

**Neubau Institut für
Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Freiburg**

**Kybernetische Projektbetreuung
Erfolgskontrolle vom 1.1.2006 bis 31.12.2008
Abschluss-Bericht**



DELZER
KYBERNETIK

Tüllinger Str. 90

D-79539 Lörrach

Tel: +49 (0)7621 9577 0

Fax: +49 (0)7621 9577 20

info@delzer.de

www.delzer.de

Gefördert aus dem Innovationsfonds Klima und Wasserschutz der badenova AG& Co. KG



Inhaltsverzeichnis

1	ZIEL DER ANALYSE	3
1.1	AUFTRAGSZIEL	5
1.2	LEISTUNGSUMFANG	6
1.3	VERGLEICH DES ENERGIEBEDARFS ZUR PROGNOSE 2002	6
1.4	MSR-KONZEPT FÜR DIE BÜROZONE AUF DER SÜDSEITE	6
2	ZUSAMMENFASSUNG	8
2.1	ENERGIEVERBRAUCH BÜROZONE MIT ENERGIEFASSADE	8
2.2	BEHAGLICHKEIT	8
3	BESTANDSAUFNAHME UND ENERGIEBEDARF	11
3.1	GESAMTKONZEPT	11
3.2	ENERGIEBEDARF	13
4	ANALYSE	14
4.1	ENERGIEBEDARF/VERBRAUCH ALS PROGNOSE	14
4.2	KENNWERTE IM VERGLEICH FÜR INSTITUTSGEBÄUDE DER MEDIZIN	16
4.3	FASSADENTEMPERATUREN	18
4.4	BEHAGLICHKEIT	19
4.5	ENERGIEBEREITSTELLUNG	23
5	EMPFEHLUNG	24
5.1	AUSBLICK UND ZUSAMMENFASSUNG DER EMPFEHLUNGEN	24
5.2	BÜROGEBÄUDE	24
5.3	RESUMEE DER BETREUUNG	24

1 Ziel der Analyse

Mit dem Neubau der Umweltmedizin wurden auf mehreren Gebieten Innovationen entwickelt und umgesetzt.

Ziel der Analyse war es zu überprüfen, ob die in Entwurf und Realisierung gesetzten Ziele für Gebäude- und Haustechnik sich in den ersten zwei Betriebsjahren bestätigt haben, oder ob es in diesen Bereichen Optimierungsbedarf gibt.

Der Schwerpunkt der Analyse war die energietechnisch komplexe Bürozone, die durch eine natürliche Lüftung über die Energiefassade belüftet und beheizt wird. Zusätzlich wird die Doppelfassade durch die Koppelung mit einem Erdregister im Volumenstrom verstärkt. Dieses System wird ausserdem zur Reduktion des Heiz- und Kühlenergiebedarfs genutzt.

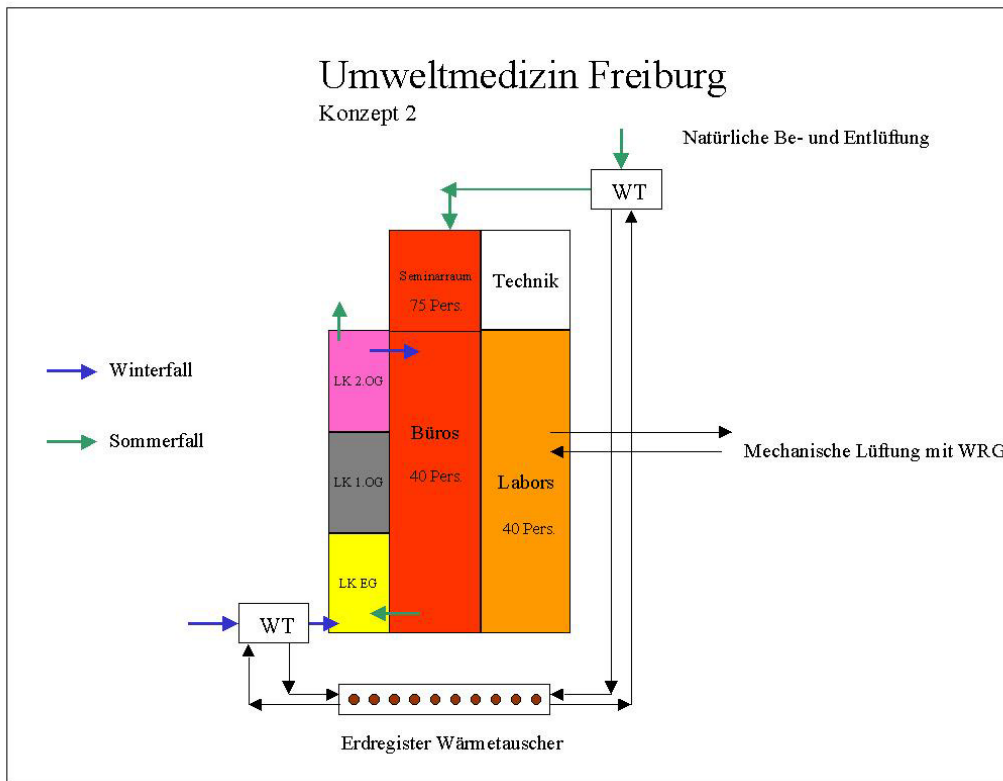
Konzeption und Ziele der Gebäude- und Haustechnik



Bild 1.1 IUK Südfassade als Energiefassade EG bis 2.OG.

Das Bild zeigt die Südfassade mit den drei Energiegärten und die Energiefassade mit dem hellen Holz als Brettstapelkonstruktion.

Das helle Holz wurde mittels dynamischer Simulation bestimmt und auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf hin optimiert.



Grafik 1.1 Grundprinzip natürlichen Lüftung mit Luftkollektor und Erdregisterunterstützung

In der Grafik sind zwei Fälle dargestellt, der Winter- und der Sommerfall.

Im Winterfall strömt die Luft über den Wärmetauscher im EG in den Luftkollektor LKEG (**L**uft**k**ollektor **E**rdgeschoss) und von dort in die Büros im EG, 1.OG und 2.OG. Aus den Büros wird die Luft über den Zentralschacht nach oben über den Wärmetauscher WT im Dachbereich nach aussen geführt. Mit dem Wärmetauscher im EG (LKEG) und Wärmetauscher (WT) im Dachgeschoss kann die Abwärme zurückgewonnen und über den Wärmetauscher im LKEG für die Zulufterwärmung gewonnen werden.

Im Sommerfall strömt die Luft über den Wärmetauscher im DG in den Zentralschacht und von dort in die Büros im 2.OG, 1.OG und EG. Aus den Büros wird die Luft über den Luftkollektor nach oben nach aussen geführt. Mit dem Wärmetauscher (WT) im Dachgeschoss kann die Zuluft gekühlt werden. Ist die Zuluft kälter als die Umgebungsluft, wird die natürliche Lüftung verstärkt. Eine weitere Verstärkung der Lüftung erfolgt mit der höheren Temperatur im Luftkollektor.

Der Gebäudeentwurf wurde zur Untersuchung der Lüftungskonzepte in sieben thermisch und lufttechnisch gekoppelte Temperaturzonen aufgeteilt und dynamisch simuliert und optimiert.

Folgende Zonierung wurde für die dynamische Simulation vorgenommen:

- Zone 1: Mittlerer Gebäudeteil von EG bis 3.OG - Büros
- Zone 2: Nördlicher Gebäudeteil von EG bis 2.OG - Labors
- Zone 3: Erdregister unter UG
- Zone 4: Luftkollektor EG
- Zone 5: Luftkollektor 1.OG
- Zone 6: Luftkollektor 2.OG
- Zone 7: Wintergarten

Eine detaillierte Funktionsbeschreibung siehe Bericht uwm-Ber1.doc

Die weiteren innovativen Umsetzungen wie die minimale, an den Bedarf angepasste Lüftung für die Labore waren nicht Bestandteil unseres Auftrags für die Erstkontrolle und Betreuung. Die über zwei Jahre angelegte Betreuung für die Bürozone und Energiefassade mit natürlicher Lüftung sollte die bei der Planung angestrebte Funktion sicherstellen und nachweisen. Es sollten damit neue Planungsstrategien etabliert werden.

Durch das Konzept sollte eine im Kosten-Nutzen Verhältnis optimierte Lösung entstehen. Dabei war der gezielte Mehrfachnutzen einer Massnahme ausdrücklich angestrebt und erwünscht. Dieses auch in der Natur genutzte Prinzip widerspricht der üblichen Vorgehensweise von Fachexperten, die Wert auf die klare Trennung von Verantwortungen achten, auch wenn diese Trennung die Investitions- und Betriebskosten erhöht.

Die Kybernetik verbindet das Expertenwissen und strebt integrale Lösungen an. Das reduziert die Investitions- und Betriebskosten gleichzeitig.

1.1 Auftragsziel

Optimierung der technischen Anlagen für einen energie- und kostensparenden Betrieb durch Anpassung an den Leistungsbedarf und die realen Nutzungszeiten.

