbau machte es möglich, dass mittlerweile auch zahlreiche Büro- und Verwaltungsbauten mit geringstem Wärmebedarf errichtet wurden. Die thermische Qualität von Bauteilen (opak und transparent) wurde dabei soweit reduziert, dass im Falle des Passivhausstandards spezifische Heizlasten von 10 W/m<sup>2</sup> und kleiner erreicht werden können. Neben der Verbesserung der U-Werte der Bauteile (opake Bauteile < 0,12 W/m<sup>2</sup>K, transparente Bauteile < 0,7 W/m<sup>2</sup>K) kommt der Lüftungswärmerückgewinnung höchste Bedeutung zu. Die hygienisch erforderliche Mindestluftmenge für Bürogebäude (20 – 30 m<sup>3</sup>/h und Person in Nichtraucherbüros, 40 bis 70 m<sup>3</sup>/h und Person in Raucherbüros) kann aus hygienischer und energetischer Sicht nur über eine kontrollierte Be- und Entlüftung sinnvoll bereitgestellt werden, was entsprechende Anforderungen an die Luftdichtigkeit des Gebäudes voraussetzt (Drucktestluftwechsel  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ ). Die hier verwendeten Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung besitzen Rückgewinnungsgrade über 80%. Aufgrund der geringen spezifischen Heizlasten kann sogar die Beheizung über den hygienischen Luftwechsel erfolgen und ein konventionelles Wärmeverteilsystem entfallen.

In Büro- und Verwaltungsgebäuden können im Vergleich zu Wohnbauten aufgrund der hohen internen Gewinne (Personen, EDV, Beleuchtung, Geräte) und der zumeist kompakteren Bauformen sogar noch geringere spezifische Heizlasten erreicht, oder die Bauteilqualität kann etwas verschlechtert (ökonomische Vorteile) werden. Wärmeschutz auf höchstem Niveau kann also auch im Büro- und Verwaltungsbau bei vertretbaren Kosten und höchster Behaglichkeit realisiert werden.



*Abbildung 2: Einfamilienwohnhaus entsprechend des Passivhausstandards*

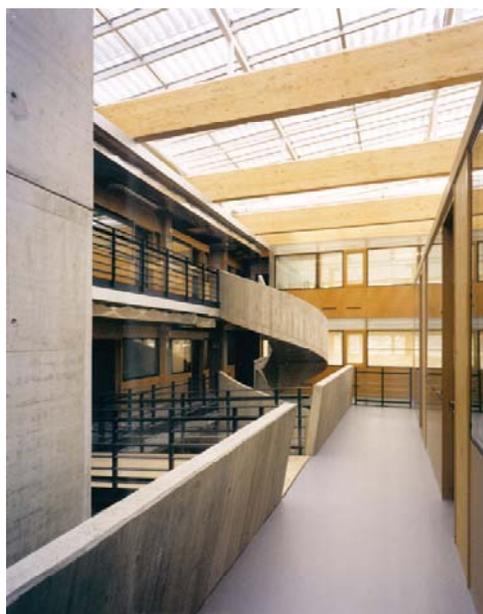
## 4 Kühllasten und Passive Kühlsysteme

Eine Gebäudekühlung ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht nur dann sinnvoll und zu vertreten, wenn zuerst kostengünstigere bauliche Maßnahmen für einen sommerlichen Wärmeschutz berücksichtigt wurden. Das Gebäudeverhalten bei hohen Außentemperaturen und hoher Einstrahlung kann wesentlich durch Parameter, wie Büroorientierung, Speichermasse, Sonnenschutz (Verschattung) beeinflusst werden. Bei guter Abstimmung dieser Parameter kann sowohl die maximale Gebäudekühllast als auch der Jahresenergiebedarf für die Gebäudekühlung erheblich reduziert bzw. im Optimalfall eine Kühlung überhaupt eingespart werden.

### 4.1 Speichermassen, externe und interne Kühllasten

#### 4.1.1 Speichermassen

Die Speichermasse des Gebäudes ist das Stabilisierungselement der Raumtemperatur. Je größer die Speichermasse, desto gleichmäßiger die Innentemperaturen. Die Funktion der Speichermasse beruht darauf, dass am Tag ein Teil der im Innenraum anfallenden Wärme gespeichert und nachts wieder entladen wird. Dies bewirkt einen Ausgleich der Raumtemperatur zwischen Tag und Nacht. Wird in der Nacht die Speichermasse mit kühler Luft „umspült“, so kann auf diese Weise ein Kühleffekt für die folgenden Tagstunden bewirkt werden. Die Auskühlperiode sollte dabei mindestens 5 Stunden dauern, um eine merkbare Verbesserung zu erzielen.



*Abbildung 3: Speichermassen in einem Bürogebäude*

Voraussetzung für den thermischen Tag-Nacht-Ausgleich ist, dass die thermische Speichermasse im Raum wirksam ist. Dazu ist notwendig, dass die als

thermische Speicher vorgesehenen Bauteile aus geeignetem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit und guter Wärmespeicherfähigkeit bestehen (Beton, schweres Mauerwerk, usw.). Entscheidend für die Wirkung sind die raumseitig obersten 10 cm.

#### 4.1.2 Externe Lasten

Die externen Lasten setzen sich überwiegend aus solaren Gewinnen und Lüftungswärmegewinnen zusammen.

Für externe Lasten durch Solargewinne kann, ausgehend von einer sehr guten Außenverschattung ( $b$ -Wert  $< 0,15$ ) in Verbindung mit unterschiedlichen Verglasungsarten, ein Richtwert von  $10 - 20 \text{ W/m}^2$  Büro Nutzfläche angegeben werden. Basis dafür sind sommerliche Einstrahlungsmaxima auf vertikale Fassaden von  $600 \text{ W/m}^2$  bis  $700 \text{ W/m}^2$  und ein Verhältnis zwischen Verglasungsfläche und Büro Nutzfläche von 1:5.

Bei einem Luftaustausch zwischen innen und außen entsteht ein Lüftungswärmegewinn, da warme Raumluft durch heiße Außenluft ersetzt wird. Er wird bei der Auslegung der Kühleinrichtungen und Kühlflächen zur Kühlung von Gebäuden durch den Norm-Lüftungsbedarf berücksichtigt. Der Lüftungskühlbedarf ist die stündlich aufzubringende Kühlmenge, um die Luft des aus dem Luftwechsel herrührenden Luftvolumenstromes von der Außentemperatur auf die Innentemperatur zu kühlen. Für Nichtraucherbüros und einer durchschnittlichen Flächenbelegung von  $18 \text{ m}^2/\text{Person}$  ergibt sich erfahrungsgemäß eine Wärmelast von bis zu  $5 \text{ W/m}^2$ .

#### 4.1.3 Interne Lasten

Interne Lasten setzen sich aus der Abwärme von EDV- und Bürogeräten, der Beleuchtung sowie aus der Personenabwärme zusammen.

##### Einfluss von EDV- und Bürogeräten

Für die Bestimmung des Kühlleistungsbedarfs stellen in der warmen Jahreszeit die elektrischen Geräte in der Regel die bedeutendste interne Last dar. In der Quantifizierung der Geräteabwärmen ist allgemein zu bemerken, dass die Leistungsaufnahmen der meisten EDV- und Bürogeräte in den letzten Jahren durch den technologischen Fortschritt signifikant reduziert wurden. Der elektrische Jahresverbrauch eines PC's (ohne Monitor) reduzierte sich beispielsweise in den letzten Jahren von rund  $170 \text{ kWh}$  unter  $40 \text{ kWh}$ . Trotzdem hat die dem Raum zugeführte Wärmelast in der Regel eher zu- als abgenommen. Die Gründe dafür liegen einerseits in der erhöhten Gerätedichte und andererseits in der Zunahme der täglichen Betriebsdauer. Bei Verwendung von effizienten Bürogeräten kann von spezifischen Lasten zwischen  $5$  und  $10 \text{ W/m}^2$  ausgegangen werden.

