

Energieeinsparung und Nutzung von regenerativen Energien durch integrierte Gebäudeplanung

Dr. Ing. H. J. Schmitz, Ges. für Licht- und Bautechnik, Dortmund 

1 Einleitung

Die Nutzung der Solarenergie ist nur ein kleiner Bestandteil im Gesamtenergiekonzept des Gebäudes. Im Wesentlichen bestimmen bauliche Rahmenbedingungen und Nutzungsanforderungen den Energiebedarf. Der mittlerweile erreichte Standard der Wärmedämmung der Gebäude macht Verbesserungen im Bereich des Heizwärmebedarfs der Gebäude schwierig. Die Bereiche Kühlenergie und Beleuchtung gerade bei Nichtwohngebäuden rücken damit mehr in das Blickfeld. Mit der bis 2006 in nationales Recht umzusetzenden EU-Richtlinie 2002/91/EG zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wird auch die Kühlung und die Beleuchtung in Bilanzierung einbezogen. Die integrierte Gebäudeplanung beginnt daher nicht erst bei der Auswahl und Dimensionierung der haustechnischen Anlagen. Ein durchdachtes Gebäudekonzept kann durch die passive Nutzung der Solarenergie und einem durchdachten Konzept für die natürliche Lüftung und die Tageslichtbeleuchtung bereits zu einer erheblichen Minimierung des Energiebedarfs beitragen. Das Ziel aller energiesparenden Maßnahmen ist neben der Minimierung der Betriebskosten letztlich die Minimierung der Umweltbelastung, die durch jede Baumaßnahme entsteht. "Belastungen für die Umwelt korrelieren mit den Betriebskosten. Wesentlich sind die Aufwendungen, wie einzelne Beispiele aus dem Jahre 98 zeigen, für

- Strom / Kühlen (15 - 40 €/m²HNF·a)
- Reinigung (15 - 35 €/m²HNF·a)
- Inspektion und Wartung (5 - 35 €/m²HNF·a)
- werterhaltenden Bauunterhalt (5 - 15 €/m²HNF·a)
- Heizen (5 - 15 €/m²HNF·a)¹

¹ "Leitfaden nachhaltiges Bauen", Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2. Auflage 2001

Die Art der Energiebedarfsdeckung des Gebäudes bestimmt dann den Primärenergiebedarf und die Betriebskosten des Gebäudes. Bei der Heizung und Kühlung stehen neben den fossilen Energieträgern auch eine Reihe teilweise bereits wirtschaftlicher regenerativer Energieträger zur Verfügung. Durch die frühe Berücksichtigung kann das Gebäudekonzept auf die besonderen Randbedingungen der verschiedenen regenerativen Energien abgestimmt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn eine nach Süden geneigte Dachfläche für aktive Solarenergienutzung genutzt oder etwa bei Pfahlgründungen Geothermie mit geringsten Mehrkosten integriert werden kann.

2 Integrierte Planung

Bei aller energetischen Optimierung darf jedoch der ursprüngliche Zweck des Gebäudes nicht aus den Augen verloren werden. Es geht zunächst darum, dem Nutzer einen geschützten und möglichst angenehmen Aufenthalts- und Lebensraum bereit zu stellen. Alle energiesparenden Maßnahmen müssen sich dieser Prämisse unterordnen, da letztlich der Nutzer entscheidet, ob ein Gebäude funktioniert. Die Anforderung an ein energiesparendes Gebäude und einen hohen Nutzerkomfort stehen jedoch nicht zwingend im Widerspruch.

- Tageslichtnutzung ermöglicht die Einsparung von Strom für Beleuchtung und führt zu einer von den Nutzern sehr geschätzten Lichtqualität.
- Nutzung der thermischen Speichermassen puffert die Temperaturspitzen und führt damit zu einer Verringerung der erforderlichen Kühl- und Heizleistungen gleichzeitig aber auch zu komfortableren Raumbedingungen durch angenehme Oberflächentemperaturen.
- Aktive Lüftungssteuerung kann z.B. bei Nachtlüftung angenehme Raumtemperaturen im Sommer erreichen und erheblich den Kühlenergiebedarf senken.

Weiter sinnvolle Überlegungen für ein energetisches Gebäudekonzept bleiben für den Nutzer meist bis zur Betriebskostenabrechnung im Verborgenen.

- Nutzung von Abwärme
- Nutzung lokal verfügbarer erneuerbarer Energien (Wind, Biomasse, Geothermie, Grundwasser, Solarstrahlung...)