Basis sind die mit dem Leitsystem erfassten Messdaten.

Zusätzlich werden punktuell mit 2 Dataloggern die Verläufe der Temperatur und relativen Luftfeuchte erfasst, die Datalogger werden vom UBA bereitgestellt.

Die Luftqualität wird mit einem CO₂-Handmessgerät zu definierten Situationen (minimaler Luftwechsel bei ungünstigen Wetterbedingungen) und nach Bedarf erfasst. Das CO₂-Messgerät wird von Delzer Kybernetik zur Verfügung gestellt.

Der Zeitraum für die Betreuung beträgt 2 Jahre nach Inbetriebnahme.

1.2 Leistungsumfang

Optimierung der Betriebsführung und Beratung zum Nutzerverhalten durch:

- Auswertung von Betriebsaufzeichnungen und Energieverbräuchen
- Begehung der Liegenschaft
- Überprüfung Mess-, Regel- und Steuerungsparameter
- Überprüfung der natürlichen Lüftung und Energiefassade
- Überprüfung Sollwerte und Betriebszeiten
- Messung von Raumtemperaturen, Feuchte, ggf. Medientemperaturen etc.
- Beobachtung Nutzerverhalten (Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Wasser)
- Dokumentation des Prüfergebnisses für die natürliche Lüftung.
- Beratung der Nutzer und Betreiber vor Ort

1.3 Vergleich des Energiebedarfs zur Prognose 2002

Zu Beginn des Projektes wurden mit DK-SOLAR / DK-INTEGRAL dynamische Simulationen zur Konzeptentwicklung und Optimierung durchgeführt.

Die Ergebnisse wurden in folgendem Bericht dokumentiert und an die Projektbeteiligten 2002 übergeben:

THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION
Umweltmedizin, Freiburg vom 21.10.2002

1.4 MSR-Konzept für die Bürozone auf der Südseite

Zu Beginn des Projektes wurden mit DK-SOLAR / DK-INTEGRAL dynamische Simulationen zur Konzeptentwicklung und Optimierung des Regelungskonzeptes durchgeführt. Diese konnten in der notwendigen Form nicht umgesetzt werden, die Programmierung von Regelstrategien ist nicht Stand der Technik, deshalb wäre der Aufwand und somit die Kosten zu gross gewesen. Es wurden Vereinfachungen programmiert, die nach den ersten Betriebserfahrungen angepasst wurden.

Die natürliche Lüftung soll folgende Ziele erreichen:

1. Gute Luftqualität
2. Minimierter Energiebedarf für Heizung und Kühlung
3. Kontrollierter Luftwechsel, Luftströmung im behaglichen Bereich

Zusammenfassung der Regelungsfunktionen

3 Basisprogramme: Heizen, Kühlen, Neutral

1. **Heizen** mit der Doppelfassade
 - Zuluft über die Fassade und Abluft über die Zentralschächte
 - Wärmerückgewinnung mit Kreislaufverbundsystem
Zu- und Abluft oben/unten im Sinne der Behaglichkeit umschaltbar realisieren.

Die Luftströmung in diesem Fall ist immer eindeutig, da ein Heizfall mit tieferen Gebäudetemperaturen als die Umgebungstemperatur sehr unwahrscheinlich ist.

2. **Kühlen** mit der Doppelfassade
Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden, da die Strömungsrichtung sich in Funktion der Doppelfassaden- und Gebäudetemperatur einstellt.
 1. Die Temperaturen im Gebäude sind höher als in der Doppelfassade/Energiefassade/Umgebung. Das ist in der Übergangszeit mit geringem Kühlbedarf häufiger der Fall.
Hier ist folgende Einstellung notwendig:
 1. Die Fassade wird maximal gespült: Klappen oben/unten offen
 2. Die Zuluft erfolgt über die Fassade und die Abluft über den Zentralschacht.
 2. Die Temperatur im Gebäude ist tiefer als die Umgebungstemperatur.
Hier ist der Kühlenergiebedarf maximal.
 1. Die Energiefassade ist unten geschlossen und oben offen, damit verstärkt der thermische Auftrieb in der Doppelfassade den Luftwechsel.
 2. Zentralschächte offen
 3. Register im Zentralschacht kühlt die Zuluft.
 4. Die Zuluft erfolgt über den Zentralschacht und die Abluft über die Fassade.

3. **Neutral**

Hier wird innerhalb des Behaglichkeitsbereichs die natürliche Lüftung genutzt, um die Luftqualität und die Temperaturen im optimalen Bereich zu halten. Da hier die Energiebilanz nicht dominiert, kann die Luftqualität optimiert werden.

2 **Zusammenfassung**

Im Laufe der Betreuung wurden folgende Massnahmen zur Verbesserung umgesetzt.

Die Energiefassade im Süden war nicht steuerbar, da die Klappen unten nicht die einzigen Öffnungen waren. Die fehlenden Abdichtungen wurden nachgerüstet.

Die Wärmetauscher für die Zuluft waren nur teilweise funktionsfähig und mussten deshalb nochmals entlüftet werden.

Die Regelung wurde in mehreren Stufen optimiert. Die vorhandenen Klappen in der Energiefassade sind für eine Einzelregelung der Zonen geeignet. Diese Funktionserweiterung ist eine sinnvolle Massnahme zur Steigerung der Behaglichkeit.

Der vorhandene innenliegende Sonnenschutz wurde verbessert (siehe Analyse Bericht vom 30.8.2007).

2.1 **Energieverbrauch Bürozone mit Energiefassade**

Es ist erfreulich, dass die Bürozone mit Energiefassade den mittels dynamischer Simulation ermittelten Energiebedarfswert in den zwei Betriebsjahren jedes mal geringfügig unterschritten hat.

Das wurde trotz der Umsetzungsschwächen (Luftklappen, Innenabdichtung, Sonnenschutz) erreicht.

Hier kommt der Vorteil der Energiefassade mit Luftkollektor und TWD Eigenschaften (TWD = Transparente Wärmedämmung) zum tragen. Je nach Nutzung ist die Luftkollektor- oder TWD-Eigenschaft wirksamer für die Energieeinsparung. Diese integrale Lösung ist deshalb robust bezüglich Änderungen in der Nutzung beim Energiebedarf. Die Praxis bestätigt somit die im Vorfeld mittels dynamischer Simulation gewonnenen Erkenntnisse.

Der 2002 simulierte Energiebedarf für die Bürozone ist 81903 kWh/a, für 2008 wurde ein realer Heizenergiebedarf von 80 690 kWh/a ermittelt.

2.2 **Behaglichkeit**

In der Bürozone wurde bisher eine angenehme Behaglichkeit erreicht, wobei in kritischen Wettersituationen aber noch Zegerscheinungen

auftreten können. Diese Zugscheinungen können über eine Einzelregelung der Fassadenklappen für die Bürozonen gelöst werden. Diese Einzelregelung in den Büros war nicht von vorne herein vorgesehen, macht aber für weitere Planungen Sinn.

Thermische Qualität

In der Anfangsphase waren die Büroräume im Sommer deutlich zu warm, da sowohl die Bauteilaktivierung noch nicht eingeschaltet worden war und die Fassade teilweise Undichtigkeiten aufwies.

Die dadurch erreichten Temperaturen von 31 bis 33°C entsprechen dem Szenario, das bei der dynamischen Simulation mit DK-Integral für den Betrieb ohne Bauteilaktivierung prognostiziert wurde.

Die Bauteilkühlung der Bürozone dient der Regeneration des Erdregisters für die Heizung im Winter mittels Wärmepumpe.

Für einzelne Eckräume (Ost-Süd und Süd-West) war die Bauteilaktivierung nicht ausreichend.

Mit ein Grund war der innenliegende Sonnenschutz, der weit vom Fenster nach innen eingebaut wurde. Das sorgte für eine starke Erwärmung dieses Zwischenraumes mit entsprechend hoher Wärmestrahlung in den Raum. Mit der Nachrüstung des Sonnenschutzes wurde eine deutliche Verbesserung erreicht.

Im Winter wurde es teilweise wegen Zugscheinungen als zu kalt empfunden. Der Grund war die undichte Fassade und die fehlende Zonenregelung für die Fassadenklappen. Deshalb wurden die Fassadenklappen in den Nutzungszeiten geschlossen.

Zukünftig ist auf regelbare und nach DIN dichtschiessende Klappen zu achten, damit sind auch die Bedingungen für den folgenden Punkt, die Luftqualität, besser kontrollierbar.

Luftqualität

Mit den geschlossenen Fassadenklappen war bei allen Messungen die Luftqualität mit CO₂-Werten besser als 1000 ppm und somit im guten Bereich für Bürogebäude. Für die Materialausdünstungen war der Luftwechsel bei geschlossenen Fassadenklappen nicht immer ausreichend, deshalb gab es auch entsprechend negative Rückmeldungen über die Luftqualität.

