

# IEA TASK 23 Optimization of Solar Energy Use in Large Buildings

S. Geissler, W. Tritthart

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 23/2002

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>  
oder unter:

Projektfabrik Waldhör  
Nedergasse 23, 1190 Wien  
Fax 01 /36 76 151 - 11  
Email: projektfabrik@nextra.at

IEA Task 23  
Optimization of Solar Energy Use  
in Large Buildings

Susanne Geissler, Wibke Tritthart

Juni 2002



## KURZFASSUNG

### Energetische, ökologische und ökonomische Optimierung der Planung größerer Gebäude unter besonderer Berücksichtigung der Sonnenenergienutzung

Die Anforderungen an Gebäude sind vielfältig. Neben den ökologischen Kriterien, die Gebäude erfüllen sollten, stehen die Wünsche von AuftraggeberInnen, NutzerInnen und die Bedingungen von ArchitektenInnen und FachplanerInnen: bei einem Bauprojekt werden somit immer mehrere Ziele verfolgt. Häufig treten zwischen zwei oder mehreren Zielen Unvereinbarkeiten auf, sogenannte Zielkonflikte. Ein Zielkonflikt liegt vor, wenn man durch eine bestimmte Maßnahme zwar einem Ziel näher kommt, sich aber dadurch gleichzeitig von einem anderem Ziel entfernt.

Die Auflösung von Zielkonflikten, oder anders ausgedrückt, die gesamtheitliche Optimierung eines Gebäudes, ist wichtig, weil jedes energetisch und ökologisch nicht optimierte Gebäude auf Jahrzehnte eine ökologische Belastung darstellt, die - wenn überhaupt - nur unter hohen finanziellen Aufwendungen korrigierbar ist. In vielen Fällen ist dafür nicht unbedingt eine neue (unter Umständen teure) Technologie erforderlich, Umweltentlastungen können auch (zu geringen Kosten) durch die verstärkte Zusammenarbeit von ExpertInnen im Planungsprozess erreicht werden. Entscheidend ist, dass sich Potentiale oft nur kostengünstig realisieren lassen, wenn sie schon früh genug im Planungsprozess mitgedacht werden. Genau dafür wurden im Rahmen der IEA Task 23 Hilfsmittel zur gesamtheitlichen Optimierung von Gebäuden erarbeitet.

#### Ergebnisse und Ansprechpartner der IEA Task 23 ([www.task23.com](http://www.task23.com))

Inhalt	Produkt
Erstellung von Case Stories von Gebäuden: Sammlung technischer Parameter, Beschreibung von Entstehungsgeschichte und Entscheidungssituationen in der Planungsphase	Sammlung von Fallbeispielen (englisch) Contact: Esbensen Consulting Engineers A/S, Mollegade 54-56, DK-6400 Sonderborg, <a href="mailto:esb.sdb@esbensen.dk">esb.sdb@esbensen.dk</a>
Leitfaden für den Planungsprozess: Analyse des Planungsablaufes in den Teilnehmerländern, Analyse von Hemmnissen für teamorientierte Planung, Erarbeitung des optimalen Ablaufs inklusive Hintergrundinformation	Design Process Guideline – Navigator Software Tool und Navigator Leitfaden (englisch) Contact: Pierre Jaboyedoff, SORANE SA, Route de Chatelard 52, CH-1018 Lausanne, <a href="mailto:sorane@worldcom.ch">sorane@worldcom.ch</a> Contact: Günter Löhnert, sol id ar Planungswerkstatt Architekten + Ingenieure, Forststrasse 30, D-12163 Berlin, <a href="mailto:solidar@t-online.de">solidar@t-online.de</a> Themenheft „Optimierung des Planungsprozesses“ (deutsch, inkl. Beschreibung des Navigator) Contact: Susanne Geissler, Österreichisches Ökologie-Institut, Seidengasse 13, A-1070 Wien, <a href="mailto:geissler@ecology.at">geissler@ecology.at</a>
Energy-10: Software zur Berechnung der Trade-Offs zwischen Tageslicht-Nutzung und Solarenergienutzung; beruht auf dem Vergleich von 2 Gebäudekonzepten  MCDM-23: Methode und Software Tool zur Unterstützung für die Zieldefinition und zum Vergleich von Planungs-alternativen; zur Analyse von Planungsalternativen, inwieweit sie zur Zielerreichung beitragen	Energy-10 Software und Benutzeranleitung (englisch) MCDM-23 Software und Benutzeranleitung (englisch) Contact: Doug Balcomb, NREL, 1617 Cole Blvd., Golden, CO 80401, USA, <a href="mailto:doug_balcomb@nrel.gov">doug_balcomb@nrel.gov</a> Langfassung und Themenheft „Zielkonflikte im Planungsprozess“ (deutsch, inkl. Beschreibung MCDM-23) Langfassung und Themenheft „EDV-unterstützte Gebäudesimulation“ (deutsch, inkl. Beschreibung Energy-10) Contact: Susanne Geissler, Österreichisches Ökologie-Institut, Seidengasse 13, A-1070 Wien, <a href="mailto:geissler@ecology.at">geissler@ecology.at</a>
Verbreitung der Task 23 Ergebnisse: die Broschüre enthält ausgewählte Case Stories mit einer Darstellung des Planungsprozesses	Broschüre „Examples through Integrated Design“ (englisch) Contact: Gerelle van Cruchten, Damen Consultants, Box 694, NL-6800 Arnhem, <a href="mailto:gc@damenconsultants.nl">gc@damenconsultants.nl</a>

**Die vorliegende Publikation erscheint im Rahmen des österreichischen Beitrags der Task 23 der Internationalen Energieagentur (IEA) „Optimization of Solar Energy Use in Large Buildings“** im Programm Solar Heating and Cooling. IEA Task 23 wird von Annegrete Hestnes, Faculty of Architecture, Norwegian University of Science and Technology Trondheim, geleitet. Beteiligt sind unter anderem Japan, Dänemark, Belgien, Finnland, Schweiz, Österreich, USA, Kanada. Das österreichische Projektteam besteht aus ExpertInnen des Österreichischen Ökologie-Instituts, des IFZ, der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie und des Architekturbüros Atos.

**Kurzbeschreibung des Projekts:** Der Einsatz von Solarenergie und Energieeffizienztechnologien im Gebäudebereich ist ein wichtiger Beitrag zur Einsparung von Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Jedes energetisch und ökologisch nicht optimierte Gebäude stellt auf Jahrzehnte eine ökologische Belastung dar, die - wenn überhaupt - nur unter hohen finanziellen Aufwendungen korrigierbar ist. Oft lassen sich diese Technologien jedoch nur realisieren, wenn sie schon früh genug im Planungsprozess mitgedacht werden. Denn neben der Forderung nach geringem Ressourcenverbrauch und niedrigen Emissionen werden an Gebäude vor allem Anforderungen wie niedrige Kosten und Nutzerfreundlichkeit gestellt. Einige dieser Kriterien lassen sich Hand in Hand erfüllen: die Bereitstellung eines angenehmen Raumklimas durch natürliche Lüftung und Verwendung schadstoffarmer, erneuerbarer Materialien beim Innenausbau lässt den Komfort steigen; gleichzeitig sinkt der Stromverbrauch, und die Umweltbelastungen bei der Herstellung und Entsorgung von Materialien werden verringert. Oft aber ergeben sich Zielkonflikte: Die Wünsche nach hellen Räumen, angenehmen raumklimatischen Bedingungen, Energieeinsparung und niedrigen Kosten stehen bis zu einem gewissen Grad im Widerspruch. Große südseitig gelegene Glasflächen bedeuten hohe Sonnenenergiegewinne, die aber zur Überwärmung führen können, wenn nicht ausreichend Speichermassen und Abschattungen vorgesehen sind. Im Winter verliert der Raum durch Glasflächen am meisten Energie. Soll eine optimierte Gesamtlösung für ein Gebäude erreicht werden, sind die beteiligten FachplanerInnen während des Planungsprozesses mit komplexen Entscheidungssituationen konfrontiert. Die getroffenen Entscheidungen sind ausschlaggebend dafür, inwieweit das bestehende technisch-wirtschaftliche Potential einer nachhaltigen Bauweise ausgeschöpft werden kann. Das Projekt im Rahmen der Task 23 soll zur Erschließung dieser Potentiale beitragen. Schwerpunkt ist die Erstellung und Verbreitung von Hilfsmitteln für den konstruktiven Umgang mit Zielkonflikten im integrierten Planungsprozess. Die vorliegende Publikation behandelt einen Teilaspekt dieser Fragestellungen.