Wichtig bei einer integrierten Planung ist die frühe Zusammenführung des Planungsteams und die enge Abstimmung mit dem Architekten, dessen Aufgabe es letztlich bleibt die verschiedenen Ideen zusammenzuführen.

3 Beispiele

3.1 Landtag Kiel

Der Neubau des Plenarsaales am Landeshaus Kiel stellte klimatechnisch und energetisch eine besondere Herausforderung dar. Der Wettbewerbsentwurf der Architekten PHAB aus Hannover thematisiert das Thema Transparenz durch einen eigenständigen quadratischen Baukörper, der von seiner Grundidee Maßnahmen wie etwa einen außen liegenden Sonnenschutz verbietet. Bei höchsten Anforderungen an das Raumklima und die Gestaltung sollte gleichzeitig ein energiesparendes Konzept realisiert werden.

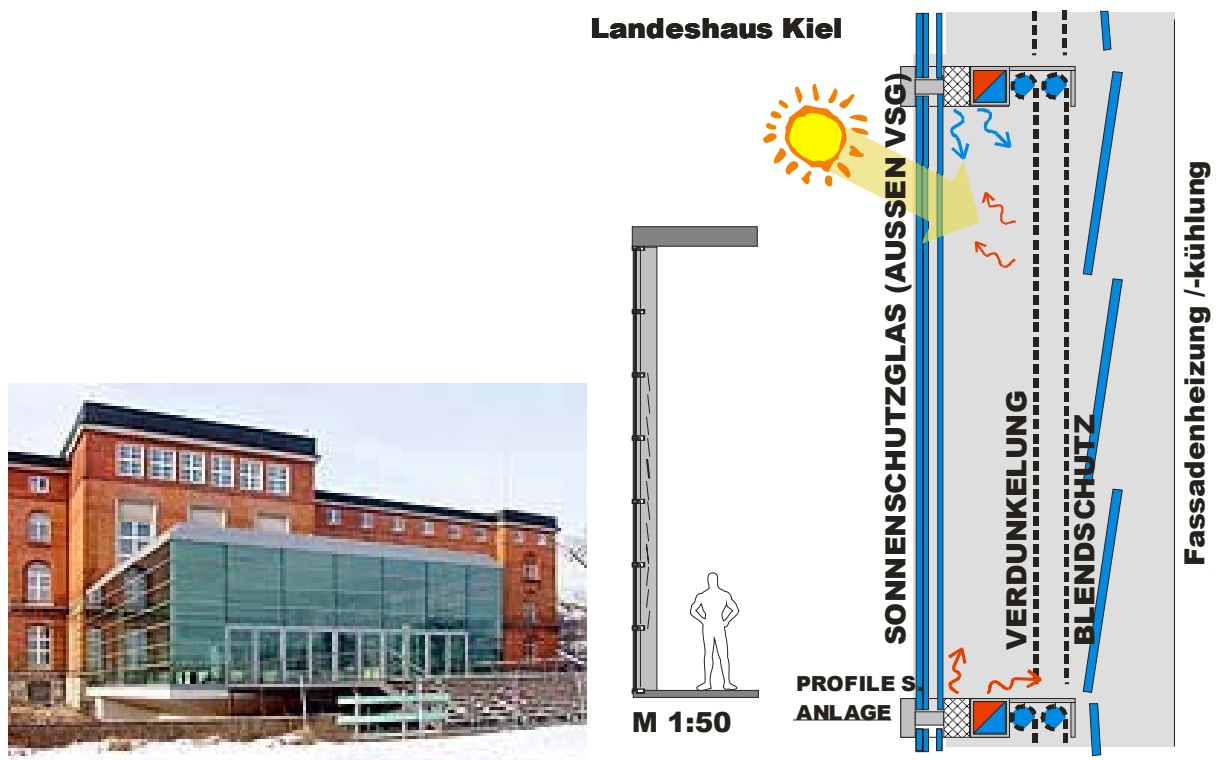


Abbildung 1: Ansicht und Fassadenkonzept des Plenarsaales Kiel

Die Versammlungsstätte macht eine Lüftungsanlage unerlässlich. Um einen möglichst hohen Nutzerkomfort für die Abgeordneten zu erreichen wurde eine Quelllüftung aus dem Boden realisiert. Die Fassade übernimmt neben den Funktionen Heizen, Kühlen, Sonnenschutz, Verdunkelung auch Sicherheits- und raumakustische Anforderungen. Neben dem thermischen Verhalten unter verschiedenen klimatischen und Nutzungsbedingungen wurden auch die Raumluftrömung und die Tageslichtverteilung simuliert, um so die hohen Nutzeranforderungen gerecht werden zu können.