##### Einfluss der Beleuchtung

Durch ineffiziente Geräte bzw. ineffizienten Einsatz kann das Beleuchtungssystem zu großen Wärmelasten führen. Deshalb ist es primär wichtig, dass die künstliche Beleuchtung bedarfsabhängig ein- und ausgeschaltet wird und nicht automatisch einem Ganztagesbetrieb unterworfen wird. Die dafür notwendige moderne Lichtregelung verbindet Präsenzmelder und Tageslichtsensoren. Letztere unterscheiden zwischen Tages- und Kunstlicht um eine Selbstbeeinflussung zu vermeiden. Moderne Bürobeleuchtungen sind mit einer installierten Leistung von  $5 - 10 \text{ W/m}^2$  und einer Beleuchtungsstärke von  $300$  bis  $400 \text{ Lux}$  realisierbar. Voraussetzung dafür sind möglichst direkt leuchtende Leuchtstofflampen in hellen Räumen. Ebenso reduzieren Konzepte zur speziellen Nutzung des Tageslichtes den Energiebedarf für Beleuchtung in Bürogebäuden erheblich.

##### Einfluss der Personen

Bei Ausführung von typischen Bürotätigkeiten und einer Raumlufttemperatur von  $23^\circ\text{C}$  produziert eine Person etwa  $120 \text{ W}$  Wärmeleistung (VDI 2078). Stellt man weiters typische Belegungsdichten für Bürogebäude in Rechnung, so müssen für die Raumlastbestimmung im Einzelbüro bspw.  $5 \text{ W/m}^2$  über max.  $9 \text{ Std.}$  und im Großraumbüro  $7 \text{ W/m}^2$  über durchschnittlich  $6 \text{ Std.}$  berücksichtigt werden (Zimmermann, 1999). In Sitzungsräumen ist

der Anteil der Personenabwärmen noch wesentlich höher. Hier beträgt er oft die Hälfte bis 2/3 der gesamten Wärmelast.

## 4.2 Passive Kühlsysteme

### 4.2.1 Natürliche und mechanische Nachtlüftung

Das mitteleuropäische Klima bietet gute Voraussetzungen für die passive Kühlung mit natürlicher und mechanischer Lüftung, da auch während der heißesten Sommertage die Nächte auf etwa 20°C abkühlen. Diese Temperaturen können bei der Einhaltung definierter Rahmenbedingungen ausreichen, um die Wärmelasten des Tages abzuführen.

Die wesentlichen Rahmenbedingungen für das Konzept der Nachtlüftung sind:

- Begrenzung der Wärmelasten (Summe aus internen und externen Lasten max. 150 Wh/m<sup>2</sup>)
- Speichermasse im Gebäudeinneren
- Auf die Nachtlüftung abgestimmtes Lüftungskonzept

Die natürliche Lüftung braucht Lüftungsöffnungen und Druckdifferenzen, wobei die Lage der Lüftungsöffnungen keine wesentliche Rolle spielt. So können über offene Fenster große Luftbewegungen mit Luftwechselraten von über 10 h<sup>-1</sup> erreicht werden (Zimmermann, 1999). Der große Vorteil bei der natürlichen Lüftung liegt im effizienten Luftaustausch mit geringen Betriebskosten. Nachteilig kann sich jedoch bei natürlicher Lüftung ein unerwünschter Wärmeeintrag am Tag auswirken, wenn die Fenster nicht geschlossen werden.

Die mechanische Lüftung bietet im Gegensatz zur natürlichen Lüftung konstante, planbare

Luftwechselraten, stößt hingegen, auf Grund der stark steigenden Investitions- und Betriebskosten, rasch an ihre Grenzen. Sinnvolle Luftwechselraten liegen daher nur im Bereich des hygienischen Luftwechsels.

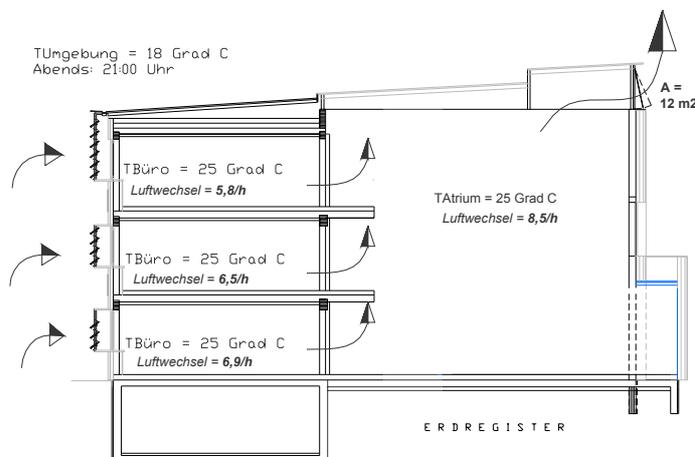
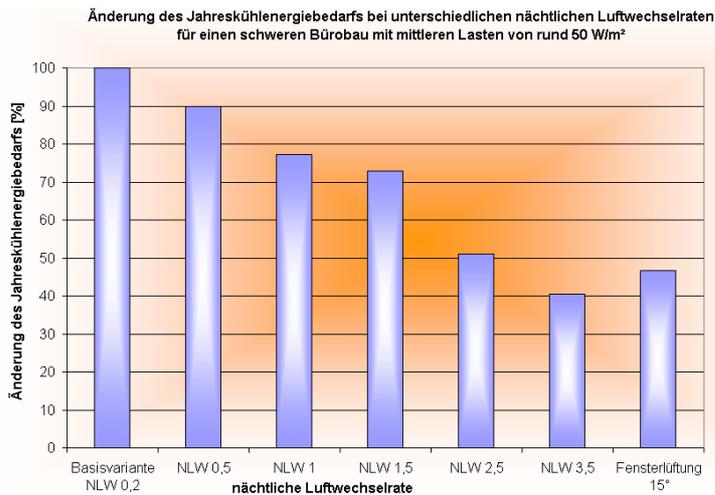


Abbildung 4: Prinzipschema der natürlichen Nachtlüftung über ein Atrium

Nachfolgend werden sowohl mechanische also auch natürliche Nachtlüftungsvarianten auf ihre energetische und ökonomische Effizienz betrachtet. Dazu wurden unterschiedliche Nachtlüftungsvarianten an Hand eines „schweren“ Bürogebäudes mit mittleren spezifischen Lasten von rund 50 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche untersucht (Fink et. al., 2002).

Bei sechs Varianten wurde der stündliche Nachtluftwechsel mechanisch bereitgestellt (NLW 0,2 bis 3,5), bei einer Variante wurde eine Fensterlüftung über 15° geneigte Fenster gewählt.

Im Vergleich zum Reduktionspotenzial der maximalen Kühllast können Nachtlüftungskonzepte den Jahreskühlenergiebedarf erheblich senken (Abbildung 5). Bei dem betrachteten Gebäude („schwere“ Bauweise und spezifische Kühllast von 50 W/m<sup>2</sup>) kann durch einen 3,5-fachen Nachtluftwechsel der Kühlenergiebedarf um bis zu 60% reduziert werden. Auch die Fensterlüftung schneidet in dieser Betrachtung mit einer Verringerung von über 50% sehr gut ab.



Ein sorgfältiges Abwägen zwischen Kühlenergieeinsparung und Erhöhung der Kosten für den Lufttransport ist somit sinnvoll und notwendig. Grundsätzlich sollten jedoch aus energetischer und ökonomischer Sicht natürliche Nachtlüftungskonzepte bevorzugt werden.

Abbildung 5: Änderung des Jahreskühlenergiebedarfs bei unterschiedlichen nächtlichen Luftwechselraten für einen schweren Bürobau mit mittleren Lasten von rund 50 W/m<sup>2</sup> (Fink et. al., 2002)

Die hier aufgezeigten Potenziale von Nachtlüftungen sind als Richtwerte zu sehen. Für eine detaillierte Auslegung ist eine Systemsimulation bzw. eine dynamische Gebäudesimulation, durchzuführen.

#### 4.2.2 Luftdurchströmter Erdreichwärmetauscher (L-EWT)

Das Prinzip, auf welchem der Einsatz von luftdurchströmten Erdreichwärmetauschern (L-EWT) basiert, ist grundsätzlich ein sehr einfaches. Im allgemeinen nutzen sie die saisonale thermische Speicherfähigkeit des Erdreichs, die sich in einer zeitlichen Verzögerung des Temperaturverlaufs im Erdreich gegenüber dem Temperaturverlauf der Umgebungsluft zeigt.