Als Kompromiss wurde die Lüftung wegen der Zugscheinung auf die Zeiten vor der Nutzung am Morgen und über die Mittagszeit beschränkt. Das entspricht einer Stosslüftung. Aktuell ist die Lüftungszeit starr auf eine Stunde eingestellt, das hat den Nachteil der hohen Auskühlung bei tiefen Umgebungs-Temperaturen im Winter. Zukünftig ist es sinnvoll, von einer Steuerung auf ein geregeltes Konzept umzustellen. Zum Beispiel

Orientierung der Lüftungszeit in Funktion der relativen Luftfeuchte, oder bei tiefen Umgebungstemperaturen Reduktion des Lüftungszeitintervalls, da bei grossen Temperaturdifferenzen der Luftwechsel deutlich höher ist.

Im Neutralzustand, die Lüftung beeinflusst den Heiz- und Kühlenergiebedarf nur minimal, ist die Luftqualität das Hauptkriterium für die Luftqualität bezogen auf die Qualität der Umgebungsluft. Hier war angedacht, alle Klappen offen zu halten, um ähnliche Bedingungen wie beim Sitzen im Freien zu schaffen. Die erzeugten Bedingungen in den Büros kamen dem Ziel sehr nahe, leider hat sich das in der Praxis als Zugserscheinungen bis zu fliegenden Blättern an einigen Arbeitsplätzen bemerkbar gemacht.

Für weitere Projekte in dieser Art sollten die Luftauslässe so ausgeführt werden, dass die Nutzer lokal den Frischluftstrom einstellen können.

Ideal wären proportional einstellbare Klappen, nicht nur „auf/zu“ und vor allem Klappen mit besserem Luftabschluss. Wie unter dem Punkt thermische Behaglichkeit ausgeführt, sollten auch aus Gründen der Luftqualität nach DIN dicht schliessende Klappen eingesetzt werden, das reduziert den Einfluss des Winddruckes.

3 Bestandsaufnahme und Energiebedarf

3.1 Gesamtkonzept

Für den Neubau der Umweltmedizin wurden für einen guten Luftwechsel mehrere Massnahmen gekoppelt.

Die treibenden Kräfte für die Lüftung sind der natürliche Auftrieb im Gebäude im Winter, sowie der Auftrieb in der Doppelfassade/ Luftkollektoren im Sommer. Verstärkt wird der Luftaustausch im Sommer durch die Kühlung der Zuluft mit dem Erdregister auf dem Dach. Das gilt für die extreme Sommersituation, in der die Umgebungstemperatur höher ist als die Temperatur in den Büros.

Das System verhält sich insgesamt wie erwartet.

Folgende „Störgrössen“ beeinflussen das System und sollten zukünftig mit berücksichtigt werden:

1. Wind, hier wurde der kräftige Wind unterschätzt.
2. Nutzerverhalten durch öffnen der Fenster
3. Querkoppelung der Geschosse durch die einheitliche Regelung der Fassade, vor allem der Büroräume und des Energieschachts über alle Geschosse

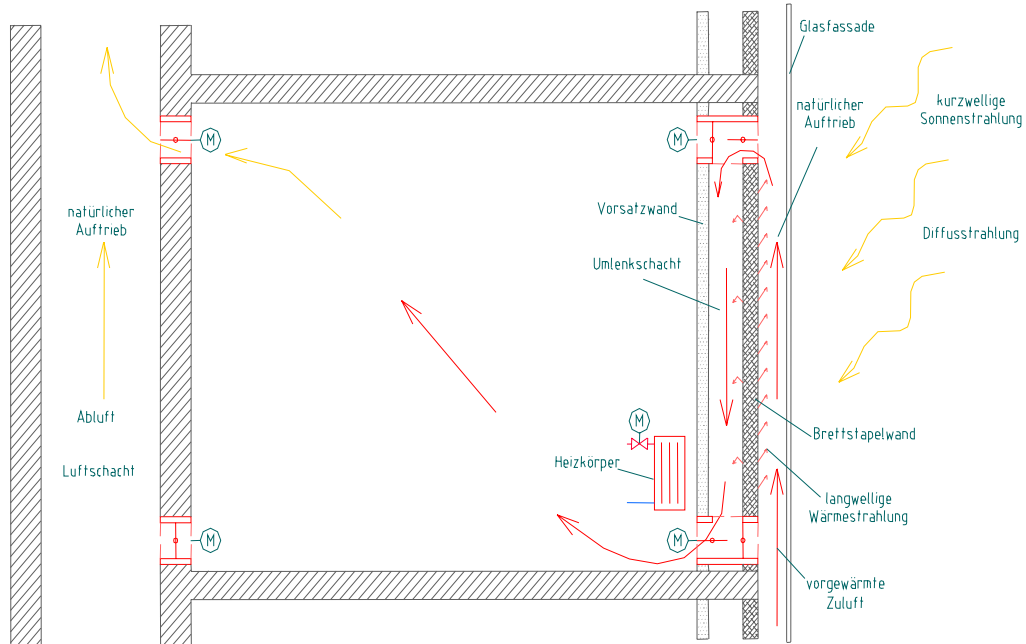
Die Auswirkung der „Störgrössen“ war nicht immer einfach nachvollziehbar, da das Nutzerverhalten nicht in dem notwendigen Masse erfasst werden konnte.

Wäre die Fassadenfunktion und der Sonnenschutz voll erfüllt, dann hätten alle Störgrössen einen deutlich kleineren Einfluss gehabt und wären deshalb auch nicht so wahrgenommen worden. Der Nutzer hätte zum Beispiel weniger häufig auf die Fensterlüftung zurückgegriffen, um die Behaglichkeit zu verbessern.

Der kräftige Wind beeinflusst die natürliche Lüftung. Hier kann aus der Störung eine sinnvolle Nutzung des Windes mit einem Stau- und Saug-System eingebracht werden. Das wäre zum Beispiel eine aerodynamisch geformte Zu- und Ablufteinheit auf dem Dach, diese könnte auch jederzeit nachgerüstet werden. Die Nutzung des Windes zur Lüftungsunterstützung im Zu- und Abluftbereich, könnte auch für die Labore genutzt werden, das ist eine zusätzliche Massnahme zur Einsparung der Lüftungsenergie. Die Steuerbarkeit des Luftvolumenstromes ist aber auch hier zu beachten, sonst wird die Stromeinsparung durch Zugscheinung ersetzt.

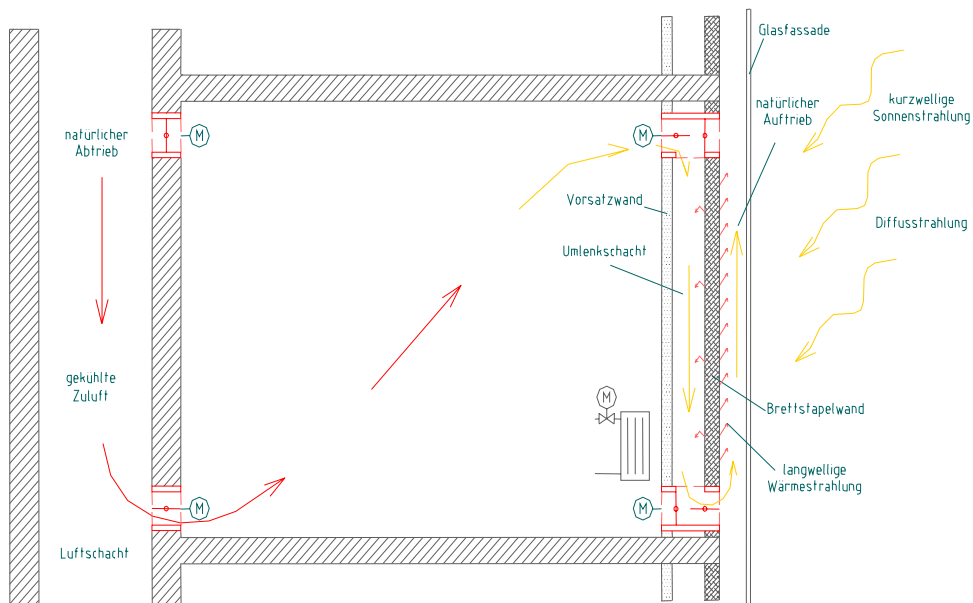
Die folgenden Grafiken 3.1.1 und 2 veranschaulichen die natürliche Lüftung (T_u = Umgebungstemperatur, $T_{Büro}$ = Bürotemperatur).

Natürliche Bürolüftung Winter im Detail



Grafik 3.1.1 Grundprinzip der Lüftung im Winter $T_u < T_{Büro}$

Natürliche Bürolüftung Sommer im Detail



Grafik 3.1.2 Grundprinzip der Lüftung im Sommer $T_u > T_{Büro}$

3.2 Energiebedarf

Nach zwei Betriebsjahren liegen belastbare Verbrauchswerte vor. Die folgende Tabelle zeigt den aktuellen Energiebedarf für die Bürozone und das Labor.