Durch die frühe Zusammenstellung eines Planungsteams konnte der hohe Anspruch des architektonischen Entwurfs erfüllt werden.

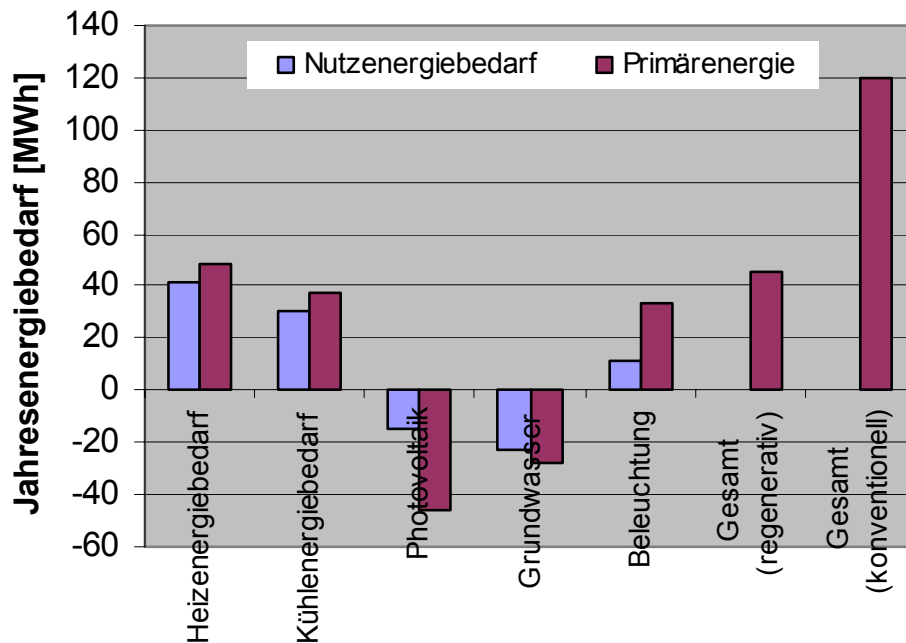


Abbildung 2: Energiebilanz

Nach der thermischen Simulation ergibt sich bereits für den Heizenergiebedarf eine ca. 35%ige Unterschreitung der Anforderungen der seinerzeit noch gültigen WSV95. Durch die Nutzung der Pfahlgründung zur Kühlung sowie einer PV-Anlage auf dem Dach ergibt sich ein für ein solches Gebäude extrem geringer Primärenergiebedarf.

3.2 Deloitte und Touche, Düsseldorf

Der Neubau des Bürogebäudes mit glasüberdachtem Garten-Atrium für Deloitte & Touche in Düsseldorf, wurde von der GLB in Zusammenarbeit mit Deilmann & Koch Architekten Stadtplaner Düsseldorf und Zibell Willner & Partner Ingenieurgesellschaft für TGA mbH geplant.

Ziel der Untersuchungen war die Entwicklung eines optimierten Konzepts unter den Gesichtspunkten der jährlichen Energiekosten sowie der Qualität des Raumklimas bezüglich thermischem Verhalten, Luftströmung und Beleuchtung. Mittels einer dynamisch-thermischen Gebäudesimulation (TRNSYS) wurde ein kompletter Jahresverlauf mit Heiz- und Kühlfall simuliert. Zur Entwicklung einer Lüftungsstrategie wurde die natürliche Lüftung in typischen Büroräumen und dem Atrium unter Berücksichtigung von Wind- und Temperaturverhältnissen simuliert.

Die Tageslichtbeleuchtung in Büros und Atrium wurde für den bedeckten und den klaren Himmel untersucht.