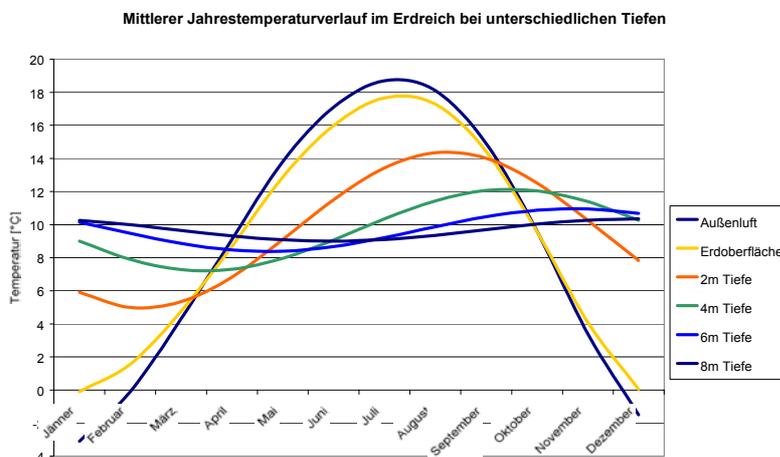


Abbildung 6: Jahrestemperaturverlauf der Außenluft, Erdoberfläche und dem Erdreich in verschiedenen Tiefen für den Bodentypen „Kies – trocken“, Standort Graz. Die Grafik basiert auf Monatsmittelwerten.

Abbildung 6 zeigt deutlich, dass mit zunehmender Tiefe eine größere, nutzbare Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Erdreichtemperatur erreicht werden kann. Werden zudem statt der Außentemperaturen im Monatsmittel beispielsweise Stundenmittelwerte betrachtet, können kurzfristig wesentlich höhere Temperaturdifferenzen festgestellt werden. Dieser Zusammenhang zeigt klar, dass der prädestinierte Einsatzfall von L-EWT die Dämpfung von hohen Außentemperaturspitzen (und damit Leistungsspitzen) im Zusammenhang mit zu konditionierenden Gebäuden ist.

Der L-EWT als passives Kühlkonzept kann im Büro- und Verwaltungsbau sowohl monovalent als auch bivalent eingesetzt werden. Als alleiniges Kühlsystem macht ein L-EWT aus ökonomischer Sicht nur dann Sinn, wenn die Luftwechselrate nicht wesentlich über den hygienischen Luftwechsel erhöht werden muss. Sind die Raumlasten deutlich höher, so

empfiehlt es sich, den L-EWT für die hygienische Luftmenge auszulegen und die Rest-Kühlleistung über ein Wassersystem abzuführen.

Um den Einfluss der wesentlichen energetischen Größen zu verdeutlichen, wurde anhand eines definierten L-EWT (Eckdaten: Einzelrohr, unter freiem Gelände verlegt, 500 m<sup>3</sup>/h Dauerbetrieb, Rohrmaterial PVC, DN 200, Länge = 50 m, Verlegetiefe = 2 m, feuchte Erde, Standort Graz) eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Jede der betrachteten Einflussgrößen (Volumenstrom, Querschnitt, Verlegetiefe, Länge, Rohrmaterial und Erdreich) wurde einzeln verändert und die Auswirkungen auf die Energieerträge untersucht. Aus Abbildung 7 kann gelesen werden, in welchem Ausmaß sich die Veränderung einer Einflussgröße (in Prozent) auf den Energieertrag (ebenfalls in Prozent) auswirkt. Dabei wurden die Ergebnisse der Ausgangsvariante (siehe obige Angaben) mit 100% definiert.

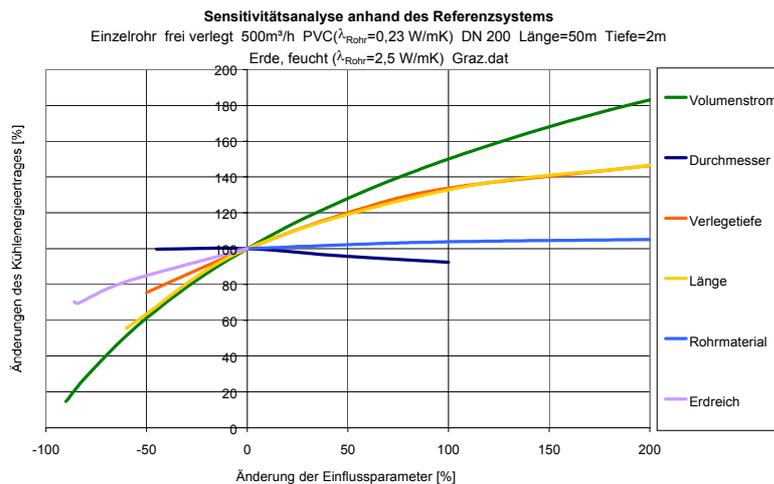


Abbildung 7: Prozentuelle Änderung des Gesamtenergieertrages für Heiz- und Kühlbetrieb des definierten L-EWT in Abhängigkeit einzelner Einflussgrößen

Die größte Sensitivität zeigt der Parameter Volumenstrom. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass für einen sinnvollen Betrieb

des L-EWT auch der entstehende Druckverlust von entscheidender Bedeutung ist. Weitere Größen mit entscheidender Sensitivität sind die L-EWT Länge, die Verlegetiefe sowie die Zusammensetzung des Erdreichs. Als Parameter mit eher geringem Einfluss auf die Energieerträge des definierten L-EWT zeigen sich der Querschnitt sowie das Rohrmaterial. Für eine Grobauslegung eines L-EWT können folgende Erfahrungswerte herangezogen werden:

- Luftgeschwindigkeit im L-EWT: 1 – 5 m/s (mit einem maximalen Druckverlust von 1 – 1,5 Pa/m Rohr)
- Achsabstand: ~ 1 m
- Rohrlänge: > 30 m
- Verlegetiefe: 1,5 – 4 m

Bei dieser Dimensionierung erreichen L-EWT's einen spezifische Kühlerenergieertrag von bis zu 300 Wh/m<sup>2</sup>d. Bezogen auf die Verlegetiefe kann eine spezifische Kühlleistung von 40 – 60 W/m<sup>2</sup> angesetzt werden.

Für eine detaillierte Auslegung ist ein Simulationsprogramm zu verwenden.

### 4.3 Wasserdurchströmter Erdreichwärmetauscher (W-EWT) und Betonkernaktivierung (BKA)

Der wesentliche Unterschied zum Funktionsprinzip von L-EWT ist, dass die spezifische Wärmekapazität und die Dichte von Wasser bedeutend größer sind als die von Luft. Das hat beim Transport von Energie grundsätzlich den Vorteil, dass für die gleiche Leistung ein geringerer Volumenstrom erforderlich ist. Damit einher geht auch ein geringerer Bedarf an Förderenergie.

Neben der Variante des erdreichverlegten, wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschers besteht auch die Möglichkeit, die Betonfundamente (Fundamentplatten oder Pfähle) mit integrierten Rohrleitungen zu versehen. Allerdings ist es notwendig, zwischen

Fundamentplatten und den Räumen des Gebäudes eine Dämmschicht anzuordnen, um einen direkten Wärmefluss zwischen der Wärmesenke und den Räumen zu vermeiden.