Nutzfläche / NF IUK Bürozone		in m ²	1581,55
Nutzfläche / NF IUK Labor		in m ²	602,16
Nutzfläche / NF IUK (Ebene -1 bis Ebene +3 beträgt		in m ²	2183,71
Energieverbrauch	Jahr	2008	
IUK	Bereiche	MWh/kWh/m²(NF)a	
	Heizung Büros	80,69	51,02
	Heizung Labor	101,80	169,06
	Strom gesamt	316,73	145,04

Tabelle 3.2.1 Energiebedarf IUK Wärme und Strom 2008

Im Analyseteil 4.1-2 werden diese Daten im Vergleich zur Prognose und Kenndaten zu anderen Gebäude verglichen.

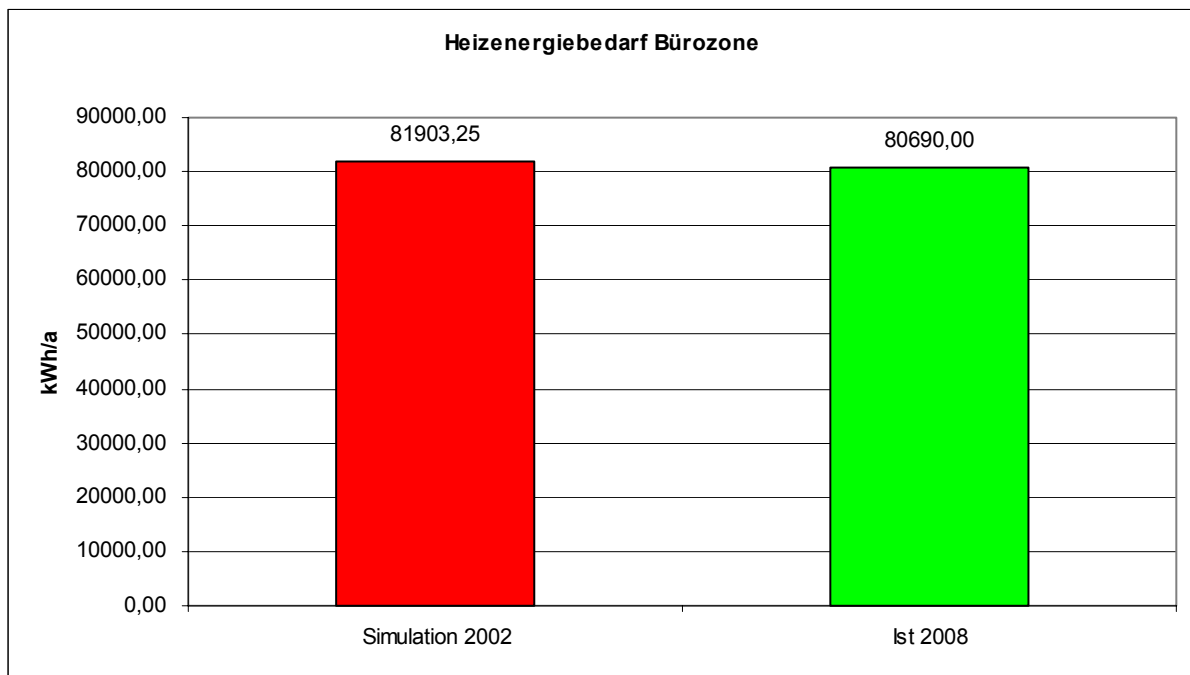
4 **Analyse**

4.1 **Energiebedarf/Verbrauch als Prognose**

Der Vergleich zu dem 2002 mit dynamischer Simulation DK-INTEGRAL / DK-Solar berechneten Energiebedarf liefert erfreuliche Ergebnisse.

Der Heizenergiebedarf für die Büros (HZ Büros) liegt bei 80 700 kWh/a für das Jahr 2008.

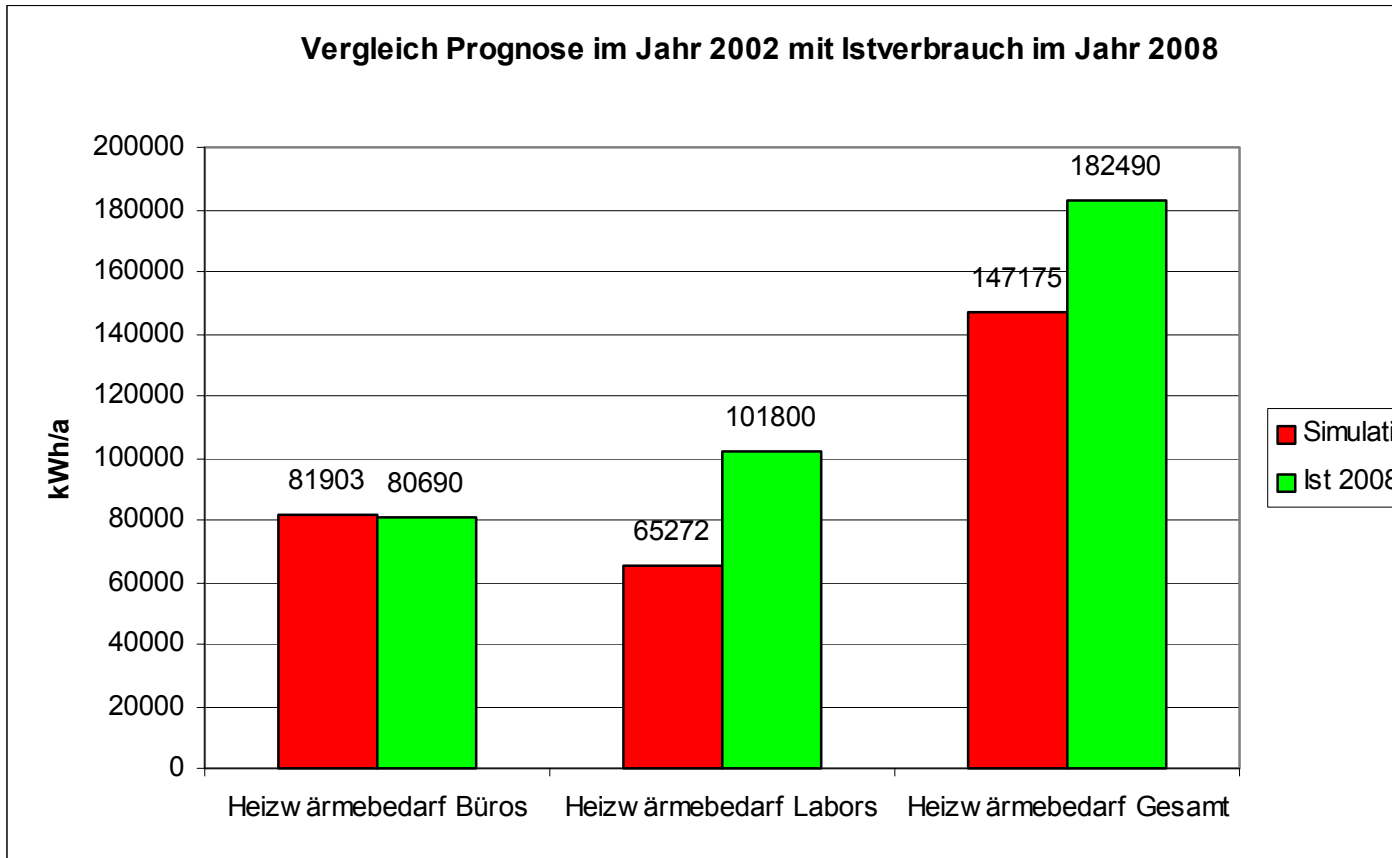
Der im Jahr 2002 simulierte Energiebedarf ist ca. 82 000 kWh/a, das liegt sehr dicht zusammen. Für die komplexen Einflussgrößen und Energieflüsse in der Energiefassade ist das eine sehr gute Übereinstimmung. Die folgende Grafik 4.1.1 verdeutlicht das.



Grafik 4.1.1 Vergleich Heizenergiebedarf Bürozone

Für den Laborbereich ist die Abweichung der stark abweichenden Nutzung grösser. Die folgende Grafik 4.1.2 zeigt den Vergleich Prognose zur Realität.

Hier wird der Heizenergiebedarf in der Gesamtdarstellung Büro und Labor dargestellt. Die Übereinstimmung zwischen Prognose und Realität wird bei komplexen Gebäuden (Energiefassaden, Luftkollektoren, etc) mit DK-INTEGRAL in der Regel mit 10% Abweichung erreicht, was ein sehr guter Wert ist.