AutorInnen dieser Publikation: Christian Gummerer, Dipl.-Ing. Wibke Tritthart, Mag. Susanne Geissler

Wir bedanken uns für die inhaltliche Diskussion bei: Dipl.-Ing. Heinrich Schuller (Atos), Ing. Werner Weiß (Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie), Ing. Franz Waxmann (Energieplaner), Dipl.-Ing. Harald Rohrer (IFZ), Univ. Prof. Dr. techn. Dipl. Ing. Wolfgang Streicher (Technische Universität Graz), Univ. Prof. Dr. Gerhard Faninger (Universität Klagenfurt).

Über die AutorInnen:

Christian Gummerer: Studium der Umwelt-Organisationstechnik an der Technischen Universität Graz. Seit November 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IFZ im Projektbereich Energie und Klima. Arbeitsschwerpunkte: Energetische Bewertung über instationäre Gebäudesimulation sowie neue Dienstleistungen zur umfassenden ökologischen Gebäudesanierung.

Dipl.-Ing. Wibke Tritthart: Studium der Technischen Physik an der TU Graz. Arbeitsschwerpunkte und Projekterfahrungen am IFZ: Effiziente Energienutzung in Haushalten und öffentlichen Institutionen, Entwicklung von Energiedienstleistungspaketen und Energiesparprogrammen, Planungsprozesse für ökologisch und energetisch optimierte Gebäude, ökologische Kriterien des öffentlichen Beschaffungswesens.

Mag. Susanne Geissler, diplomierte Umwelttechnikerin: Studium der Biologie und Aufbaustudium Technischer Umweltschutz an der Universität Graz und an der TU Graz. Arbeitsschwerpunkte und Projekterfahrungen am Österreichischen Ökologie-Institut: nachwachsende Rohstoffe, effiziente Energienutzung, integrierte Bewertungssysteme, Bauen und Umwelt.





# INHALT

EDV-unterstützte Gebäudesimulation

Optimierung des Planungsprozesses

Zielkonflikte im Planungsprozess

Anhang



# **EDV-unterstützte Gebäudesimulation**

## **Langfassung**

AutorInnen  
Christian Gummerer  
Wibke Tritthart  
Susanne Geissler

am 30.3.2000



Inhaltsverzeichnis

**VORWORT**

<b>1</b>	<b>ÜBERBLICK UND AUSBLICK.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>EDV-GESTÜTZTE SIMULATION – WOZU? .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ANMERKUNGEN AUS DER SICHT DER PRAXIS: ARCHITEKTINNEN UND ENERGIEPLANERINNEN ÜBER SIMULATIONSTOOLS .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>EINSATZ- UND ANWENDUNGSKRITERIEN VON COMPUTERUNTERSTÜTZTER GEBÄUDESIMULATION.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>PHYSIKALISCHE KENNGRÖßEN .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>EINTEILUNG DER SOFTWARE-TOOLS .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>STATISCHE PROGRAMME .....</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>MODELLORIENTIERTE PROGRAMME .....</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>DYNAMISCHE INSTATIONÄRE PROGRAMMPAKETE.....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>ZUORDNUNG VON SIMULATIONSPROGRAMMEN ZU PLANUNGSABSCHNITTEN.....</b>	<b>57</b>
<b>11</b>	<b>NUMERISCHE LÖSUNGSVERFAHREN.....</b>	<b>59</b>
<b>12</b>	<b>VALIDIERUNG VON RECHENPROGRAMMEN.....</b>	<b>61</b>
<b>13</b>	<b>FORSCHUNGSBEDARF .....</b>	<b>63</b>
<b>14</b>	<b>GLOSSAR.....</b>	<b>64</b>
<b>15</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>67</b>
<b>16</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANHANG A .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANHANG B .....</b>	<b>72</b>
	<b>ANHANG C .....</b>	<b>74</b>
	<b>ANHANG D .....</b>	<b>76</b>



## VORWORT

Die vorliegende Arbeit gibt einen kurzen Überblick über die am Markt verfügbaren Berechnungsprogramme zur energie- und wärmetechnischen Simulation von Gebäuden. Sie soll ArchitektInnen und FachplanerInnen bei der Entscheidung helfen, in welchen Situationen welche Programme zweckmäßig anzuwenden sind.

Die Kapitel 1, 2 und 3 behandeln die Notwendigkeit der EDV-gestützten Computersimulation anhand von möglichen Anwendungsbeispielen. Die Beispiele werden ergänzt durch charakteristische Zitate aus Interviews mit PlanerInnen, die im Rahmen des Projekts IEA Task 23 geführt wurden. Kapitel 4 beschreibt die wesentlichen physikalischen Kenngrößen von Simulationen, und die Kapitel 5 bis 9 liefern eine kurze Charakterisierung von Programmtypen sowie von einzelnen Softwaretools. Den Abschluss bildet ein Kapitel über die Validierung von Softwareprogrammen sowie ein Glossar zur verwendeten Terminologie.

Die Arbeit baut auf einer umfassenden Literaturrecherche auf, daher ist die Einschätzung der Tauglichkeit einzelner Programmpakete immer im Kontext mit der verwendeten Literatur und den eigenen Erfahrungen aus der Praxis zu sehen.

Zur Klassifizierung der einzelnen Tools wurden die Kriterien verwendet, die 1985 im Rahmen eines Projekts der IEA (Task 8 des Programmes Solar Heating and Cooling) erarbeitet wurden. Dieser Ansatz ist gerechtfertigt, da sich trotz technischer Weiterentwicklung an den grundsätzlichen Lösungsstrategien auch neuester Programme kaum etwas Strukturelles geändert hat.

Die Arbeit erhebt allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit, weder hinsichtlich der Beschreibung der einzelnen Programme noch hinsichtlich der Auflistung der Programme, da die Entwicklung am Anbietermarkt von einer großen Dynamik gekennzeichnet ist. Die (aus Gründen der Übersichtlichkeit erforderliche) Kürze der Programmbeschreibungen liefert zwar keinen Einblick in die volle Leistungsfähigkeit der Tools, sie lässt jedoch eine Strukturentscheidung über die Rahmenparameter des Einsatzes von Simulationsprogrammen zu.