Als besonders interessant haben sich Tiefensonden bzw. hydraulisch durchströmte Erdfähle – vor allem bei der Kopplung mit Wärmepumpen auch zur Raumwärmeversorgung – gezeigt. Wasser wird dabei in erdverlegten Leitungssystemen (30 – 150 m tiefe Bohrungen) umgewälzt. Zur direkten Nutzung der Erdkühle ist hier vor allem die Bauteilaktivierung zweckmäßig

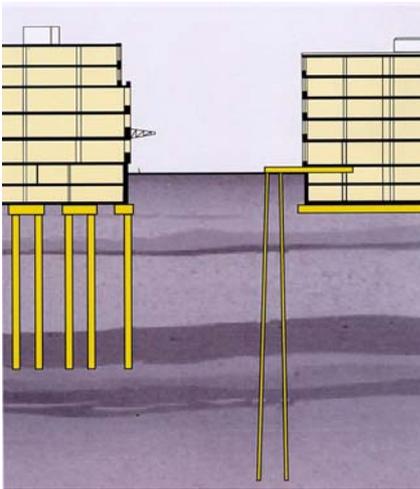


Abbildung 8: Energiepfähle und Tiefensonden (Bildquelle: EMPA, Dübendorf, Schweiz)

Die Realisierung von W-EWT bzw. Tiefensonden eignet sich sehr gut in Verbindung mit einer Bauteilkühlung. Es wird dabei die Speicherefähigkeit der wasserdurchströmten Gebäudebauteile (z.B. massive Betondecken, Fußböden, etc.) genutzt. Mit diesem Konzept müssen die im Raum anfallenden Wärmelasten von Personen, Geräten und der solaren Einstrahlung nicht sofort abgeführt, sondern können in der Bauteilmasse zwischengespeichert werden. Die anfallenden Kühlwassertemperaturen zur Beaufschlagung des W-EWT werden dadurch geglättet

und bewegen sich, im Vergleich zu Außentemperaturschwankungen (L-EWT), in einem relativ engen Bereich.

Die Bauteilmasse hat eine größere Energiemenge gespeichert, wodurch der W-EWT im Stande sein muss, das vorhandene Temperaturniveau über einen längeren Zeitraum abführen zu können, ohne bleibende Ermüdungserscheinungen im Erdreich zu verursachen. Treten Ermüdungserscheinungen auf, würde die Leistungsfähigkeit des W-EWT dadurch sinken. Gezielte Regelstrategien mit ausreichenden Regenerationsphasen sind somit vorzusehen.

Zur Verdeutlichung der Wirkungsweise einer Betonkernaktivierung werden nachfolgend Temperatur- und Leistungsverläufe eines Büroraums mit Bauteilaktivierung (Simulation eines Büroraums mit TRNSYS (TRNSYS, 2000)) dargestellt. Als fixe Randbedingung wurde der BKA in diesem Beispiel eine konstante Kühlvorlauftemperatur 20°C aufgeprägt. Abbildung 9 zeigt die sich unter diesen Rahmenbedingungen ergebenden Verläufe der Raumtemperaturen, Kühlwassertemperaturen und Bauteilleistungen für eine heiße Sommerwoche (Fink et. al., 2002).

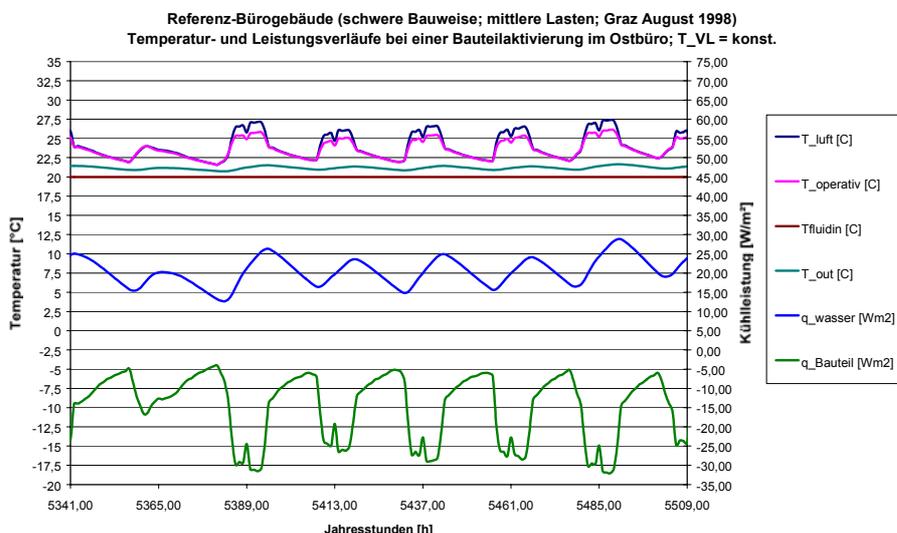


Abbildung 9: Beispielhafte Darstellung der Temperatur- und Leistungsverläufe einer Bauteilaktivierung bei einer konstanten Kühlwassertemperatur von 20°C (Fink et. al., 2002).

Deutlich ist unter diesen Annahmen das Prinzip der Bauteilaktivierung erkennbar. Tagsüber werden wesentlich höhere Energiemengen im massiven Bauteil eingelagert (Kühllasten von bis zu  $32 \text{ W/m}^2$  werden aus dem Raum abgeführt), als über den Kühlwasserkreislauf abgeführt werden. In den Abend- und Nachtstunden wird dann zeitverzögert die Energie über das Kühlwassersystem aus den massiven Bauteilen transportiert und der Wärmesenke zugeführt (in diesem Fall einer idealen Kühlung). Dieses Prinzip lässt sich sehr gut mit dem Prinzip des W-EWT koppeln.

Die Rücklaufftemperatur aus der Betonkernaktivierung (Vorlauf des W-EWT) hat einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines W-EWT. Je geringer die Differenz zwischen Raumtemperatur und Wassertemperatur gehalten werden kann, desto effizienter wird ein W-EWT. Simulationsrechnungen haben gezeigt, dass bei operativen Raumtemperaturen von  $26^\circ\text{C}$  Vorlauftemperaturen von  $22^\circ\text{C}$  in die Betonkernaktivierung die Grenzen des Systems darstellen.

Zahlreiche Parametervariationen lassen den selben Schluss zu: Horizontale W-EWT ermöglichen bei dauerhaftem Betrieb eine Kühlleistungsentnahme aus dem Erdreich von maximal  $10 \text{ W/m}^2$  Verlegetfläche, was gleichzeitig etwa einem Energieentzug von  $240 \text{ Wh/m}^2\text{d}$  entspricht. Nur feuchtes Erdreich mit Grundwassereinfluss zeigt eine höhere Sensitivität und kann  $20 \text{ W/m}^2$  bzw.  $480 \text{ Wh/m}^2\text{d}$  erreichen. Tiefensonden liefern im Vergleich hierzu spezifische Kühlleistungen von 20 bis  $50 \text{ W/m}$  Sondenlänge (in Abhängigkeit der Erdreichzusammensetzung, der Auslegung und des Betriebs).

## 5 Energieverteilung und Energieabgabe

Wie bereits behandelt, ist in Bürogebäuden eine hygienische Mindestluftmenge von 20 –  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  pro Person erforderlich. Diese Mindestluftmenge kann aus hygienischer und energetischer Sicht nur über eine kontrollierte Be- und Entlüftung sinnvoll bereitgestellt werden.

Die erforderliche Frischluftmenge kann dabei gleichzeitig zur Beheizung und Kühlung der Büroräume herangezogen werden, ohne dass zusätzliche Kosten für den Transport der Heiz- oder Kühlenergie anfallen. Das heißt, die Außenluft wird zentral angesaugt und nach der Erwärmung bzw. Abkühlung dem Raum zugeführt. In Passivhäusern reichen die Luftmengen in der Regel aus, um die sehr geringen Heizlasten durch Erwärmung der Zuluft kompensieren zu können. Können auch die Kühllasten sehr gering gehalten werden (komfortable Luftfeinblastemperaturen sind zu beachten), stellt das Lüftungssystem ein vollwertiges Wärme- und Kälteverteilssystem dar.

Vielfach reichen die hygienisch notwendigen Luftmengen aber nicht aus um Heizlasten und Kühllasten unter geforderten Behaglichkeitskriterien zu kompensieren. Werden die Luftvolumina über den hygienisch erforderlichen Luftwechsel hinaus erhöht, steigen sowohl Investitionskosten (Kanalnetz mit großen Dimensionen, größere Ventilatoren) als auch Betriebskosten (mehr Antriebsenergie) empfindlich.