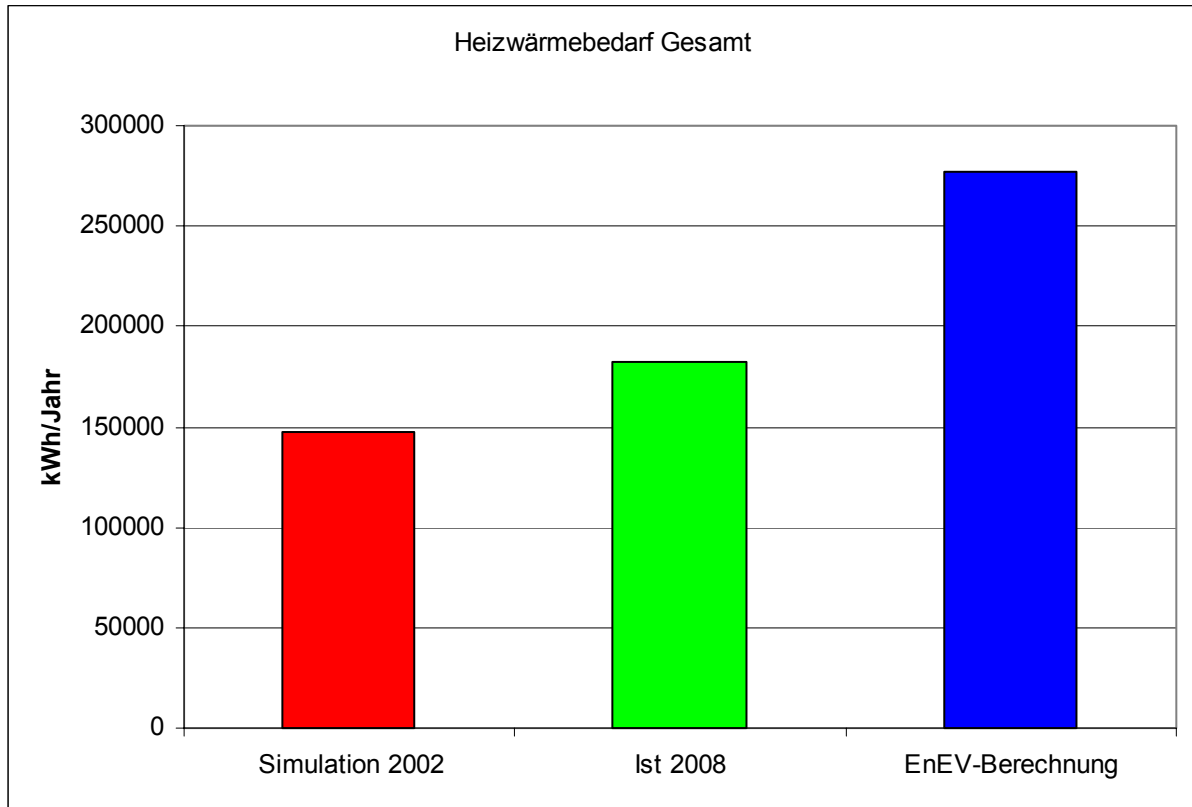


Grafik 4.1.2 Vergleich Heizenergiebedarf Bürozone, Labor und Gesamt

Die sehr gute Übereinstimmung zwischen Prognose und Realität kann nur erreicht werden, wenn das Nutzerverhalten auch sehr gut ist, das wird in der dynamischen Simulation mit DK-INTEGRAL vorausgesetzt. Ist das Nutzerverhalten ungünstig, kann das bei Gebäuden mit sehr tiefem Energiebedarf leicht zu einer Verdoppelung des Energiebedarfs führen.

Für die komplexe Bürozone mit Energiefassade stimmt die Prognose mittels dynamischer Simulation sehr gut überein. Bei der Laborzone war der Luftwechsel höher als auf der Basis für einen minimalen Luftwechsel simuliert. Hier ist sicher noch Optimierungspotential in der Praxis vorhanden.

Die folgende Grafik gibt einen Eindruck für die unterschiedlichen Berechnungsverfahren. Das gesamte Laborgebäude wurde auch nach EnEV für den geforderten Nachweis berechnet. Dieser Wert liegt deutlich über dem real ermittelten Wert, das vermittelt dem Nutzer das falsche Gefühl, das Gesamtgebäude funktioniert optimal. Die Vergleichswerte mittels dynamischer Simulation besagen, hier ist noch einfaches Optimierungspotential vorhanden, das genutzt werden sollte. Die Rückmeldungen zur technischen Anlage, etc. bestätigen das real vorhandene Optimierungspotential.



Grafik 4.1.3 Vergleich Ist-Heizenergiebedarf mit Berechnungsverfahren

Nach EnEV dürfte der Heizenergiebedarf deutlich höher sein als real ermittelt. Da der EnEV-Nachweis den deutlich höheren Energiebedarf für Universitätskliniken nicht mit berücksichtigt, wäre die Abweichung für ein Wohngebäude in gleicher Qualität noch grösser.

4.2 Kennwerte im Vergleich für Institutsgebäude der Medizin

Die folgende Tabelle zeigt die Kennwerte für die Energieträger und die für den Vergleich gewählten Varianten. Für die Gesamtbetrachtung Wärme und Strom wurde der Strom mit dem Faktor 3 gewichtet.

Die Vergleichswerte wurden folgendem Dokument entnommen:

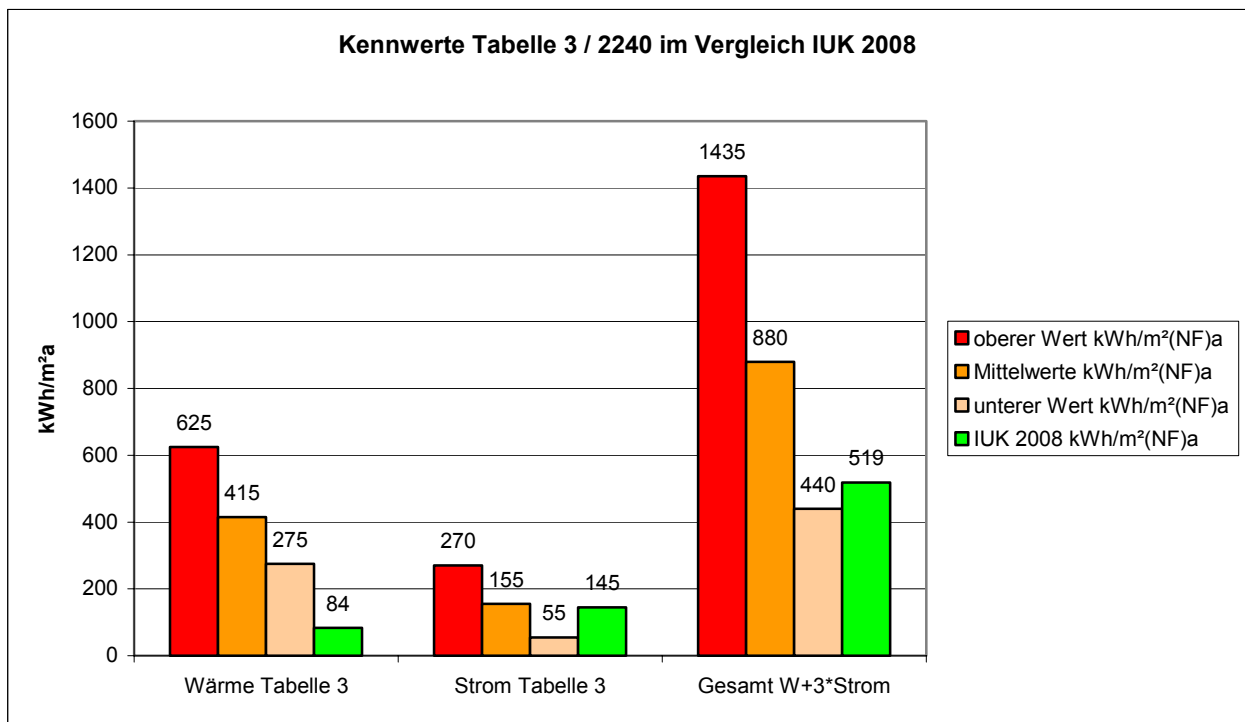
Betriebskosten und Verbräuche
Kennwerte von Hochbauten
Universitäten und Universitätskliniken
Baden Württemberg
Vermögen und Bau 2008

1.2 Wärme, Tabelle 3, 2240

Institutsgebäude 4 (Institute und Forschungsgebäude der Uniklinika, vorklinische Medizin)