Das grundsätzliche Problem der Unübersichtlichkeit des bestehenden Marktangebotes an Simulationstools kann aber auch die vorliegende Arbeit nicht lösen: Es fehlen für Außenstehende erkennbare Qualitätsstandards und Anforderungsprofile sowie vergleichbare Leistungszertifikate für die einzelnen Tools. Derzeit sind die Auswahl und damit verbunden wohl auch der Einsatz von Softwareprogrammen in erster Linie abhängig von der Kompetenz des interessierten Personenkreises. Denn eine Vielzahl von Programmen kann nach den Angaben der Hersteller beinahe alle Problemstellungen lösen; Aufschluss über die tatsächliche Leistungsfähigkeit bringen einerseits erst der sogenannte "Besttest" der IEA oder die praktische Anwendung. Die Neuanschaffung von Simulationstools und die damit verbundene Einarbeitungszeit verursachen aber beträchtliche Kosten für ein einsteigendes Planungsbüro; nachdem die Informationen für eine Vorabbeurteilung der Eignung für das Büro nicht vorliegen, werden Simulationstools gar nicht erst ausprobiert. Fehlende Qualitätsstandards und Anforderungsprofile sowie fehlende vergleichbare Leistungszertifikate für die einzelnen Tools stellen somit eine wesentliche Barriere für ihre Verbreitung dar.





# 1 Überblick und Ausblick

**Die thermische Gebäudesimulation beschäftigt sich mit der Berechnung der energetischen Situation in geplanten oder schon bestehenden Gebäuden.**

Im Mittelpunkt steht

- die Ermittlung des Jahresenergieverbrauches, beispielsweise als Grundlage für die Auslegung der heizungstechnischen Anlagen, und
- die energetischen Auswirkungen einzelner Details des architektonischen Entwurfes.

**Ziel der Berechnungen ist immer das Erzeugen eines Zustandes in einem Gebäude, der von der Mehrzahl der Menschen als behaglich empfunden wird.** Das Zusammenspiel von gesteigerter Behaglichkeit bei gleichzeitiger Reduzierung der Investitionskosten oder aber auch der Betriebskosten ist die wichtigste Motivation zur Durchführung thermischer Gebäudesimulationen. Bei großen Bürogebäuden kann durch Steigerung der Behaglichkeit der über den Lebenszyklus gesehene geringfügig erhöhte Mitteleinsatz für die energetische Optimierung in mehrfacher Form wieder gewonnen werden: Denn größere Behaglichkeit führt zur Senkung von Krankständen sowie zu einer höheren Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Hinzu kommt, dass die technische Gebäudeausstattung meist mit einer um vieles geringeren installierten Leistung auskommt.

**Bei der thermischen Gebäudesimulation unterscheidet man statische und dynamische Verfahren.** Dynamische Verfahren berücksichtigen die Speicherfähigkeit der Gebäudesubstanz. Durch die Aufgliederung von Wärmestrahlung und Konvektion ermöglichen sie relativ gute Aussagen über das Temperaturverhalten in den geplanten Räumlichkeiten. Während statische Programme die Zusammenhänge zur Erstellung der Energiebilanzen mittels Faktoren bzw. Kennzahlen berücksichtigen (siehe Kapitel 6), gehen dynamische Programme den Weg der mathematischen Beschreibung der physikalischen Vorgänge.

**Im Rahmen der Arbeiten zur IEA Task VIII 1985 (RITTELMANN et al.) wurden bereits ca. 230 verschiedene Rechenprogramme aufgelistet.** Die Mehrzahl der heute am Markt verfügbaren Programme sind statische Programme. Diese werden bei kleineren Bauvorhaben eingesetzt und bieten ein rasches, für den Anwendungsfall aussagekräftiges Ergebnis. Nur wenige Tools sind für die Berechnung großer Gebäude geeignet und können flexibel auf deren meist komplexere Anforderungen reagieren. Spezielle Programme bieten die Auslegung von aktiven Solaranlagen an. Fragestellungen passiver Solarnutzung können meist nur Tools für dynamische instationäre Simulation korrekt quantifizieren. Sie verwenden dabei eine Art thermisches Netzwerk zur Beschreibung des Problems.

**Grundsätzlich kann gesagt werden: Ist ein Tool billig, einfach aufgebaut und leicht zu bedienen, so ist es meist ungeeignet zur Erfassung komplexerer Systeme** (wie in Kapitel 2.1 exemplarisch beschrieben). Vor allem die Datenerfassung der Konvektion und der Strahlung sowie die Berücksichtigung der Speichermassen und die verwendeten Klimadatensätze sind ungenügend ausgestaltet und führen somit bei detaillierten Betrachtungen des Gebäudes zu nicht aussagekräftigen Werten.

Der Nachteil dynamischer Rechenprogramme liegt in der aufwendigen Einarbeitungsphase und in der wenig bedienungsfreundlichen Oberfläche. Die **Anschaffungskosten** sind in der Regel um ein Vielfaches (ca. um den Faktor 10) größer als bei statischen Programmen. Viel schwerer ins Gewicht fallen jedoch die **Einarbeitungszeiten** der MitarbeiterInnen. Für das Programmpaket TRNSYS muss von einer Einarbeitungsphase von ca. 6 Monaten ausgegangen werden. Die damit anfallenden **Kosten** sind für eine/n ArchitektIn meist nicht akzeptabel und wirtschaftlich nicht gerechtfertigt. Es bedarf weiters einer ständigen Arbeit mit dem Programm und einiger Erfahrung bei der Interpretation der Ergebnisse. Als noch ein erschwerender Faktor kommt hinzu, dass die Kosten für eine Energieplanung in den wenigsten Fällen als eigener Kostenfaktor im Projekt enthalten sind. "Energieoptimierte Planung" läuft in Österreich als zusätzliche freiwillige Dienstleistung des Architekturbüros und der technischen Gebäudeausstattung.

Eine vereinfachte Oberflächenstruktur mit einem grafischen Eingabe- und Ausgabe-feld könnte ein erstes, wesentliches unterstützendes Element bei der **Verbreitung von thermischer Gebäudesimulation** darstellen. Von besonderem Interesse ist dabei eine **direkte Kopplung an CAD-Anwendungen**, sodass die zur Simulation notwendigen Daten nicht eigens erfasst werden müssen.

Ein anderer Weg zur verstärkteren Verbreitung der thermischen Gebäudesimulation wäre die **Etablierung der Energieplanung als Berufsbild**. Dieser Weg erscheint jedoch schwierig, da das Marktsegment in der derzeitigen energiepolitischen Lage nicht ausreicht, einen dauerhaften Lebensunterhalt zu gewährleisten. Durch die zur Zeit geringen Kosten der Energieträger fehlt meist das Bewusstsein und auch der wirtschaftliche Anreiz für die energetische Optimierung von Gebäuden.

Die **Verpflichtung zur Angabe der Energiekennzahl** (flächenbezogener Energiebedarf) eines Gebäudes wäre zumindest ein Schritt in diese Richtung. Das Einsatzpotential der Simulation liegt dabei einerseits in der Ermittlung der Energiekennzahl in der Regel über ein statisches Programm und andererseits in der Anwendung dynamischer Programme zur Bewertung verschiedener Planungsvarianten. Für diesen Anwendungsfall würde eine Kombination aus statischem und dynamischen Rechenverfahren in einem Programmpaket eine interessante Alternative darstellen. Die Energiekennzahl könnte über die Preisfestsetzung im Immobilienhandel einen größeren Einfluss auf die energetische Performance von Gebäuden erlangen, als es die Vorschreibung einzelner k- Werte derzeit hat. Wohl bedarf es hier aber noch entsprechender legislativer Rahmenparameter, um das Spiel am Markt zu regeln.