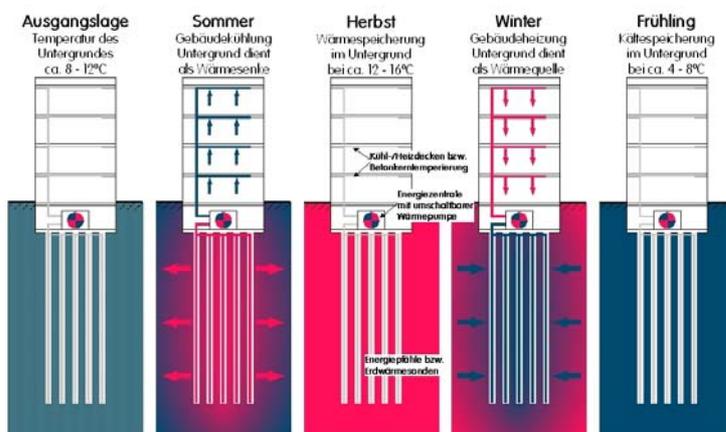


Abbildung 10: Funktionsprinzip von Erdpfählen/Tiefensonden für Heizung und Kühlung.

Aufgrund der deutlich höheren spezifischen Wärmekapazität und der höheren Dichte von Wasser gegenüber Luft bietet sich viel eher eine Kombination des Lüftungssystems mit einem wassergeführten Verteil- und

Abgabesystem (kombinierte Heiz- und Kühlflächen, am besten gekoppelt mit Bauteilaktivierung) an. Die Lüftungsanlage übernimmt primär die Frischluftversorgung, wobei

die Zuluft soweit konditioniert in das Gebäude eingebracht wird, dass durch den Luftwechsel weder zusätzliche Heizlasten noch Kühllasten entstehen. Der wassergeführte Kreislauf übernimmt die Deckung der verbleibenden Lasten.

## 6 Beispielhafte Bürogebäude

Von der AEE INTEC wurden in den letzten Jahren einige Energiekonzepte für Bürogebäude erstellt. Nachfolgend finden sie eine Übersicht über drei unterschiedliche Ansätze zur Schaffung von behaglichen Arbeitsplatzbedingungen bei gleichzeitig geringen Energieverbräuchen in Bürogebäuden.

### 6.1 Bürogebäude der AEE INTEC – Niedrigenergiehaussiedlung Gleisdorf

Im Rahmen eines von der Europäischen Union (THERMIE), der Wissenschaftsabteilung des Landes Steiermark sowie des Innovations- und Technologiefondes des FFF geförderten Projekts wurde in Kooperation von AEE INTEC, Architekturbüro Reinberg und dem Fertighausunternehmen HOLZ-BAU-WEIZ ein Niedrigenergie-Reihenhaus entwickelt und ein Demonstrationsprojekt mit sechs

Reihenhäusern und einer Büroeinheit in Gleisdorf errichtet.



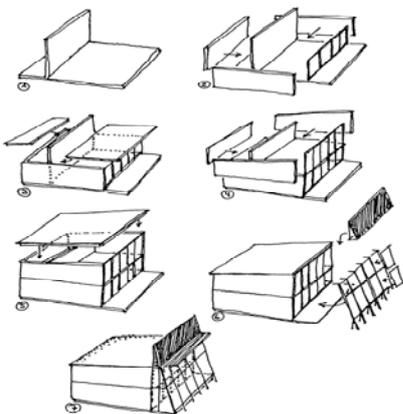
Abbildung 11: Südansicht der drei Gebäude

Neben Energie- und Kostenoptimierung bildete die Entwicklung eines innovativen und ökologischen Holzbaukonzeptes einen wesentlichen Schwerpunkt des Projektes. Durch eine speziell für diesen Haustyp entwickelte

Wandkonstruktion mit hohem Wärmedämmstandard, sowie durch thermische Zonierung und kontrollierte Be- und Entlüftung über Erdreichwärmetauscher konnte der Heizenergieverbrauch dieser Gebäude auf Werte zwischen 20 kWh/m<sup>2</sup>a beim Bürogebäude und 33 kWh/m<sup>2</sup>a bei den Reihenhäusern reduziert werden.

Da der Heizenergiebedarf zu rund 60% von einer Solaranlage gedeckt wird, beträgt der Restheizenergieverbrauch, der über einen Biomasse-Pelletkessel zugeführt werden muss für das Bürohaus 8 kWh/m<sup>2</sup>a und für die Reihenhäuser 13 kWh/m<sup>2</sup>a.

#### 6.1.1 Das Bausystem



Durch eine speziell für diesen Haustyp entwickelte Wandkonstruktion, konnte der geforderte Wärmedämmstandard ( $U = 0,11$  bzw.  $0,17$  [W/m<sup>2</sup>K]) kosten- und flächensparend erreicht werden. Sowohl die Außenwände, wie auch die Decken- und Dachkonstruktion bestehen aus 10 bzw. 12 cm dicken, mehrschichtig verleimten Vollholzplatten (KLH).

Abbildung 12: Systemskizze - Baukonzept

Die Wärmedämmung, bestehend aus 20 bis 35 cm dicken Holzweichfaserplatten, wurde außen aufgebracht. Durch diesen Wand- und Deckenaufbau können die üblichen – und in der Praxis oft nur schwer zu bewältigenden –Detailprobleme von Holzständerkonstruktionen mit hoher Wärmedämmung vermieden werden. Die Mittelwand und Wohnungstrennwände wurden als massive mit Lehm verputzte Betonwand ausgeführt. Damit stehen entsprechende Speichermassen für die passiv gewonnene Solarenergie zur Verfügung, die sich zudem ausgleichend auf das Raumklima auswirken.

## 6.1.2 Das Energiekonzept

### Passive Solarenergienutzung

Die im Wintergarten gewonnene Wärme kann einerseits in den Speichermassen der Massivwand und des Estrichs gespeichert werden und kann andererseits zur Nacherwärmung, der über das Erdregister in den Wintergarten gelangenden Zuluft genützt werden.

Im Sommerbetrieb gewährleisten die am Wintergartenfußpunkt liegenden Zuluft- und am höchsten Punkt liegenden Abluftklappen eine effiziente Nachtlüftung mit Aktivierung der Speichermassen. Weiters besteht eine innenliegende Verschattungsmöglichkeit mit Faltjalousien.

### Aktive Solarnutzung

Die Bereitstellung des Warmwassers und des Raumwärmebedarfs erfolgt überwiegend über thermische Kollektoren. Die Kollektorflächen im Ausmaß von 213 m<sup>2</sup> (Nettofläche) wurden in die Wintergardendächer integriert. Der verbleibende Restwärmebedarf wird durch einen Biomasse-Pelletkessel gedeckt. Damit erfolgt die Wärmebereitstellung der Gebäude zu 100% mit erneuerbaren Energien. Die Energiespeicherung erfolgt in einem 14 m<sup>3</sup> Stahlspeicher. Die einzelnen Häuser werden aus diesem zentralen Speicher über ein Nahwärmenetz versorgt. Die Wärmeabgabe erfolgt über ein Niedertemperatur- Wandheizsystem mit mittleren Vorlauftemperaturen von etwa 30°C.

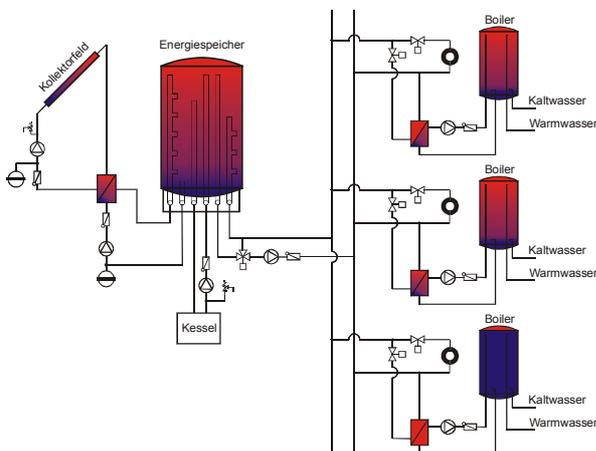


Abbildung 13: Hydraulikkonzept für das „Mikronetz“

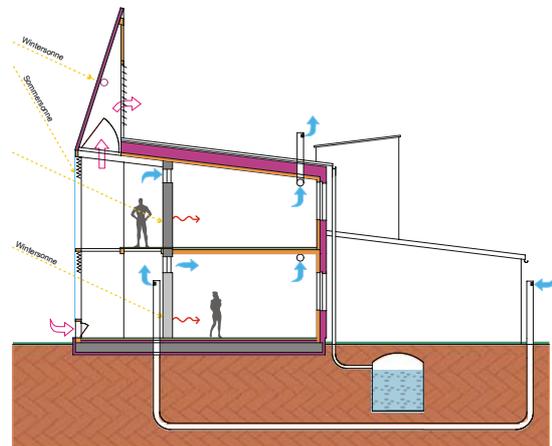


Abbildung 14: Schnittdarstellung - Bürogebäude

Zur Abrundung des solaren Gesamtkonzeptes liefert eine dachintegrierte, netzgekoppelte Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 1,44 kW<sub>peak</sub> einen Teil des elektrischen Strombedarfs.