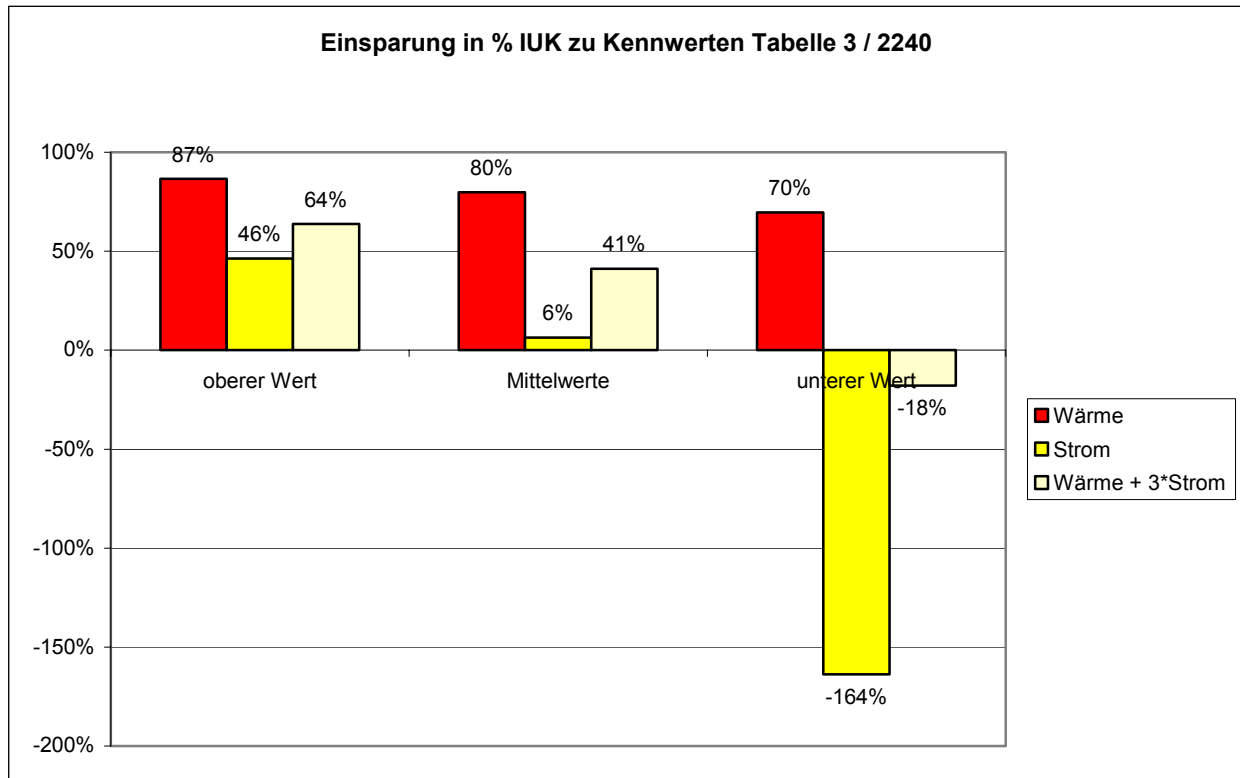
Betriebskosten und Verbräuche, Kennwerte von Hochbauten 2008	oberer Wert	Mittelwerte	unterer Wert	IUK 2008	Einsparung in % zu		
Universitäten und Universitätskliniken	kWh/m ² (NF)a	kWh/m ² (NF)a	kWh/m ² (NF)a	kWh/m ² (NF)a	oberer Wert	Mittelwert	unterer Wert
Wärme Tabelle 3/2240	625	415	275	84	87%	80%	70%
Strom Tabelle 3/2240	270	155	55	145	46%	6%	-164%
Gesamt W+3*Strom	1435	880	440	519	64%	41%	-18%

Tabelle 4.2.1 Vergleich mit anderen Büro- und Laborgebäuden / Universitätskliniken



Grafik 4.2.1 Vergleich spezifische Verbrauchswerte

Das Ergebnis für das IUK ist im Vergleich mit realen Gebäuden sehr gut. Für den Heizenergiebedarf ist es der Spitzenplatz, für den Strombedarf ist es besser als der Durchschnitt.



Grafik 4.2.2 Abweichung des Ist-Verbrauchs mit den spezifischen Verbrauchswerten.

Die Einsparung für die Heizenergie ist für den unteren Vergleichswert 70% und natürlich für den Mittel- und oberen Wert noch besser.

Das ist umso bemerkenswerter, da der Stromverbrauch (gelbe Balken) auch im Vergleich zum oberen und zum Mittelwert besser ist. Nur der untere Vergleichswert, das ist das bisher beste Gebäude für den Strombedarf, ist besser als das IUK für 2008.

Die prozentuale Abweichung zum unteren Wert sieht dramatisch aus, da der untere Wert klein ist.

Der Summenwert (sandfarben) für Wärme und Strom (dreifache Gewichtung) ist um 18 % ungünstiger als der untere Vergleichswert.

Das heisst, in der Gesamtbilanz ist das IUK um 18 % ungünstiger als die Kombination bestes Gebäude mit dem unteren Wärmebedarf und bestes Gebäude mit dem unteren Strombedarf, was nicht das gleiche Gebäude sein muss.

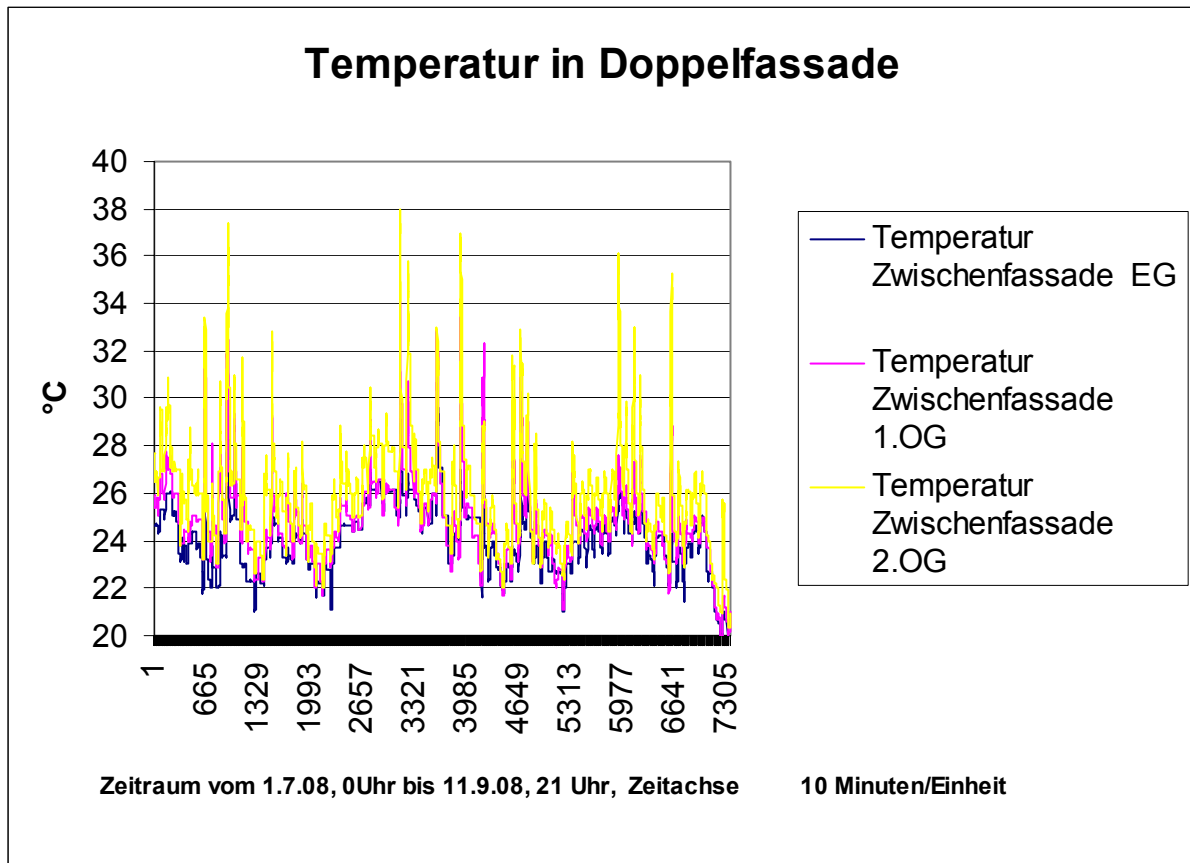
2008 wurden Anlagenoptimierungen durchgeführt, diese reduzieren 2009 den Stromverbrauch. Das wird die Strom- und Gesamtbilanz weiter verbessern.

4.3 Fassadentemperaturen

Der folgende Absatz ist dem Bericht THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION Umweltmedizin, Freiburg vom 21.10.2002 Absatz entnommen.

Im Wintergarten/Luftkollektor 2.OG werden im Sommer ca. **45 °C** maximal erreicht, im Wintergarten/Luftkollektor EG ca. **39 °C**.

Die folgende Grafik für die Temperaturmessungen in der Doppelfassade zeigt die realen Temperaturverläufe in der Doppelfassade, diese liegen für den Messzeitraum etwas tiefer.



Grafik 4.3.1. Die Temperaturverläufe in der Energiefassade/ Doppelfassade von Juli bis Sept. 2008

Die Grafik zeigt folgende Zusammenhänge auf:

Die Temperaturen verlaufen im Sommer 2008 etwas tiefer als in der Simulation 2002 ermittelt. Folgende Punkte können das bewirken:

1. Die Abschattung durch Bäume im Sommer war 2002 so nicht bekannt.
2. Die Absorption des Holzes ist keine exakte Grösse und somit eine Annahme. Für die Ausführung wurde eine möglichst helle Holzsorte empfohlen.