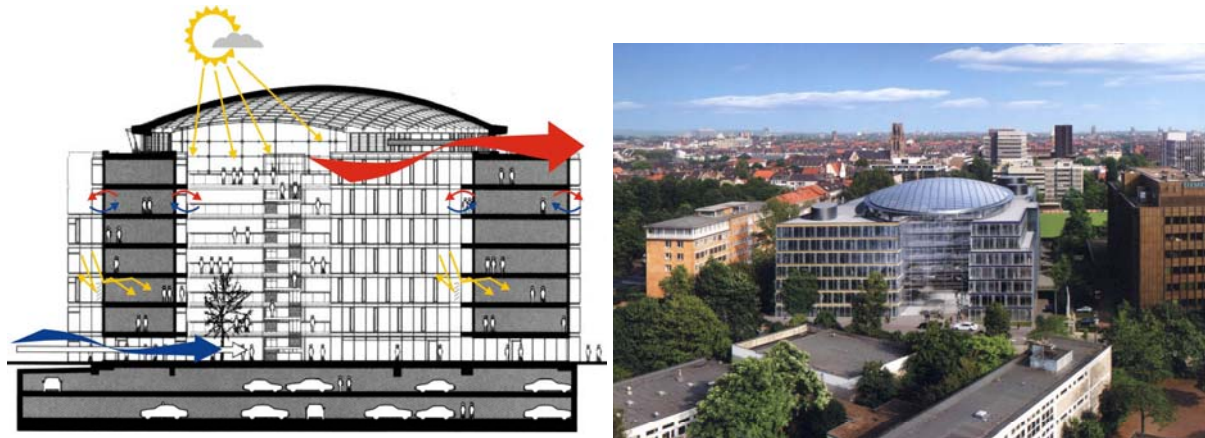


Abbildung 3: Lüftungskonzept des Atriums und der Büros

Von den Nutzern wurden hohe Anforderungen an das Raumklima und den Energiebedarf des Gebäudes definiert, die im Rahmen des Planung nachzuweisen waren.

Tabelle 1 Zusammenfassung Energiebedarf (flächenbezogen)

Gesamtenergiebedarf	IST	SOLL
Heizenergiebedarf	28,4 kWh/m ² a	35,0 kWh/m ² a
Kühlenergiebedarf	15,5 kWh/m ² a	17,0 kWh/m ² a
Stromverbrauch Bel.	ca. 7,9 kWh/m ² a	8,0 kWh/m ² a

Der Jahresenergiebedarf ist quadratmeterbezogen (beheizbare Bruttogrundfläche BGF_E von etwa 24.000 m² bzw. 26250 m² mit Atrium) dargestellt. Den Ergebnissen liegt das Testreferenzjahr (TRY) mit statistisch über 20 Jahren gemittelten Wetterdaten sowie eine dynamische Simulation des thermischen und strömungstechnischen Raumklimas zugrunde. Bei Abweichungen von den Randbedingungen – einschließlich des Nutzerverhaltens – muss zwar mit veränderten Ergebnissen gerechnet werden, aber die Berechnungen zeigen, was unter realistischen Bedingungen erreichbar ist.