### Kontrollierte Be- und Entlüftung über luftdurchströmte Erdwärmetauscher

Die Frischluft wird über einen luftdurchströmten Erdwärmetauscher angesaugt und vorgewärmt (Winterbetrieb) bzw. gekühlt (Sommerbetrieb). Im Bürogebäude wird diese Frischluft in den Wintergarten eingebracht und dort bei Wintersonne weiter erwärmt und über entsprechende Lüftungsklappen durch die Speicherwand in die Räume eingebracht. Von hier wird die Luft über einen zentralen Abluftventilator abgesaugt. Die Funktionstüchtigkeit dieser

Anlage wird durch die sehr dichte Gebäudehülle gewährleistet. Die erste Stufe des Kühlkonzeptes ist die Nutzung der Nachtkälte über freie Lüftung, die zweite Stufe ist der luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher.

### 6.1.3 Messergebnisse

Um detaillierte Aussagen bezüglich des dynamischen Gebäudeverhaltens und der Wechselwirkungen und Funktion der eingesetzten Technologien (Solare Warmwasserbereitung und Raumheizung, Biomassefeuerung, kontrollierte Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher) zu erhalten, wurden die Gebäude mit Messgeräten und Sensoren ausgestattet.

Der Gesamtenergieverbrauch setzt sich aus Wärme (Warmwasser und Raumheizung) sowie elektrischem Strom (Bürostrom sowie der anteiliger Strom für haustechnische Geräte wie Pumpen oder Regelungen für das Heizungssystem) zusammen.

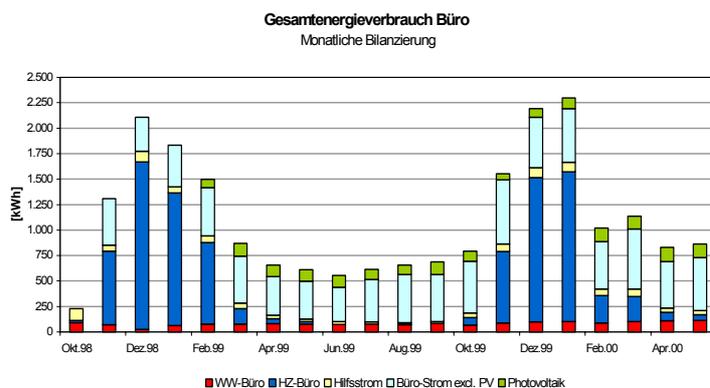


Abbildung 15:  
Gesamtenergieverbrauch von Oktober 98 bis Mai 2000 (Bürogebäude)

Der Gesamtenergiebedarf des Bürogebäudes betrug in der Periode Oktober 1998 bis September 1999 pro Quadratmeter beheizter Nettonutzfläche lediglich 43,41 kWh. Davon entfallen 20,67

kWh auf Raumwärme, 3,81 kWh auf Warmwasser, 2,7 kWh auf Hilfsstrom (Antriebsenergie für haustechnische Einrichtungen wie Pumpen, Regelungen etc) und 20,02 kWh auf Bürostrom (Beleuchtung, EDV...). Der spezifische Stromertrag aus der Photovoltaikanlage beträgt 3,79 kWh/m<sup>2</sup>. Dieser wurde beim Gesamtenergieverbrauch in Abzug gebracht.

## 6.2 Bürogebäude des W.E.I.Z.

Im Fall des Weizer Energie- und Innovationszentrums war es erklärtes Projektziel, für rund 100 Personen ein Bürogebäude in Passivhausstandard zu errichten. Zu diesem Zwecke wurde die Simulation als Planungshilfe in einem frühen Stadium konsequent eingesetzt (TRNSYS).

Die Wechselwirkungen zwischen den U-förmig angeordneten Büros und dem darin eingeschobenen Atrium beeinflusst im Winter- als auch im Sommerfall das Gebäudeklima entscheidend mit. Diese Wechselwirkungen zu erfassen, war nur durch eine komplexe Nachbildung des gesamten Gebäudes mit insgesamt 18 thermischen Zonen möglich.

### 6.2.1 Optimierung der Gebäudehülle

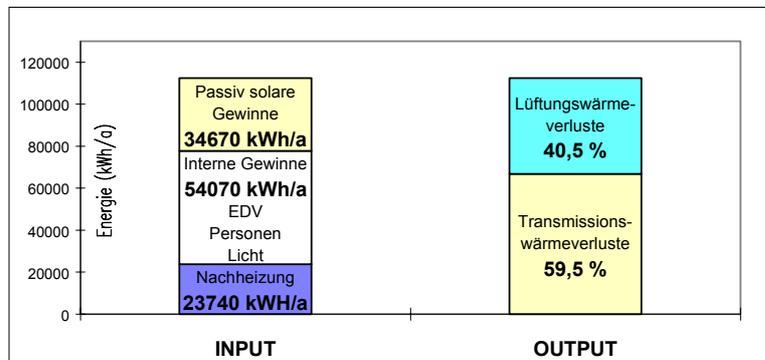
Die Größe und Kompaktheit des Gebäudes erlaubte mittels Parameterstudien ein Ausloten der erforderlichen Außenwandqualität zum Erreichen des angestrebten Passivhausstandards – immer im Zusammenspiel mit der zum Einsatz kommenden Anlagentechnik. Der Dämmstandard konnte so gegenüber einem kleinen unverdichteten Passivhaus um 15 bis 20 % reduziert werden. Bei den Verglasungen kamen k-Werte von 0,7 W/m<sup>2</sup>K zum Einsatz. Dies erfordert im Passivhaus nicht nur die Energiebilanz, sondern auch der Komfort, da die Frischluftheizung einem Kaltluftabfall im Fensterbereich nicht entgegenwirken kann.



Abbildung 16: Ansicht des W.E.I.Z.

Im Atrium wurden auf Grund erster Simulationsergebnisse wesentlich mehr speicherrelevante Massivbauteile eingesetzt als ursprünglich geplant. Die hohe Außenwand als auch die innenliegenden Funktionsräume erhielten eine Stahlbetonkonstruktion.

Das W.E.I.Z. erreicht nach den Simulationsergebnissen  $10,5 \text{ W/m}^2$  maximal erforderliche Heizlast für einen sehr extremen Auslegungsfall außerhalb der Nutzung mit Umluftbetrieb in den frühen Morgenstunden. Dabei sind die U-Werte der opaken Bauteile 15 bis 20% schlechter als bei Passivhausprojekten im Einfamilienhausbereich. Trotzdem kann im W.E.I.Z. ein Heizwärmebedarf unter  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  erreicht werden. Die Größe und Kompaktheit des W.E.I.Z. mit der Folge eines sehr guten Oberflächen-Volumenverhältnisses

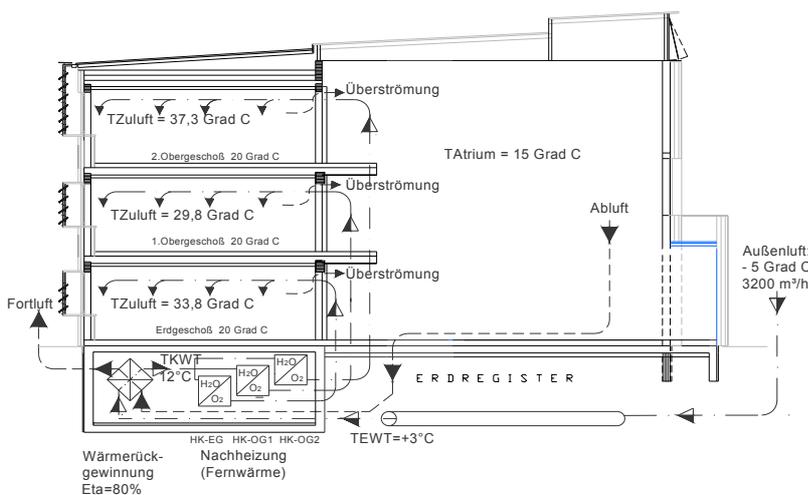


waren hier die Voraussetzungen für gewisse Kompromisse bei der Gebäudehülle.