Gebäudesimulation unter den richtigen Bedingungen eingesetzt, wird zu beträchtlichen Energieeinsparungen bei Raumwärme- und Strombedarf der Gebäude führen. Sie dient dazu, aus mehreren Planungsalternativen die optimale energetische Lösung zu ermitteln. Die Simulation ist jedoch nur eines der Hilfsmittel für die energetische Optimierung des Gebäudes während der Planung. Weitere Tools für die Entscheidungsfindung sind beispielsweise Checklisten oder multikriterielle Entscheidungsinstrumente. Alle diese Hilfsmittel sind zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten im Planungsprozess sinnvoll, um die energetische Effizienz eines Gebäudes, seine Umwelt- und Nutzerfreundlichkeit sowie die Kosten zu optimieren. Sie alle können jedoch nicht die fehlende energetische Qualität eines architektonischen Konzepts kompensieren.

## 2 EDV-gestützte Simulation – wozu?

### 2.1 Grundsätzliche Überlegungen und Beispiele für den Einsatz

Dank der raschen Entwicklung immer schnellerer und leistungsfähigerer Prozessoren und Rechner ist es möglich, komplexe Problemstellungen der Gebäudeenergieplanung über entsprechende Softwaretools ganz oder zumindest näherungsweise zu lösen.

Das **Potential der Simulation** liegt:

- in der Analyse des Energiebedarfes, den Komfortbetrachtungen und den strömungstechnischen Berechnungen in der frühen Planungsphase zur Unterstützung des Designprozesses und
- in der Auslegung und Dimensionierung von Komponenten (Wandaufbauten, climatechnische Anlagen, Solaranlagen, Erdregister, etc.).

**Optimierungsbereiche** sind:

- die Tageslichtversorgung und die Ausleuchtung der Raumressourcen adäquat zum Nutzungsprofil,
- die Bewertung solarer Gewinne und die Vermeidung von Überwärmung,
- die Belüftungssituation in den Räumen des Gebäudes
- sowie die Kosten und
- die Nutzerfreundlichkeit.

Neben der mathematisch-physikalischen Exaktheit und Zuverlässigkeit der verfügbaren Programme ist die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes ein wichtiger Aspekt der Gebäudesimulation: Die computerunterstützte Berechnung des Energieverbrauches eines Gebäudes in der frühen Planungsphase muss sich für den Auftraggeber rechnen.

**Der Simulation muss also eine Analyse des Leistungsvermögen des Software-Tools im Vergleich mit seinen Kosten und dem erzielbaren Nutzen vorangehen.**

Denn es wird wenig sinnvoll sein, mittels einer dynamischen Gebäudesimulation jedes Einfamilienhaus zu berechnen, weil das ohnehin offensichtliche Einsparungspotential mittels Wärmedämmung und einer geschickten Wahl der Wärmeversorgung für Heizung und Brauchwasser auszuschöpfen sein wird. In vielen Fällen kann auf den Erfahrungsschatz der jeweiligen HaustechnikplanerInnen zurückgegriffen werden.

**Die Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen zeigt, dass die Simulation im besonderen bei größeren Bauvorhaben und bei extremen oder vollkommen neuen architektonischen Lösungen ihre Berechtigung hat.**

Man muss sich jedoch der Tatsache bewusst sein, dass Berechnungen immer einen **exakten Zahlenwert** liefern, dessen Bedeutung und Aussagekraft bei Simulationen auf Grund der Vielzahl an variablen Parametern **kritisch zu hinterfragen** ist. Das gilt gerade für die Baubranche, die mit wesentlich größeren Toleranzvorgaben umgeht als beispielsweise der Motorenbau, wo Simulationen eine herausragende Rolle spielen.

### **Beispiele für den Einsatz von Simulationssoftware:**

#### **Beispiel 1: Planung von Atrien**

Atrien werden etwa für den Eingangsbereich (Stiegenaufgänge, Innenhöfe etc.) geplant oder aber kombiniert mit opaken Bauteilen zur natürlichen Beleuchtung des Gebäudes eingesetzt. Auch natürliche Belüftung kann bei der Planung eines Atriums im Vordergrund stehen oder eine unterstützende Rolle spielen. Eine Aussage über die thermischen und strömungstechnischen Gegebenheiten im Bereich eines Atriums ist in der Regel ohne Hilfsmittel nicht möglich und bedarf zumeist einer umfassenden Berechnung. Eine Vielzahl der auftretenden Prozesse liegen nicht mehr in einem stationären Zustandsverlauf vor, sondern sind mit dynamischen Koppelwirkungen versehen. Zur Beurteilung der Einflusskomponenten kommt einer Optimierung über dynamische Energiesimulationsprogramme eine wesentliche Bedeutung zu. Die Verwendung von Simulationssoftware unterstützt den/die PlanerIn bei der Auslegung des Atriums in Abhängigkeit von der dominierenden Zielsetzung (Tageslichtversorgung, passive Gewinne, natürliche Lüftung, Vermeidung von Überwärmung, Vermeidung von Blendung, Vermeidung von Wärmeverlusten).

#### **Beispiel 2: Erreichen eines behaglichen Raumklimas**

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von Software-Tools zur energetischen Optimierung ist die Ermittlung der Behaglichkeit in einem Gebäude zu gewählten Zeitpunkten oder über den gesamten Jahreslauf. Geht eine Heizlastberechnung von einer statischen Betrachtung zu einem fixen Zeitpunkt aus, so spiegelt dies in den wenigsten Fällen tatsächlich die Situation des Energieverbrauches über das gesamte Jahr wieder. Im Zuge der Erwärmung über Sonneneinstrahlung kann es vor allem bei großen südseitigen Glasflächen zu einem Aufschaukeln der Temperatur und damit zur Überwärmung des Gebäudes in den Sommermonaten kommen. In den Wintermonaten kommt es durch große Glasflächen zu Zugscheinungen. Unter diesen Bedingungen wird die Behaglichkeit und damit das Wohlbefinden eingeschränkt, in weiterer Folge auch – in Bürobauten – die Leistungsfähigkeit der Betroffenen. Die Programme bieten für die Berechnung detaillierte Statistiken an, wie beispielsweise die Anzahl der Stunden mit bestimmten Temperaturdifferenzen der Umschließungsflächen eines Raumes.

#### **Beispiel 3: Kostenreduktion**

In der Regel sind Heizungs- und Lüftungsanlagen nach der herkömmlichen Auslegung laut Norm überdimensioniert. Grund dafür ist die Ermittlung des Heizenergiebedarfes über ein statisches Verfahren, das Energiegewinne und Verluste über Gewichtungsfaktoren ermittelt und Gewinne aus inneren Verbrauchern (Computer, Beleuchtung, etc.) und der Sonneneinstrahlung, wenn überhaupt, nur ungenügend berücksichtigt.

Im Vordergrund steht immer die Auslegungstemperatur für den jeweiligen Standort und diese geht vom schlechtesten Fall (tiefe Temperatur im Winter bzw. hohe im Sommer) aus.

Vor allem bei Heizungsanlagen mit Öl- oder Gaskesseln bedeutet dies in der Gebäudenutzung schlechte Wirkungsgrade und erhöhte Investitionskosten. Durch den Einsatz von Simulationstools kann der jährlich anfallende Heizenergiebedarf unter Einbindung der Nutzungsaspekte genau berechnet werden. Ein weiterer Vorteil ist die rasche Analyse der Änderung der Energiekosten in Abhängigkeit der Änderung von Ausrichtung, Kubatur oder Fassadengestaltung.