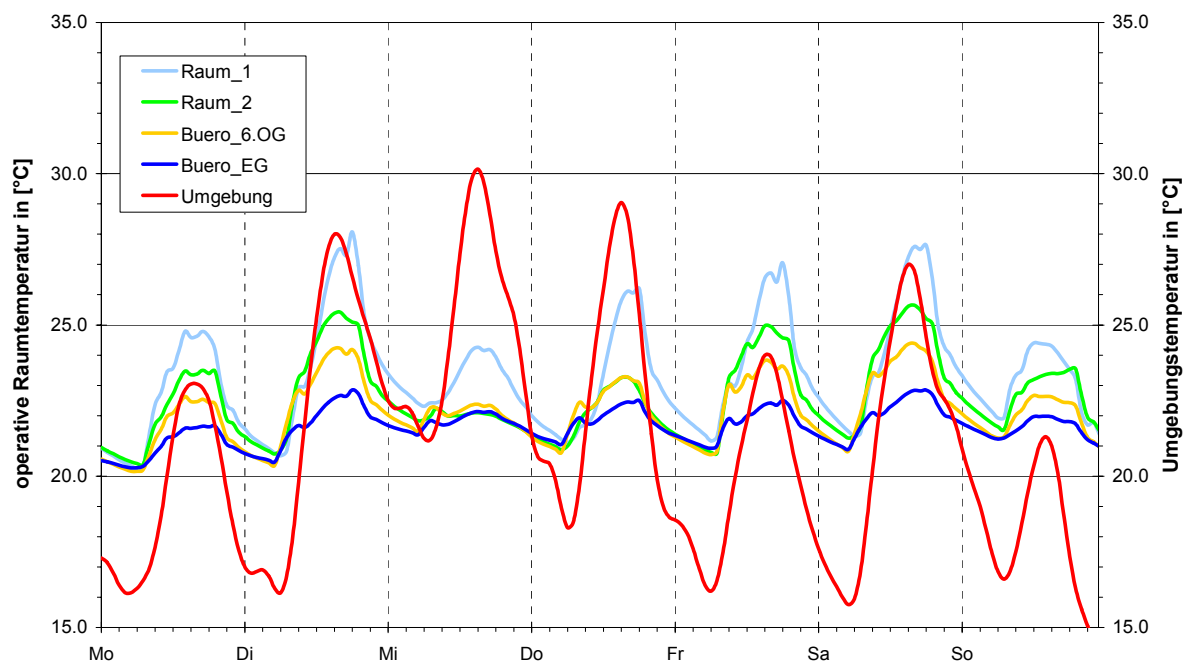


Abbildung 4: Temperaturverlauf in einer heißen Sommerwoche

Das Gebäudekonzept bedingt, dass nicht unter allen klimatischen Randbedingungen in allen Räumen die sommerlichen Temperaturen eingehalten werden. Unter dem Gesichtspunkt des erforderlichen Aufwandes für eine Vollklimatisierung mit erheblichen Mehrkosten hat der Nutzer dieser Regelung zugestimmt. Hier sorgte die umfangreiche Simulation auch für Planungssicherheit.

Neben den haustechnischen Anlagen war auch die Fassadenplanung ein wesentlicher Bestandteil der integrierten Planung. Neben einem Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum und einer Lichtlenkung im Oberlichtbereich waren die Glasarten in verschiedenen Varianten zu untersuchen.

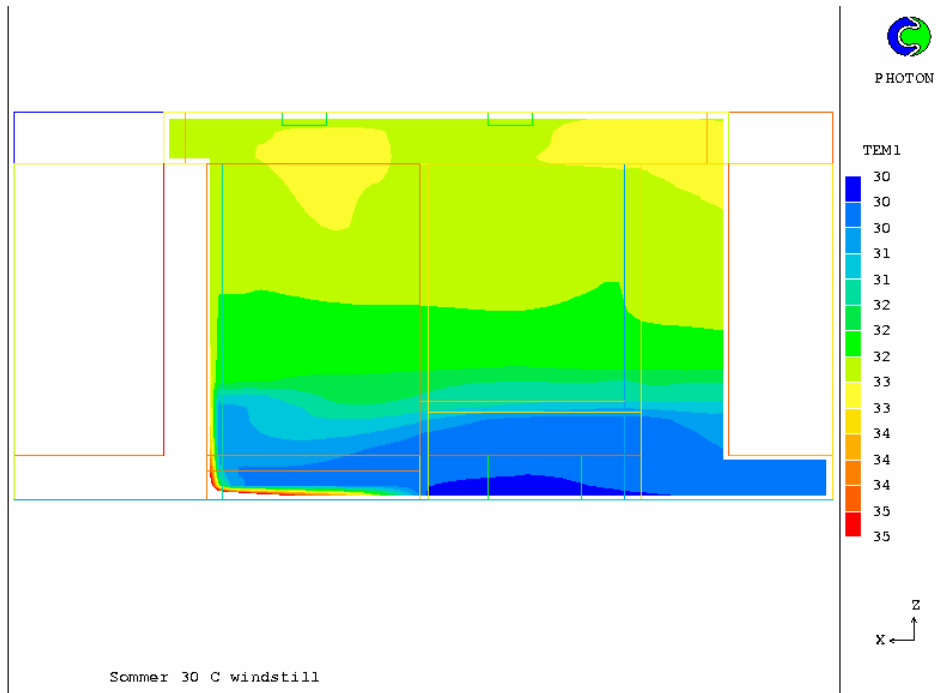


Abbildung 5: Temperaturschichtung im Atrium im Sommer bei Windstille

Das Atrium ist für die Funktion des Gebäudes von großer Wichtigkeit. Insbesondere das Lüftungskonzept und die Raumtemperaturen unter verschiedenen klimatischen Randbedingungen wurden umfangreich untersucht und optimiert. Neben der thermischen Simulation war hier auch eine Strömungssimulation sinnvoll, um die Temperaturschichtung und mögliche Zugserscheinungen festzustellen.

3.3 Beispiel: Diözesanmuseum Kolumba in Köln.

Das Diözesanmuseum Köln wird in engem städtebaulichem Umfeld über einem Grabungsfeld und einer historischen Kapelle erreicht. Es beinhaltet neben Ausstellungsflächen auch Depots und Verwaltungsräume. Das Museums- und Architekturkonzept sieht eine möglichst offene Anordnung der Räume ohne Türen zwischen den Ausstellungsräumen vor.