Abbildung 17: Jährliche Gesamtenergiebilanz (Simulationsergebnis)

### 6.2.2 Heizungs- und Lüftungskonzept sowie sommerlicher Überhitzungsschutz

Das kompakte dreigeschossige Gebäude weist U- und L-förmig angeordnete Büros auf, in denen das eingeschobene Atrium weitere Funktionsräume wie Besprechungsraum, Medien- und Konferenzraum und die Geschäftsführung aufnimmt. Die Erschließung der Räume erfolgt über das Atrium mittels Laubengängen vor den Geschossen.



Die Erschließung der Räume erfolgt über das Atrium mittels Laubengängen vor den Geschossen.

Abbildung 18: Prinzipschema des Heizungs- und Lüftungssystems.

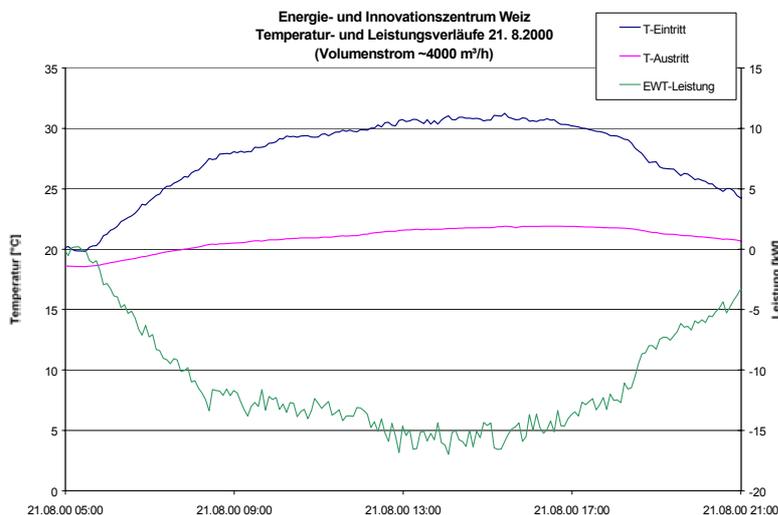
Oberlichtfensterbänder in den Bürotrennwänden zum Atrium ermöglichen eine indirekte Beleuchtung über die großflächige Atriumdachverglasung, unterstützt durch Reflexionswände, wodurch eine gleichmäßigere Tageslichtsituation in der Raumtiefe der Büros realisiert wurde. In Verbindung mit der tageslichtabhängigen Beleuchtungsregelung an den Arbeitsplätzen werden die internen Lasten reduziert.

Neben seinen elementaren Funktionen steht das Atrium auch energetisch und lüftungstechnisch in Wechselwirkung mit dem gesamten Gebäude und ist somit ein fester Bestandteil des Gesamtkonzeptes. Die Kosten für die Lüftungsanlage konnten reduziert werden, da das Atrium selbst als luftführender Raum für die Abluft aus den Büros verwendet wird.

Bereits zu Beginn der Planungsphase galt als erklärtes Ziel, auf eine konventionelle kostenintensive Klimatisierung im Sommer zu verzichten. Die durch passiv solare Gewinne verursachten unerwünschten Temperaturerhebungen werden durch außenliegende variable Verschattungselemente an den Bürofenstern reduziert. Die transparenten Anteile mit ca. 40 % in der Außenhülle der Büros wurden für Verwaltungsverhältnisse moderat in Grenzen gehalten.

Bei Bedarf wird am frühen Abend und in der Nacht über geöffnete Oberlichter und die Überströmöffnungen zum Atrium eine Querlüftung mit Außenlufttemperaturniveau erzeugt. Der Motor dazu ist der Auftrieb der warmen Luftmassen im Atrium. Ein Aufschaukeln der Innentemperaturen während längerer Hitzeperioden wird so abgedämpft und weitestgehend in einem akzeptablen Rahmen gehalten. Die Nachtkühlung mit Hilfe des Atriums bringt gegenüber der reinen Fensterlüftung etwa eine Verdoppelung des Außenluftwechsels für die Büros, ohne dass zusätzliche Antriebsleistung für Ventilatoren erforderlich wird.

Mit der hygienisch notwendigen Frischluftmenge von 30m<sup>3</sup>/h und Person wurde für eine Belegung von rund 100 Personen somit eine Gesamtluftmenge von 3200 m<sup>3</sup>/h veranschlagt. Eine Vorkonditionierung der Außenluft findet in einem luftdurchströmten Erdreichwärmetauscher statt, der unter dem Kellerfundament verlegt wurde. Dieser übernimmt einerseits die Aufgabe der Vereisungsvermeidung an der Fortluftseite der Lüftungswärmerückgewinnung (Rückgewinnungsgrad von 80%, Nacherwärmung aus einem Biomasse-Nahwärmenetz im Heizbetrieb) und andererseits die Kühlung der Zuluft im Sommer. Die Auslegung des L-EWT wurde so gewählt, dass er in Kombination mit einer freien Nachtlüftung und Massenaktivierung (Atrium) die Behaglichkeitsgrenzen innerhalb des geforderten Bereiches (<28°C) gehalten werden können. Infolge eines EU-Projektes wurde der luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher im Detail vermessen. Abbildung 19 zeigt hierzu



den Leistungsverlauf des L-EWT an einem beispielhaften Sommertag im Jahr 2000.

*Abbildung 19: Gemessener Temperatur- und Leistungsverlauf am 21.08.00. Die Erdreichwärmetauschertrittstemperatur steigt bei Umgebungstemperaturen von über 30°C nicht über 22,5°C. Die maximale Leistung beträgt ca. 15 kW über einen Zeitraum von 4 Stunden*

Nicht nur die Erfahrungen mit dem luftdurchströmten Erdreichwärmetauscher sondern auch die Erfahrungen mit dem gesamten Gebäudekonzept waren für die über 100 Nutzer hinsichtlich Behaglichkeit und Betriebskosten sehr zufriedenstellend.

### 6.3 Bürogebäude der MIVA

Im Februar 2003 erfolgte der Baubeginn zum multifunktionalen Verwaltungsgebäude auf Passivhausstandard der MIVA in Stadl-Paura, Oberösterreich.

Motiviert durch das sehr früh involvierte Planungsteam (Architekten, Energietechniker, Holzbautechniker) entschied sich die Geschäftsführung zum Bau eines multifunktionalen Gebäudes mit Büro-, Logistik- Geschäfts- und Veranstaltungsräumlichkeiten in Passivhausbauweise.

#### 6.3.1 Architektur und Konstruktionen

Der Hauptbaukörper ist 3-geschoßig und birgt in seiner Mitte eine über alle Geschosse reichende Aula mit Galerien, welche durch ihr Glasdach bis in das Erdgeschoss belichtet wird. Im Erdgeschoss der Aula wird die Veranstaltungs- und Kulturstätte für bis zu 100 Personen situiert sein. Das Logistikzentrum schließt im Süden an und wird als eigenständiger Baukörper ausgeführt. Ihm sind Verladezonen und ein KFZ-Lagerplatz zugeordnet. Insgesamt werden die 2000m<sup>2</sup> Nutzfläche (beheizt werden rund 1200 m<sup>2</sup>) zukünftig von bis zu 50 Personen genutzt.