### **Grundsätzliches über den Einsatz von Simulationssoftware in Bürogebäuden**

Grundsätzlich ist zwischen Wohn-, Bürogebäuden und Gebäuden mit hallenähnlicher Struktur (Sport-, Veranstaltungszentren, Industriehallen, etc.) zu differenzieren: Wesentliche Unterschiede sind die Komplexität der räumlichen Aufteilung, die im Bürohaus in viel größerem Ausmaß auftretenden inneren Wärmelasten, die tägliche Nutzungsdauer und das Vorhandensein großer und vor allem hoher Erschließungsräume, insbesondere auch Atrien.

Eine entscheidende Größe des Energieverbrauches eines Gebäudes ist das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. **Die Problematik des Heizens wird bei Bürogebäuden auch in unseren Breiten von dem Problem der Kühlung verdrängt.** Durch die Verringerung der Oberfläche im Verhältnis zum Volumen werden auch die Möglichkeiten reduziert, die anfallenden großen Energiemengen über Transmission an die Umgebung abzugeben. Hinzu kommt, dass Gebäude ab einer gewissen Größe mit kleinem Oberflächen-Volumenverhältnis auch bei gutem Willen meist nicht mehr natürlich belüftet werden können, da die Raumtiefen zu groß werden oder aber einzelne Räume gar keine außenliegende Fenster mehr besitzen. Vor allem die großen inneren Wärmequellen wie Computer und Beleuchtungsanlagen sind der Grund für diese Entwicklung. Für die Lösung des Problems ist der Einsatz mechanischer Belüftungs- und Klimaanlage erforderlich. Durch ein frühzeitiges Einbinden eines/r EnergieplanersIn kann die Gebäudeform und -zonierung so festgelegt werden, dass sich ein minimaler Energieaufwand ergibt. Die Durchführung einer energietechnischen Optimierung des Gebäudes reduziert die Kühllast, somit das notwendige umzuwälzende Luftvolumen und schlussendlich die Anlagen- und Betriebskosten.

**Je niedriger der Energiebedarf des gesamten Gebäudes (Niedrigenergiebauweise), desto größer wird der prozentuelle Fehler der eingesetzten Programme ausfallen, sodass für die richtige Beurteilung der Rechenergebnisse sehr viel Erfahrung notwendig ist.**

Die **Genauigkeit und Aussagekraft des Berechnungsergebnisses** hängt somit großteils von der Erfahrung der Programmnutzenden ab.

Der **tatsächliche Energieverbrauch** des Gebäudes während der Nutzung hängt von der Qualität der Bauausführung und vom Verhalten der BewohnerInnen ab.

In vielen Fällen wird es einer Berechnung gar nicht erst bedürfen, da erfahrene PlanerInnen ohnehin schon mit genügender Genauigkeit wissen, welches die energetisch optimale Lösung ist.

Architektur bedeutet jedoch oft, einen Weg an der Grenze des Machbaren zu finden, wie auch neue Geometrie einfließen zu lassen. Die Energieoptimierung wird in Zukunft eine wichtige Rolle spielen, Vorgaben an den Energieverbrauch sind heute bereits bei einigen Wettbewerben ein Beurteilungskriterium und ein Teil der Ausschreibung. **Gebäudesimulation kann ein wichtiges Hilfsmittel sein, um rasch eine Übersicht über den Energieverbrauch des Projektes schon in seiner Konzeptphase zu erlangen.**

Zu betonen ist, dass in der vorliegenden Arbeit nur der Energieverbrauch im Sinne des Jahresenergieverbrauches behandelt wird. Tools, welche den Energieverbrauch über den Lebenszyklus eines Produktes ermitteln können (von der Erzeugung bis zur Entsorgung), sind hier nicht berücksichtigt.

### 3 Anmerkungen aus der Sicht der Praxis: ArchitektInnen und EnergieplanerInnen über Simulationstools

Die Optimierung der Solarenergienutzung hat mittlerweile einen großen Kreis interessierter ArchitektInnen und FachplanerInnen gefunden. Auch die Literatur dazu hat sich in den letzten Jahren vervielfacht.

Nur ein kleiner Teil der zahlreichen neuerschienenen Bücher geht jedoch darauf ein, wie die Planung mittels statischer und dynamischer Rechnungen unterstützt werden kann. Das Thema wird zumeist von einem/r AutorIn – meist TechnikerIn - abgehandelt, der/die kaum Hinweise für den Gebrauch im Alltag gibt (z.B. in WEIK et al., MARKO/BRAUN, SCHNEIDER/FOCUS). Der Großteil der Literatur beinhaltet Beschreibungen und Dimensionierungshinweise von solar wirksamen Bauteilen und Anlagen, aber keine Berechnungen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass deren Stellenwert von ArchitektInnen und EnergieplanerInnen nicht besonders hoch eingeschätzt wird.

Andererseits wird immer wieder gefordert, dass ArchitektInnen schon für den ersten, skizzierten Entwurf abschätzen sollten, wie sich dieser in energetischer Hinsicht verhält (KLINGELE). Die dazu notwendigen Instrumente, die eine Quantifizierung erlauben, aber kaum einen zusätzlichen Aufwand erfordern, sind jedoch noch nicht auf dem Tisch und schon gar nicht auf den Tischen der ArchitektInnen. Das heißt, es gibt vereinzelte Datenbanken, wie GEMIS oder der Ökologische Bauteilkatalog (IBO) und es kündigen sich hochentwickelte Softwareprogramme an, die zur Zeit aber noch im Entwicklungsstadium sind, wie etwa LEGOE. Es ist ungewiss, wie weit diese den Alltag von Architekturbüros erobern werden.

Im folgenden werden 4 Architekten (A1-A4), ein Energieplaner und zwei Energieexperten (E1-E3) zu Wort kommen. Ihr Umgang mit Simulationen bzw. Berechnungen im weiteren Sinne und ihre Sichtweise der Relevanz derselben wurde im Rahmen ausführlicher qualitativer Interviews (welche insgesamt ein breiteres Themenspektrum abdeckten) aufgenommen. Natürlich erlaubt die kleine Zahl der Interviewten keine Aussagen mit Repräsentativität weder für eine der interviewten Gruppen und schon gar nicht für die österreichische Praxis.

Wir haben uns jedoch bemüht, Personen mit einer breiten Variation in ihrer „Herangehensweise“ an das Thema „Energie“ als Interviewpartner zu finden, um somit eine größtmögliche Breite an Meinungen zu erhalten. A1 ist erfolgreicher Architekt mit betont baukünstlerischem Habitus und insbesondere mit Erfahrungen bei zahlreichen großen Bauprojekten, A2 ist Architekt mit fundierten Zusatzkenntnissen im Bereich Energieverbrauch und solares Bauen, A3 ist ökologisch engagierter Architekt, A4 ist Architekt mit Interesse an energiesparender Bauweise, wenn mit baukünstlerischen Ideen vereinbar. Alle Architekten haben bereits mittlere bis größere Bürobauten realisiert.