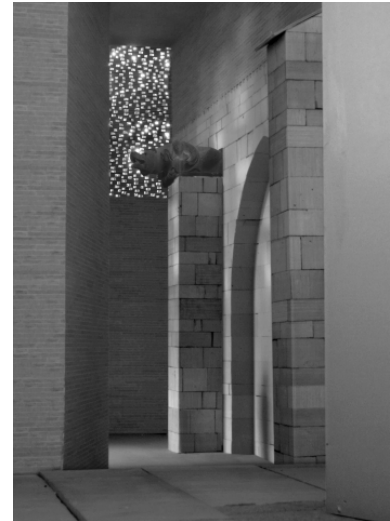


Abbildung 6: Außen- und Innenansicht des Museumsentwurfs (Arch. Peter Zumthor)

Zunächst ist die Art des Gebäudes von entscheidender Bedeutung. In Massivbauweise erstellte Gebäude ermöglichen neben der schon bauphysikalisch bedingten klimatischen Pufferwirkung der thermischen Speichermassen die Möglichkeit durch Bauteilaktivierung mit einem wassergebundenen System die Heiz- und Kühlenergiebedarf zu einem großen Teil zu decken. Die Trägheit des Systems kommt der Museumsklimatisierung ideal entgegen, da hier ein aus konservatorischen Gründen ein gleichbleibendes Klima auch an Schließungstagen und nachts erforderlich ist. Trotz der Systemträgheit können auch örtliche oder zeitliche Lastspitzen gepuffert werden, da die thermischen Speichermassen kurzfristig größere Wärmemengen über Strahlung und Konvektion aufnehmen und abgeben können.

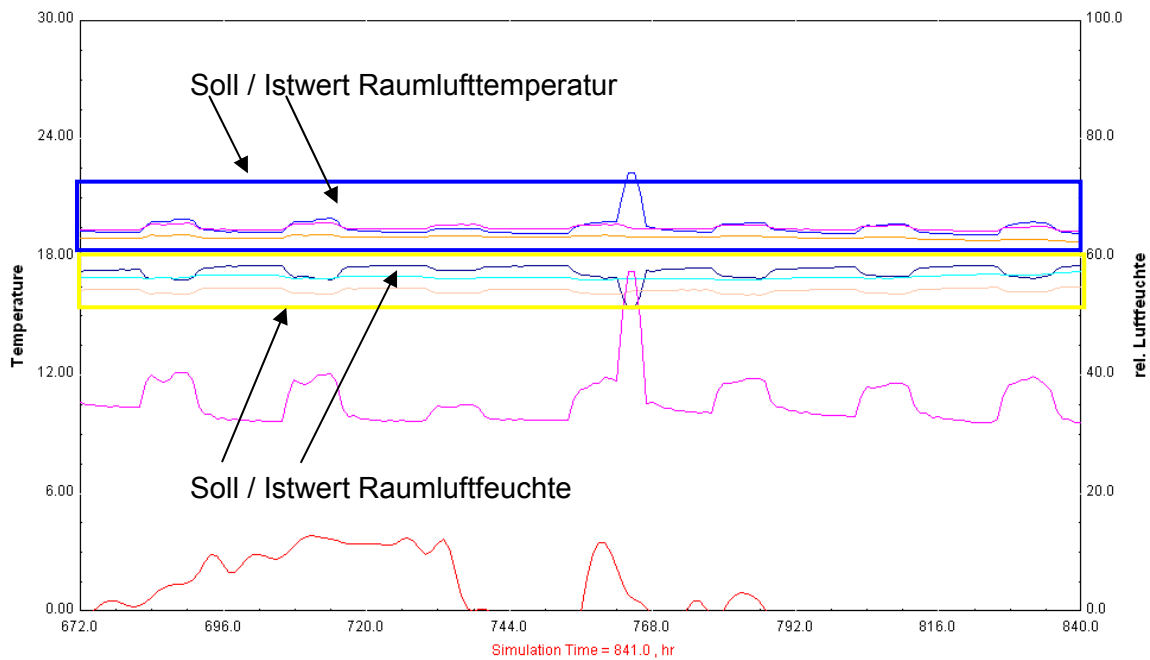


Abbildung 7: Lufttemperatur und -feuchte in einer Woche mit wechselndem Besucherstrom

Die thermische Simulation zeigt die gute Klimastabilität trotz der für Museen sehr gering ausgelegten Luftwechselrate in den Ausstellungsräumen. Mit der Minimierung des zu bewegenden Luftvolumens ergeben sich zusätzlich Vorteile in Bezug auf den Nutzerkomfort im Raum (Zugerscheinungen, Geräusche, Staubaufwirbelung,...) und über den geringeren Raumbedarf der Lüftungskanäle eine höhere Flächennutzung des Gebäudes.