Abbildung 20: Ansicht des Gebäudes

Die Basis zur Erreichung des Passivhausstandards wird durch die Umsetzung einer innovativen Holzbauweise gelegt. Die U-Werte der Außenwände bzw. der Dachkonstruktionen liegen bei 0,11 W/m<sup>2</sup>K, die der transparenten Bauteile (Fenster und Oberlichten) bei 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Die runde Gebäudeform gewährleistet eine besonders gute Belichtung der Flächen, so dass auch größere Raumtiefen möglich sind. Neben den Nutzerwünschen und diversen Gegebenheiten wurde die Architektur des MIVA-Gebäudes entscheidend durch die Optimierung energietechnischer Aspekte (Fensterflächen, Beschattung, Speichermassen, Luftdichtigkeit, Wandstärken, Heiz- und Kühllasten, etc.) mitbestimmt, was sich innerhalb eines integralen Planungsprozesses gut und frühzeitig realisieren ließ.

#### 6.3.2 Energiekonzept und Energieversorgung

Die AEE INTEC war in diesem Projekt über den gesamten Planungsprozess eingebunden und konnte durch Modellierung und Simulation in der dynamischen Simulationsumgebung TRNSYS Architektur, Bauweise und Konstruktionen entscheidend beeinflussen (sämtliche Arbeiten erfolgten innerhalb der Planungsgemeinschaft mit dem IWT an der TU Graz). Nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung des Heiz- und Kühlenergiebedarfes über den integralen Planungsprozess, wobei für „Heizung“ als auch „Kühlung“ mit dem jeweils extremen regionalen Klimadatensatz der letzten zehn Jahre gerechnet wurde. Der Hintergrund für die jeweils zwei extremen Klima-Szenarien liegt darin, dass sich beispielsweise die Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes häufig negativ auf das Sommerverhalten des Gebäudes auswirken und umgekehrt.

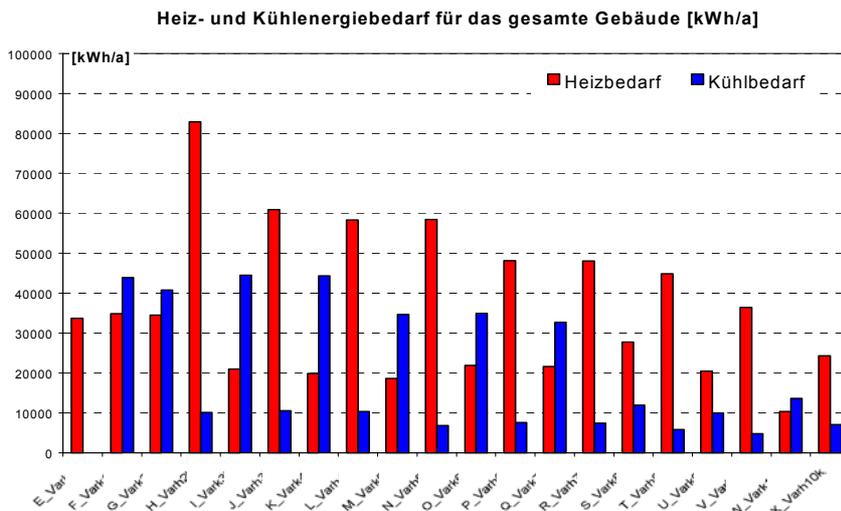


Abbildung 21: Konsequente Reduktion des Energiebedarfs für Heizen und Kühlen.

Durch consequente Optimierungsarbeiten in Kombination mit der dynamischen Gebäudesimulation konnte schlussendlich erreicht werden, dass für die jeweils extremen Klimate der Heizwärmebedarf unter  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  sowie der Kühlenergiebedarf unter  $8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  liegt.

Die Frischluftversorgung erfolgt über eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wärmerückgewinnungsgrad 80%, Luftvolumenstrom von etwa  $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Die Vereisungsvermeidung an der Fortluftseite der Wärmerückgewinnung übernimmt entweder ein luftdurchströmter Erdreichwärmetauscher oder eine hydraulische Auskopplung aus dem Erdsondenkreis. Die Erdsonden wurden so dimensioniert, dass sowohl im Winter der Raumwärmebedarf in Kombination mit einer hocheffizienten Wärmepumpe, als auch im Sommer die Kühllasten des Bürogebäudes alleine aus Umweltenergien (nach dem Prinzip des „direct cooling“) kompensiert werden können. Eine zugrundegelegte natürliche nächtliche Entlüftung des Atriums war die Basis für die Dimensionierung der Erdsonden, was zu einer Sondenlänge von rund  $700 \text{ m}$  geführt hat. Schwerpunkt der Auslegung war der Betriebsfall „direct cooling“ im Sommer. Neben der Zuluft wird Wärme und Kälte auch über Flächenelemente abgegeben.

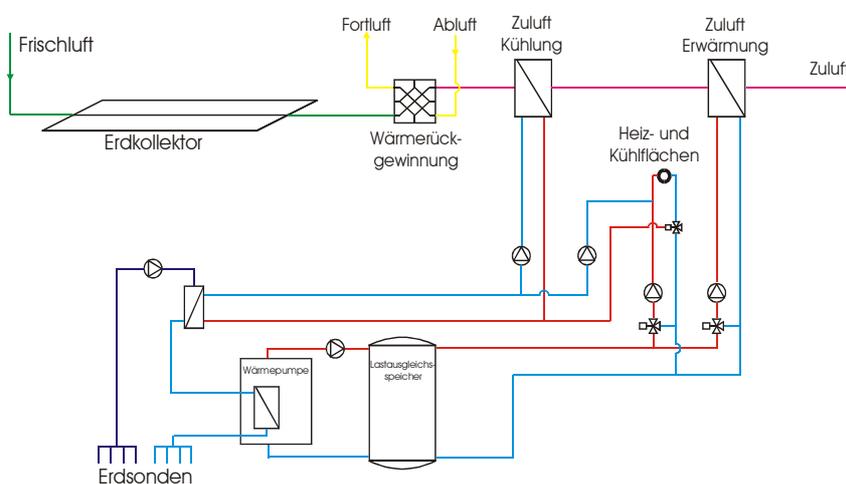


Abbildung 22: Blockschild zur Wärme- und Kälteversorgung des MIVA-Bürogebäudes

Durch die consequente Lastenreduktion und die effiziente Bereitstellung von Wärme und Kälte kann der Energiekennwert für Primärenergie (Passivhausstandard: max.  $80 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , ohne Bürogeräte, EDV und Beleuchtung) deutlich unterschritten werden. Zusätzlich wird der Strombedarf der Wärmepumpe mit einer  $80 \text{ m}^2$  netzgekoppelten Photovoltaikanlage kompensiert.

Im Februar 2003 erfolgte der Spatenstich, im Oktober 2003 soll das insgesamt über  $2000 \text{ m}^2$  umfassende Passiv-Verwaltungsgebäude seiner multifunktionalen Nutzung übertragen werden. Umfassende Bauüberwachung sowie ein detailliertes Gebäude-Monitoring bilden einerseits die Säulen der Qualitätssicherung sowie andererseits die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch und zur Verbreitung der Ergebnisse.

## 7 Literaturverzeichnis

Arbeiterkammer Wien, 2001:

Studie der Wiener Arbeiterkammer; Wien, 2001

Eicker, 2001:

Ursula Eicker: Tagungsbeitrag „Solares Kühlen: Einführung in die Technologie“ zum ersten Symposium „Solares Kühlen in der Praxis, Stuttgart, 2001.

EU, 2000:

Europäische Union; Green Paper – Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply, Technical Document, Brussels, 2000

Fink et. al., 2002:

Christian Fink, Ernst Blümel, Robert Kouba, Richard Heimrath: Endbericht zum nationalen Projekt „Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern“, GZ 178.044/1-V/A/6/2000, AEE INTEC, Gleisdorf, 2002.

TRNSYS, 2000:

Klein, S. A.; Beckmann, W. A. et. al.; A Transient System Simulation Programm – Version 15; Solar Energy Laboratory, University of Winconsin – Madison, USA; Vertrieb in Deutschland: Transsolar Energietechnik, Stuttgart.

Weber et al, 1999

Lukas Weber et al : Energieverbrauch in Bürogebäuden, ETH Zürich, Zürich, 1999

Zimmermann, 1999:

Mark Zimmermann: Handbuch der passiven Kühlung, ISBN 3-905594-06-4, EMPA ZEN, CH-8600 Dübendorf, 1999.