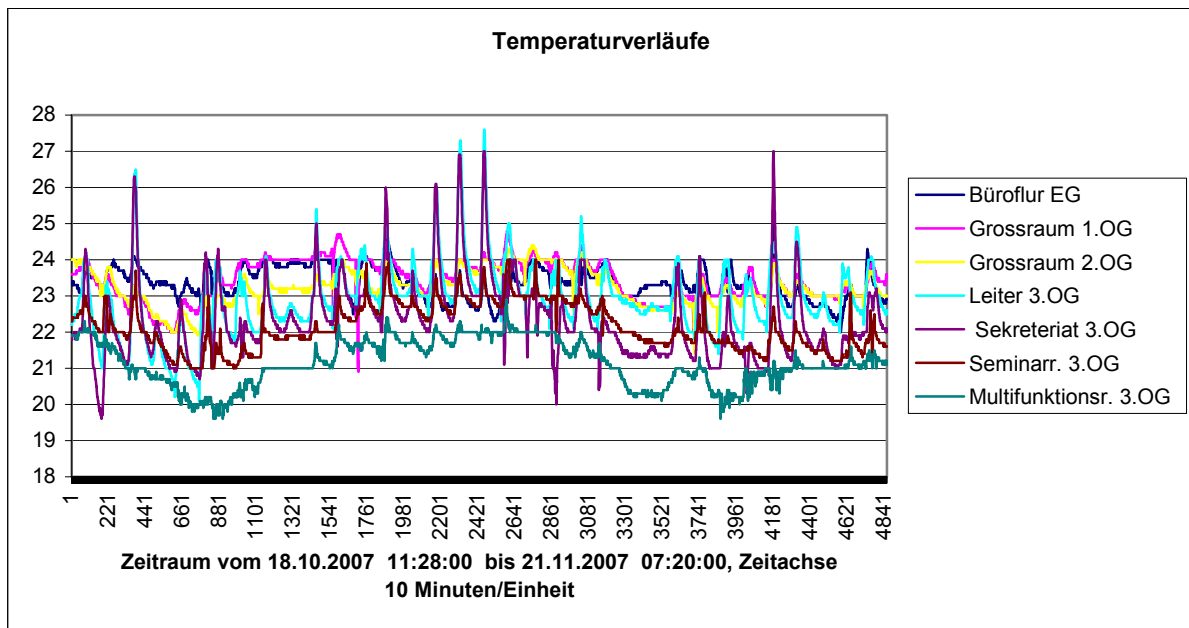
Der Einfluss der Doppelfassade auf das Raumklima ist sehr gut getroffen und liegt somit im erwarteten Bereich.

4.4 Behaglichkeit

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass es keine Schnittmenge für die Temperatur, relative Luftfeuchte und Lichtqualität gibt, bei der 100% der Nutzer zufrieden sind. Eine Quote von 10% der Personen, die mit dem

Raumklima nicht zufrieden sind, ist das bestmögliche Ergebnis, das in Grossraumbüros mit einheitlichem Raumklima erreicht werden kann. Die Rückmeldungen der Nutzer zur Raumqualität waren konkret und konnten im Laufe der Betreuung nachvollzogen werden. Wesentliche Probleme der Behaglichkeit sind in den abgetrennten Eckbüros entstanden, da auch diese in die Gesamtregelung der Grossraumbüros eingebunden sind, aber andere Randbedingungen haben.

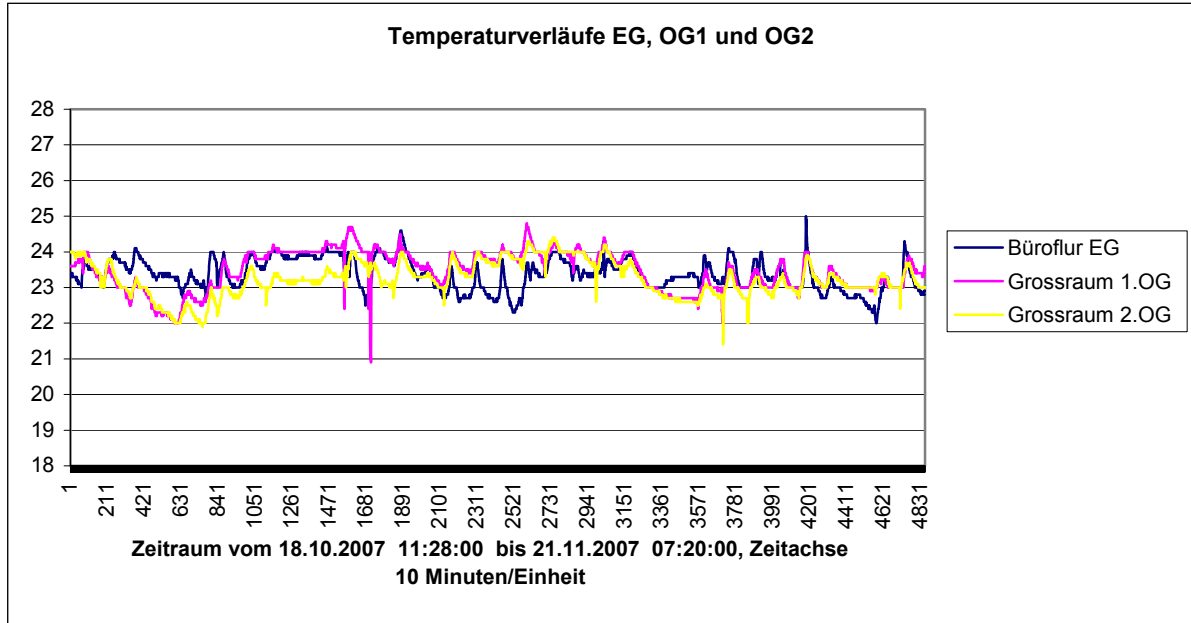
Thermische Behaglichkeit



Grafik 4.4.1 Temperaturverläufe in allen Geschossen

Das 3.OG ist ohne Einfluss der Energiefassade und manuell über Fenster gelüftet und hat die grössten Temperaturschwankungen.

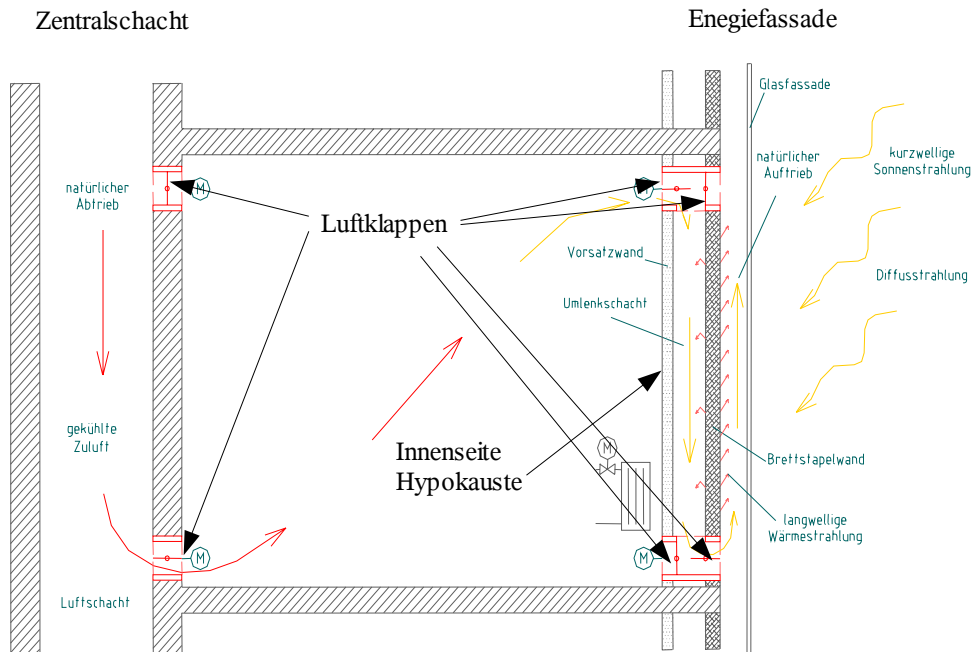
Die folgende Grafik zeigt das EG bis 2.OG mit deutlich ruhigerem Verlauf für den Bürobereich mit der Energiefassade.



Grafik 4.4.2 Temperaturverläufe in den Geschossen EG bis 2.OG

Der Vergleich zur Grafik 4.4.1 mit allen Temperaturverläufen zeigt deutlich den relativ gleichmässigen Temperaturverlauf in den drei Geschossen mit der Energiefassade(EG,1.OG,2.OG). Die Temperaturschwankungen können deshalb nicht die Ursache für das Empfinden „es ist zu kalt“ sein. Die folgende Grafik zeigt schematisch die Situation in den Büros auf. Da in den Geschossen auch Einzelbüros integriert sind und die Lüftungsklappen für die Bürozone über drei Geschosse einheitlich geregelt werden, sind lokale Unterschiede unvermeidbar.