Als nahezu idealer Wärmetauscher für eine Bauteilaktivierung bietet sich die Nutzung der bodennahen Geothermie. Durch in den Baugrund getriebene Sonden wird die ganzjährig konstante Bodentemperatur genutzt, um mit Hilfe der Wärmepumpe im Winter Heizenergie sowie im Sommer Kühlenergie zu gewinnen. Da im Heizfall lediglich Vorlauftemperaturen knapp der Raumtemperatur benötigt werden, können Wärmepumpen im Betrieb sehr hohe Leistungszahlen (6 -8, statt bei Niedertemperaturheizbetrieb ~4) erreichen.

Diese Art der Nutzung regenerativer Energie eignet sich besonders für die Nutzung in Gebäuden mit ähnlichem Heiz- und Kühlenergiebedarf und großen thermischen Speichermassen. Die relativ konstante Bodentemperatur kann für das träge System der Bauteiltemperierung ideal genutzt werden. Da in Museen in aller Regel geheizt und gekühlt werden muss, ergibt sich im Untergrund eine über ein Jahr nahezu ausgeglichene Energiebilanz. Im Sommer reicht daher häufig, die Bauteilaktivierung über eine Umwälzung und einen Wärmetauscher direkt aus der Geothermie zu versorgen (freies Kühlen). Lediglich

ein kleiner Teil der Kühlenergie für die Luftkühlung und -entfeuchtung muss dann noch von der Wärmepumpe erzeugt werden.

4 Planung

Zunächst ist das Klimatisierungskonzept bereits in der Idee des Gebäudes zu berücksichtigen. Bei massiven Gebäuden lassen sich durch eine freie Zugänglichkeit thermischer Speichermassen bei gleichzeitiger Minimierung der externen Lasten (Wärmeverluste und Strahlungsgewinne über große Fensterflächen) und einer kontrollierten Nachtlüftung im Sommer die größten Energieeinsparungen erzielen.

Bei leichter Bauweise ist besonders der sommerliche und winterliche Wärmeschutz der Fassaden sorgfältig zu planen. Ein intelligentes Fassadenkonzept muss dabei nicht zwingend teurer sein, als eine konventionelle Lösung und kann sowohl zu erheblichen Energieeinsparungen als auch zu einem Komfortgewinn für den Nutzer beitragen. Bei Gebäuden mit hohen Ansprüchen an das Raumklima ergibt sich ein hohes Energiesparpotential in der Planung der Anlagentechnik. Gerade die Verbindung einer Lüftungsanlage mit einer Bauteilkonditionierung muss für einen funktionsfähigen Betrieb mit durchaus erreichbaren geringen Energiekosten sorgfältig bis hin zur Abstimmung der Steuerungsparameter geplant werden. Die Planung einer so komplexen Anlage ist seitens des Haustechnikers dann nicht mehr mit konventionellen, statischen Rechenverfahren für Heiz- und Kühllasten durchzuführen. Insbesondere bei der Bauteilkonditionierung ist das dynamische thermische Verhalten des Gebäudes zu berücksichtigen. Mit den Ergebnissen

einer thermischen Simulation kann eine vorläufige Anlagenplanung erstellt werden.