## Die Bedeutung des energetischen Verhalten eines Gebäudes

Die befragten Architekten reagieren auf die Forderung nach energieeffizienten Gebäuden unterschiedlich: Die Antworten reichen von „Die Vorschriften in der Bauordnung sind ohne weiteres ausreichend.“ bis zu „Energie ist für uns ein ebenso wichtiges Thema wie Bauplatz, Umgebung, Verkehr, Einbindung, andere Gebäude, Topologie, Aussicht, soziale Verhältnisse.“

*A1: Der einzige wesentliche Parameter ist, [...] dass die Wärmeisolierung den gesetzlichen Bedingungen, die durchwegs gut sind, also schon durchwegs sehr hoch angesetzt sind, genügt.*

*A2: Es steht im Bau für mich nichts und nie etwas im Vordergrund. Die Hoffnung ist, dass man unzähligen Einflussfaktoren, die da sind Bauplatz, Umgebung, mit all den Faktoren der Umgebung, ich habe nur die Energiefaktoren angesprochen, Verkehr, Einbindung, andere Gebäude, Topologie, Aussicht, soziale Verhältnisse am Bauplatz, gerecht wird.*

*Frage: Wo kommt denn da ungefähr die Energie?*

*A2: Die kann ich zuerst nennen oder zuletzt nennen. Sie ist eine von vielen Faktoren. So wie in einem menschlichen Körper man nicht sagen kann, ist jetzt das Essen das wichtigste, oder das Ausscheiden, oder die Schönheit, oder die Seele, oder der Bewegungsapparat und der Stützapparat. Wie kann man bei einem Körper sagen, bei einem Naturobjekt sagen was da im Vordergrund gestanden sein mag in dessen Konzeption. Und ähnlich glaube ich, muss es bei guten Gebäuden sein.*

Jedoch erhält der Energiehaushalt des Gebäudes auch bei den in dieser Frage skeptischeren Architekten Bedeutung, sobald er im Zusammenhang mit dem Gebäude selbst wahrgenommen wird, als eine Eigenschaft des Gebäudes, welche die Menschen zu spüren bekommen, die das Gebäude betreten. Auch die Energieexperten berichteten von derselben Einschätzung, die sie in der Zusammenarbeit bei Bauprojekten gewonnen hatten. Es besteht auch der Wunsch der Architekten, in dieser Hinsicht während der Planung genauer informiert zu sein.

*A1: Also wir haben heute sicher einen neuen Typ von Haustechnikplanern, den wir brauchen, den wir leider noch nicht überall haben. Also jemand, der über das reine Fachliche, sprich Heizung, Lüftung, Klima hinausdenkt, der gesamtheitlich eine Energieanalyse bringt, weil der kann uns sehr viel helfen.*

## Tools für ArchitektInnen

Interesse am energetischen Verhalten des Gebäudes heißt noch nicht, dass die Architekten die energetischen Berechnungen selbst durchführen wollen. Üblicherweise ist es derzeit so, dass diese von HaustechnikplanerInnen durchgeführt werden. Auch die „energieinteressierten“ Architekten überlassen ihnen alle Abschätzungen und Rechnungen und äußern keinerlei Wunsch, dies selbst zu machen. Nur einer der Architekten verwendet ein einfaches Programm zur Energiekennzahlberechnung. Dieses nutzt er auch zur Optimierung:

*A3: Dann kann ich z. B. hergehen und eine denkmalgeschützte Fassade locker so restaurieren, wie sie ist, dafür haue ich in die letzte Geschossdecke so viel hinein und dann kriege ich in Summe, als Gesamtbeurteilung einen guten Wert heraus, den müsste ich erreichen können. Da könnte ich im Boden etwas machen, wo es kein Mensch sieht.*



Demgegenüber erwarten sich die Energieexperten von Software-Tools für ArchitektInnen durchaus positive Rückwirkungen auf den Energieverbrauch von Bauten.

*E2: Welche Fassadenkonzeption mir am besten gefällt? Mein Gott, jetzt genieße ich mich fast für die banale Aussage. Jene, die am wenigsten Energie und zwar über den gesamten Lebenszykluszeitraum, verursacht. Und verursachen heißt, bei der Erzeugung, bei der Nutzung, bei der Instandhaltung und beim Abbruch. Das war jetzt wirklich eine grauenhafte Banalität, aber von der wir in der Planungspraxis noch weit entfernt sind. Denn die Tools z. B., mit denen ein Architekt überhaupt zunächst einmal entscheiden kann, was tut er denn, was macht er denn, die sind ja noch immer nicht wirklich am Tisch.*

Voraussetzungen für die Anwendung in der Praxis sind natürlich Einfachheit im Erlernen, Durchschaubarkeit und dass die benötigten Daten bereits vorliegen und nicht erst eigens ermittelt werden müssen.

*E3: Wir haben mit den Architekten, habe ich eine Schulung gemacht, habe sie gewonnen und die haben gesagt, endlich haben wir ein Mittel, mit dem wir auch sehen können, was bringt es. Aber bitte, es muss einfach sein, es muss jeder auch mit der Hand das irgendwie rechnen können, aber es muss wissenschaftlich ein bisschen einen Hintergrund haben.*

Jedoch ist „einfach“ keine objektive Eigenschaft. Als „einfach“ empfindet man eigentlich nur jene Programme, mit denen man häufig arbeitet. Zwei äquivalente Programme, von denen eines das gewohnte, das andere unbekannt ist, werden von einem der befragten Architekten ganz unterschiedlich beurteilt. Obwohl es evident ist, dass in beiden Fällen – es geht um die Berechnung der Energiekennzahl - dieselben Eingaben gefordert werden und beide Programme die notwendigen Hintergrunddaten über das regionale Klima integriert haben.

*A3: Man müsste das, wenn man so etwas [Energiekennzahlberechnung] macht, müsste man es auf eine möglichst einfache Art und Weise machen und da habe ich einen guten Draht zur Kommunalkredit, die hat uns die Energiekennzahl für Gebäude, eine Diskette mit einem Excel-Programm drauf, da kannst du ganz primitiv und einfach den Energieausweis dir selber holen. Das habe ich hier auch gemacht und in einer halben Stunde war ich fertig. Mit dem Programm vom XX [von den AutorInnen anonymisiert], da muss ich mich ja 3 oder 4 Tage damit auseinandersetzen. [...] Ich habe bis heute aber noch keine Zeit gehabt, mir seine komplizierten Dinge, die er mir da auf Diskette mitgegeben hat, wirklich zu bearbeiten.*

Weiters wird von den Energieexperten ein Fehlen von Software, welche während des ganzen Prozess des Entwurfes integriert ist, bemerkt.

*E2: Was nicht da ist, sind die integralen Werkzeuge, die EDV-mäßig orientiert wirklich querbeet durch alles Mögliche durchgehen. Es sind dann immer so Spezialtools, man muss da mit so einem Spezialprogramm hineinfahren, die dann teilweise aufwendig sind, teuer sind, die man dauerhaft anwenden muss und davor scheuen wahrscheinlich viele kleine technische Ingenieurbüros einfach zurück.*

Die Energieplaner hingegen konstatieren zwar zu geringes Wissen der ArchitektInnen in dieser Beziehung. Es sei aber fraglich, inwieweit es deren Aufgabe sei und ob diese nicht berechtigterweise den Kopf von dieser Rechenarbeit frei haben wollen.