Natürliche Bürolüftung Sommer im Detail



Grafik 4.4.2 Schwachpunkte der Luftführung in der Bürozone

Der thermische Auftrieb ist die Eine, der Winddruck zeitweise die zweite dominante Einflussgrösse. Mit diesen Randbedingungen können im Gebäude störende Luftströmungen auftreten, die als sehr unbehaglich empfunden werden.

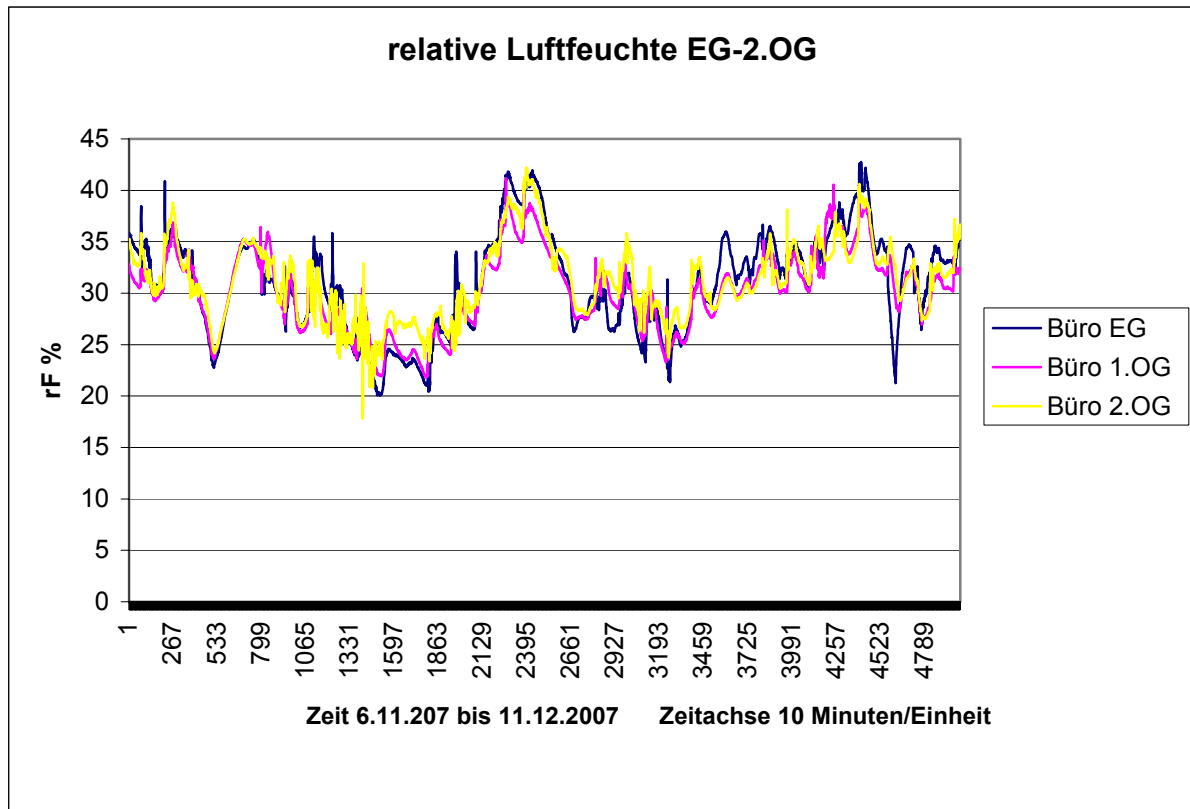
Wegen der hohen Leckluftanteile ist die Steuerbarkeit stark eingeschränkt.

In den Zentralschacht wurde viel Technik installiert, diese behindert den freien Fall der Kaltluft im Sommer. Das verschlechtert die wirksame Falltiefe der Kaltluft durch eine frühe Durchmischung mit der Warmluft im oberen Bereich des Zentralschachts. Das ist besonders in der Startphase ungünstig, der Kreislauf kommt weniger häufig in der optimalen Richtung in Betrieb.

Zukünftig sollte bei natürlichen Luftströmungen auf eine freie Luftströmung geachtet werden.

Die folgende Grafik für die relative Luftfeuchte bestätigt die gleichmässige Durchlüftung aller Geschosse mit Energiefassade. Die Verläufe der relativen Luftfeuchte sind bis auf kleine Ausreisser vergleichbar im Verlauf. Das ist auch bei den Temperaturverläufen Grafik 4.4.2 ablesbar. Die relative Luftfeuchte mit Werten von kleiner 45% ist ein Beleg für einen ausreichend hohen Luftwechsel in den Geschossen. Die zum Teil tiefen Werte unter 25% weisen auf einen zu hohen Luftwechsel in diesem Zeitraum hin.

Luftqualität



Grafik 4.4.3 Verlauf der relativen Luftfeuchte in den Bürozonen

Die relative Luftfeuchte ist eine Kenngrösse für den unkontrollierten Luftwechsel und auch eine Orientierung für die Luftqualität. Die parallel dazu durchgeführten CO₂-Messungen bestätigen die Hypothese der undichten Hülle (siehe Kapitel 2.2).

- Alle CO₂- Messungen vom 7. bis 13.12.2007 sind besser als 850 ppm
- Eine CO₂-Konzentration von 1000 ppm ist ein guter Wert für Bürogebäude

4.5 Energiebereitstellung

Das Gebäude wurde mit einem Erdregister in Kombination mit Wärmepumpen für die Heizung und Kühlung für die Bürozone realisiert. Nach Inbetriebnahme und der Fehlerbeseitigung werden für 2009 belastbare Daten bei der Energiebereitstellung erwartet.

Wichtige Erkenntnis:

Bei der Hydraulik und bei der Regelung ist auf die Verriegelung von Funktionen zu achten.

5 Empfehlung

Folgende Punkte sind Anregungen und Ideen, die in den zwei Jahren der Projektbetreuung entstanden sind. Diese sind für die weitere Umsetzung und abschliessende Optimierung des Projektes, aber auch für die Betreuung im Sinne der integralen Planung für nachhaltige Projekte gedacht.

5.1 Ausblick und Zusammenfassung der Empfehlungen

Der Betrieb sollte weiter die Auswertung der Energiebilanzen und weitere Optimierungen durchführen

5.2 Bürogebäude

Die Quelle der Beschwerden der Nutzer zur Behaglichkeit können auf unkontrollierte Luftströmungen zurückgeführt werden. Die Ursachen sind:

1. Die undichte Gebäudehülle, obwohl die Fassade nach DIN ausgeführt ist.

Die Ursachen für diese Mängel liegen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit an den Lüftungsklappen in den jeweiligen Zonen. Diese sind aus unserer Sicht nicht ausreichend dicht und sorgen deshalb für unkontrollierte Luftströmungen auch im geschlossenen Zustand, vor allem bei Winddruck. Dieser Mangel könnte durch einen Austausch aller Klappen gelöst werden.

2. Die gemeinsame fassadenabhängige Regelung für alle Lüftungsklappen in allen Bürozononen. Hier fehlt die Regelung in den Nutzungszonen und Geschossen.

Die einheitliche Fassadenregelung für alle Klappen ist die einfachste Variante der Regelung, schöpft aber das Potential der vorhandenen dezentralen Klappen in den Nutzungszonen nicht aus. Deshalb ist eine Nachrüstung für eine geschossweise Ansteuerung und eine Zonenregelung realisierbar. Die Erweiterung um die geschossweise Regelung der Lüftung würde die aktuelle Situation deutlich verbessern. Mit der zusätzlichen Übersteuerung der Lüftungsklappen durch den Nutzer in den jeweiligen Zonen könnte das verfügbare Potential voll genutzt werden.

5.3 Resumee der Betreuung

1. Von Betreiberseite ist ein intensiver Informationsaustausch erforderlich, das erleichtert die Erstkontrolle sehr.
2. Die Projektbetreuung für die Inbetriebnahme des Gebäudes war nicht im Auftrag der Haustechnikplanung enthalten, das sollte für die Zukunft geprüft werden.

3. Die Zusammenarbeit mit den Nutzern war sehr konstruktiv und hat das Projekt Schritt für Schritt weiter gebracht. Für die teilweise notwendige grosse Geduld der Nutzer und Betreiber bedanken wir uns sehr.
4. Das Gleiche gilt für alle am Projekt Beteiligten. Jeder hat erkennbar an der Lösung der Aufgaben gearbeitet. Im Sinne einer integralen Planung sind Fortschritte im Vergleich zu Standardprojekten erreicht worden. Das ist der richtige Weg und für die Zukunft steht ein grosses Optimierungspotential weiter zur Verfügung.

Die Erfolgskontrolle für den Neubau IUK und der Abschlussbericht wurde sorgfältig, gewissenhaft und unabhängig nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt.



Siegfried Delzer

Dipl.-Ing. Tech. Kyb.