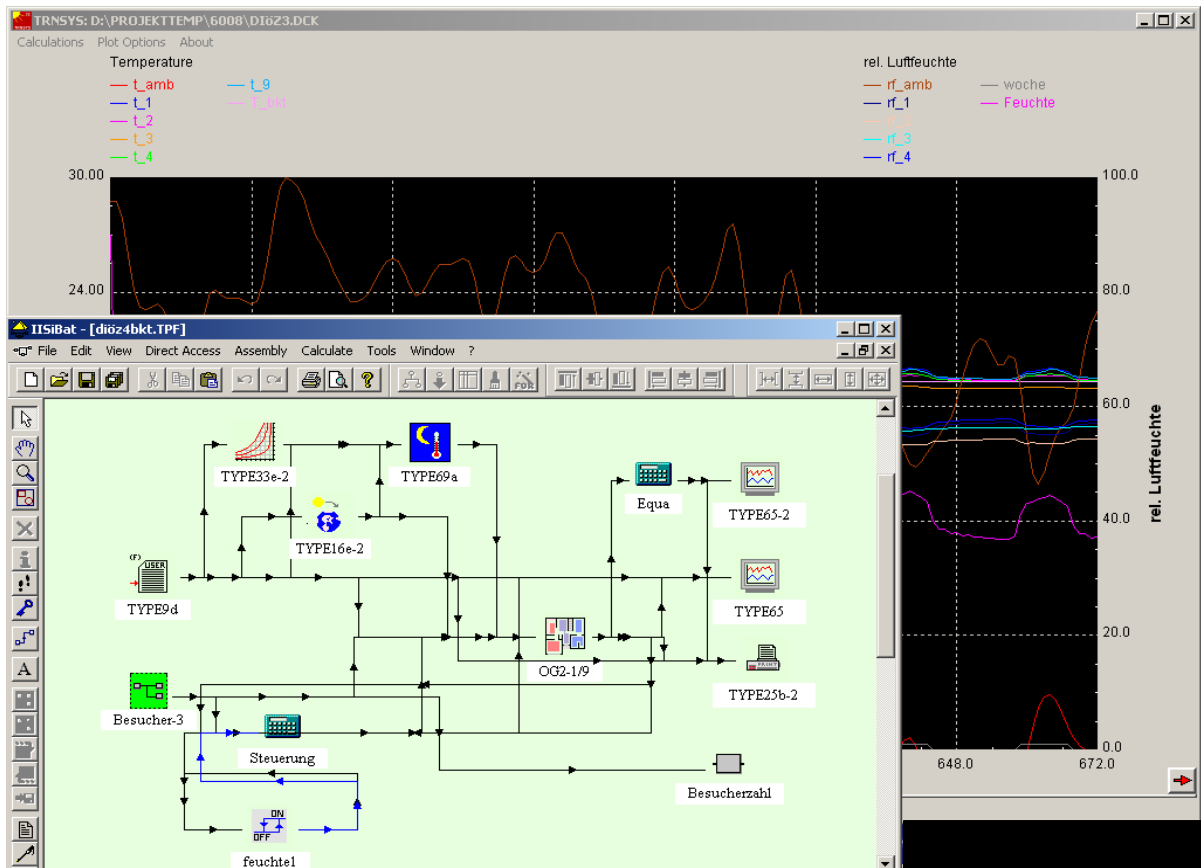


Abbildung 8: Simulationsmodell und Ergebnisse der thermischen Simulation

Die Durchführung einer thermischen Simulation erfordert einige Erfahrung, kann aber bei richtiger Anwendung eine erhebliche Planungshilfe bei der Planung und Überprüfung eines Gebäudekonzeptes sein. Bis in den Gebäudebetrieb ist es möglich, z.B. Steuerungskonzepte für die Haustechnik zu optimieren, um das Energiesparpotential aus der Planung in der Realität auch zu erreichen. In komplexen Gebäude, in denen eine Optimierung im Betrieb durchgeführt wurde, konnten dadurch Energiekosten um bis zu 50% reduziert werden, ohne jede Einschränkung des Nutzungskomforts.

Nur bei hohen Anforderungen des Nutzers an den thermischen Komfort und die Lichtverhältnisse werden darüber hinaus aufwendigere Simulation der Raumluftrömung und der Tageslichtverteilung notwendig.

5 Kosten

Die Mehrkosten für eine solche integrierte Planung liegen bei ca. 5 - 10% der Planungskosten. Demgegenüber ergibt sich eine Betriebskostensenkung um ca. 50% (im Einzelfall bis zu 80%), was eine Amortisation bereits im ersten Betriebsjahr ermöglicht. Wichtig ist eine frühe Zusammenführung des Planungsteams und ein an energetischen Fragen interessierter Architekt und Haustechnikplaner. Durch einen frühen Beginn einer integrierten Planung entstehen in der Regel keine baulichen Mehrkosten. Lediglich bei nachträglicher Überplanung eines schon bestehenden Gebäudeentwurfes sind oft bauliche Mehrkosten gegen die Betriebskosteneinsparung wirtschaftlich abzuwägen.

6 Resümee

Die Herausforderung für die Architekten ist es, die gebäudetechnischen Potentiale im Sinne einer integralen Planung von Anfang an in ihre Planung mit einzubeziehen. Nur mit einem klimagerechten Gebäude vom Wettbewerb und Vorentwurf an lässt sich ein langfristig nachhaltiges Gebäudekonzept hinsichtlich des Primärenergiebedarfs und der Betriebskosten entwickeln und bauen.

Solaranlagen, Wärmepumpen, Geothermie und Bauteilkonditionierung sind im Zusammenwirken dieser Komponenten eine vielversprechende Möglichkeit zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden und eignen sich bei umfangreichen Umbauarbeiten auch für einen Einsatz im Bestand.

Das große Energieeinsparpotential gegenüber konventioneller Technik rechtfertigt hier eine Förderung sowohl der Planung, als auch der Ausführung und Evaluierung der Gebäude.