*Frage: Gibt es so ein Tool, wo man eine einfache Berechnung oder eine Simulationsrechnung dem Architekten direkt als Werkzeug in die Hand gibt, damit er Grobabschätzungen machen kann?*

*E1: Man kann sagen, wir haben da einmal so etwas irgendwie im Kopf gehabt, wobei das funktioniert eigentlich nicht wirklich. Das war irgendwie auch ein bisschen ein Irrtum von uns.*

*E1: Nicht, weil er es nicht wollte sondern weil er gemerkt hat, was das bedeutet. Dass das eigentlich einen sehr starken Einfluss auf seine gedanklichen Ansätze hat und er eigentlich doch lieber, als einen jungen Architekten in seinem Büro damit zu betreuen, jemanden wollte, der einfach auch Erfahrung hat. Es war ihm zu unsicher, dass er da den jungen Architekten hinsetzt und der rechnet das schön brav herunter und kann es aber nicht so quantifizieren: Wo liegen wir, ist es sinnvoller, dass man jetzt das Dach mehr dämmt, oder. Es ist aber eine Tätigkeit, eigentlich müsste der, der das Konzept macht, der Architekt, dass dann selber anwenden. Dass er es einfach so ein bisschen verinnerlicht. Aber das wollen sie nicht. Ich verstehe das auch.*

### **Erfahrung ersetzt häufig Simulationen**

*E1: Die [Solararchitekten] haben Erfahrung von vielen Projekten, die haben vor 10 Jahren die Öko-Holz-Sonnen-Büchsen da hingestellt und die sind drinnen gestanden. Die haben gemerkt, wie warm es da drinnen wird.*

*E1: Es läuft eigentlich so, dass die Architekten, mit denen wir viel arbeiten, einfach über die realisierten Projekte schon so viel Erfahrung haben, dass sie praktisch dieses Tool verinnerlicht haben. Würde ich einmal so sagen. Ich komme mit irgendeinem Projekt hin und die wissen schon, wo es heiß wird und wo nicht. Das ist das Wichtige bei jedem Planungsprozess.*

*Von mir aus können sie eine Glaswand hinmachen, aber die Konsequenzen müssen ihnen klar sein. Das finde ich ungeheuer wichtig. Es gibt andere, die machen eine Glaswand hin im Büro und denken, damit können sie prächtig passiv solar heizen.*

Auch die befragten Architekten hatten keine Probleme mit solaren Gewinnen und äußerten kein Bedarf an genaueren Analysemethoden. Sonnenschutz und genügend Speichermasse sind als Mittel zur Beeinflussung des Energieeintrages bekannt und erscheinen als ausreichend. Man erwartet sich von den HaustechnikerInnen Rückmeldungen, falls Probleme auftreten könnten. Für diese gilt dasselbe sinngemäß: Erfahrungen aus bereits realisierten Projekten lassen die Verhältnisse hinreichend genau vorwegnehmen, Simulationen werden von vielen als unnötig aufwendig angesehen.

*A1: Es ist ein stufenweises Vortasten. Man hat einen Entwurf und diesen Entwurf diskutiert man einmal nach grundsätzlichen energietechnischen Rahmenbedingungen durch. Das kann so ein halbwegs vifer Planer sehr schnell analysieren. Da braucht man gar nicht viel rechnen.*

Dass der interviewte Energieplaner trotzdem viel simuliert, liegt darin, dass die Geschicklichkeit im Umgang mit dem komplexen verwendeten Programm dies erfordert und auch zu seiner eigenen Kontrolle. Viele Simulationsberichte, erzählt er, bleiben in seiner Schublade.

*E1: Dann als Planungswerkzeug, man muss sie dann wirklich oft einsetzen, als Planungswerkzeug die Simulation. Es gibt dann auch einen Haufen Simulationsberichte, die wir anstellen, die liegen in der Schublade, weil der Planer oder der Ausführer im Endeffekt einfach alles selber macht, die Simulation kaum berücksichtigt. Das ist jetzt nicht bei unserem Büro, aber normalerweise, wenn z. B. die Simulation extern erfolgt, was ja eigentlich jetzt, würde ich einmal sagen, ein großer Regelfall ist.*

### **Optimierungsmöglichkeiten durch Tools**

Ein sehr häufig anzutreffendes Motiv für die Planung von Niedrigenergiehäusern ist auch ein entsprechender Architekturstil oder eine entsprechende Architekturphilosophie. KLINGELE beschreibt einige Beispiele unterschiedlicher architektonischer Konzepte energiegerechter Gebäudeplanung, die sie wie folgt benannt hat: „Energie und Baubiologie“, „Energie und Ökologie“, „Energie und Solararchitektur“, „Energie und Corporate Identity“, „Energie und High-Tech“, „Energie als Service-Konzept“, „Energie und Tageslichtarchitektur“. Sie konstatiert: „Es fällt jedoch auf, dass Energieplanung immer im Sinn der ‚Architekturideologie‘ eingesetzt wurde, d.h. dass bestimmte Architekturformalisten immer bestimmte Energiekonzepte eingesetzt haben, dass Energie zum ‚Diener‘ der Architektur wurde.“ Weiters spricht sie von ‚Missbrauch‘, wenn z.B. die „High-Tech“-Architektur nur in Teilbereichen energetisch sinnvoll ist.

Zwei befragte Architekten gaben an, mechanische Belüftung und Klimatisierung abzulehnen oder nach Möglichkeit nicht einzusetzen. Ihre Gebäude müssen demnach gewissen Planungskriterien genügen. Dies ist jedoch nicht gleichzusetzen einer energetischen Optimierung, die durchaus z.B. mechanische Belüftung zulässt oder sogar erfordert.

Alle befragten Architekten kannten erstaunlich viele Aspekte des energetischen und ökologischen Bauens, auch jene, die sich in diesem Bereich nicht speziell profiliert haben. Es wurden auch innovative Konzeptionen, wie transparente Wärmedämmung u.ä., oft genannt: Wenn Bauherren dafür offen wären, würden sich auch die Architekten die Anwendung dieser Produkte zu eigen machen. Viel von dem Wissen ist als Wissen um die Zusammenhänge (Ursache-Wirkung), aber nicht quantifiziert vorhanden. Damit können aber designrelevante Fragen nicht beantwortet werden, wie: „Zu wie viel Prozent kann eine transparente Wärmedämmung den Wärmebedarf eines Gebäudes decken und wie groß muss die Fläche dafür sein?“. Dies wäre aber eine Voraussetzung für Optimierung, denn diese ist gerade dadurch gekennzeichnet, dass Spielräume schrumpfen und dass Doppelgleisigkeiten vermindert werden.

*A1: Sie können für eine einschalige Fassade und für eine mehrschalige Fassade den selben k-Wert errechnen.*

*Aber wenn Sie dann die Phasenverschiebung von so einem Wandaufbau sehen, quasi alles was darüber hinausgeht...*

Andererseits fehlt – nach Meinung der Energieplaner - bei vielen Architekten das Verständnis für die etwas komplexeren Zusammenhänge bei größeren Bürogebäuden, so zu sagen der zweite Schritt nach der Heizenergiekennzahl.

*E1: Die Kennzahlen sind ja immer noch längst nicht irgendwie, nicht einmal im deutschsprachigen Raum in Europa irgendwie etwas, mit denen Architekten wirklich umgehen können. Es gibt einfach wenige, die wissen, was eine Heiz- oder Kühlenergiekennzahl für ein Bürogebäude sein soll. Können es überhaupt nicht relativieren. Ist das viel, ist das wenig? Bei Wohngebäuden weiß man es langsam. OK, 100 Kilowattstunden pro m<sup>2</sup> und Jahr ist irgendwie viel und 50 ist so energetisch gut und die Passivhäuser liegen dann irgendwo unter 20, oder 15 und noch weniger. Aber bei einem Bürogebäude, in dem eben die Kennzahl in bezug auf Heizenergie-Gebäude eigentlich relativ uninteressant ist, weil es eine ganz andere Kategorie ist, was sie da mit so einer Kühlenergiekennzahl anfangen sollen... .*

Üblicherweise wird bei großen Gebäuden mit komplexen Anforderungen aber auch eine größere Anzahl von Fachplanern integriert, von denen man das benötigte Know-how erwartet.

*A2: Bei der Konzeption eines Gebäudes bis zu dessen Durchplanung und Ausführung muss man so viel Wissen einbringen, so viel Erfahrung und so viel Wissen einbringen, dass einer allein das wahrscheinlich nicht einbringen kann. Das führt dann zum Zusammengehen mit anderen, die auf ihren Gebieten dieses Wissen haben.*

### **Der Nutzen von Simulationstools**

In der Literatur wird der Einsatz von Simulationstools idealerweise als iteratives – schrittweises – Herantasten an den optimalen Entwurf beschrieben. So empfiehlt z.B. der Architekt KIRALY für die Planung eines „Sonnenhauses“ folgende Vorgangsweise: Vorentwurf – Simulation - Entwurf unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Simulation – erneute Simulation – usw. bis das Objekt die angestrebten Eigenschaften aufweist.

Aus dem Kontext ergibt sich, dass mit Simulation in diesem Fall nicht unbedingt ein dynamisches Computerprogramm gemeint ist, sondern durchaus auch händische Rechenverfahren, wenn sie den Solarbeitrag berücksichtigen.

Bei dynamischen Simulationsprogrammen ist jedoch der Aufwand für die Datenaufnahme und –eingabe sowie für die Berechnung verschiedener Varianten sehr hoch. Daher sollten sie nur eingesetzt werden, wenn Aussagen über dynamische Effekte, wie Aufheizzeit, sommerliche Kühllast, etc. erwartet werden. Daher beschränken Energieplaner diese aufwendigen Rechnungen einerseits und setzen auf ihre Erfahrung, andererseits gilt auch hier die Notwendigkeit, das Tool häufig zu benutzen, um mit der Anwendung vertraut zu bleiben.

*E1: Simulation brauche ich nachher bei kritischen Phasen, wo ich jetzt wirklich z. T. selber nicht mehr weiß, wie es geht, ob es so funktioniert. Oder z. T. ist es schon auch so, dass ich mir vielleicht nicht unbedingt sicher bin, oder, dass es dann zumindest so ist, dass ich es nicht dem Architekten plausibel, ohne Rechnung, erklären kann, oder dem Bauherrn.*

Dynamische Simulationen werden zur Zeit nur von wenigen Energieplanern beherrscht und angeboten. Die verwendeten Rechenmodelle liegen nahe an den tatsächlichen physikalischen Prozessen und bilden den Zeitverlauf der thermischen Vorgänge innerhalb des Gebäudes ab. Dies gilt jedoch nur, wenn die Randbedingungen realistisch angesetzt wurden.

Den „Rechenspezialisten“ fehlt hierfür dann die Praxiserfahrung, was von einigen Interviewpartnern wortreich beklagt wurde.

*E1: Das ist z. B. ein unglaublich komplexes Planungswerkzeug und wenn der, der es bedient, dann Mist reingibt, dann kommt ganz einfach Mist raus in Wirklichkeit.*

*E1: Die haben nur oft wirklich jetzt nicht, die wirkliche Ahnung von der Umsetzung und können es gar nicht de facto so wirklich umsetzen - wie soll man sagen - ohne jetzt ein Risiko dabei einzugehen. Du musst jetzt einem Haustechnikplaner überhaupt sagen, na leg deine Betonrohre in der Mitte von der Decke ein. Du kannst damit heizen und kühlen. Du hast 30 oder 20 cm Betondecke und in der Mitte die Rohre. Das muss man sich erst einmal trauen, auch wenn es von den Simulationsergebnissen so stattfindet. Weil bis das alles umgesetzt ist, gibt es einen Haufen Schritte dazwischen und im Endeffekt ist man dann doch verantwortlich, oder teilverantwortlich, wie auch immer, dass das dann funktioniert.*

*E3: Dann waren die Herren vom Energieinstitut dabei und haben sich immer so verteidigt, ja, die Rechnungen haben gezeigt, das geht so. Sage ich, ja, aber schauen sie, jetzt kommt es darauf an, die Rechnungen, wo sie Annahmen hineingesteckt haben, dass der Computer richtig rechnet, dass das TRNSYS-Programm in Ordnung ist, wissen wir alle. Die Frage ist nur, welche Annahmen haben sie hineingegeben.*

*E3: Wie ich das zur Begutachtung bekommen habe, haben die hineingeschrieben, die Arbeitszahl der Wärmepumpe übers Jahr ist 4,9. Sage ich, Sie, das haben wir noch nie erreicht. Nicht einmal in einem Niedrigstenergiehaus. Ja, aber das muss gehen, das geht ja. Da haben sie eine Kurve gehabt, da ist die Leistungsfahrt, die wird ein- und ausgeschaltet. Ich habe gesagt, schreiben Sie hinein 3 und ich glaube, Sie werden mehr wie 3 erreichen. Bei so einem kleinen Haus, mit so wenig Energiebedarf sind das aber gleich 20 - 30 % Unterschied. Gemessen haben wir 3,3. Nicht.*

*Jetzt war die Katastrophe. Alle haben gesagt, ich habe mit TRNSYS berechnet, das gilt. Dann kommen die Erfahrungen raus. Dann hätte ich gleich gesagt, ich brauche mit TRNSYS nicht rechnen. Ich weiß, es ist 3,3, aber ich sage es nicht. Ich sage, es ist 3, damit die Leute dann ein Erfolgserlebnis haben. Aber die gehen hoch hinauf und dann heißt es, wozu brauche ich. So hat man diese Rechenprogramme kaputt gemacht. Wenn Sie heute zu Planern gehen, heißt es immer, das sind Physiker,...*

### **Architektur und Computer**

Mit der Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens wird ein weiterer Schritt der Planung von Computern ausgeführt.

Architekten kritisieren das Eindringen des Computers in den Entwurfsprozess in Form des CAD bzw. genauer des CAAD (Computer Aided Architectural Design) (SCHMITT). Inwieweit stellen nun die interviewten Architekten selbst (in den Interviews wurde nicht explizit danach gefragt) einen Zusammenhang her zwischen dem an sie herangetragenen Anspruch nach energetischer Optimierung und einer weiteren Computerisierung?

*A1: Durch diese zunehmende Vercomputerisierung, ist auch nicht gerade das, weil man schön langsam immer so Fertigprodukte verwendet. Man zeichnet weniger, man übergibt mehr der EDV. Sie kriegen heute schon sehr viel aus der Baustoffindustrie direkt über CD-Rom. Über Disketten. Sie können sich fast jedes Detail heute bereits herausholen, ein bisschen modifizieren und dann geht es weiter. Das hat alles auch gewisse nachträgliche Einflüsse, übt das aus in unserem Bereich. Also diese Erfahrung, die man mit einem Handwerker aufgebaut hat, die so eine überlieferte Erfahrung war, von einem Zimmermann, der genau gewusst hat, wie man was wo anwendet. Das ist heute etwas anonymisiert, oder sehr stark anonymisiert. 90 % unserer Leute kommen mit diesen Leuten auf der Baustelle gar nicht mehr in Berührung.*

Dies wird auch von HOFER bestätigt, in dessen Beitrag ein durchaus kritischer Unterton mitschwingt. „CD-Roms und das Internet liefern k-Wert-Formulare, Bauteilkataloge und Ausschreibungstexte. [...] Bauen heißt montieren von Komponenten ‚just in time‘; nicht Großtafelbauweise und beschränkte Auswahl, wie die Modernen der zwanziger Jahre noch vermuteten, sondern individuelle Kombination der Einzelteile; die Vielfalt des Handwerks ohne seine Nachteile.“

Die Verbindung mit CAD stellt derzeit den wichtigsten Entwicklungsschritt bei thermischen Simulationsprogrammen dar. Damit wird es möglich, dass die Simulation in Zukunft in den Architekturbüros automatisch als eines von zahlreichen Modulen bei der Gebäudeplanung kontinuierlich eingesetzt wird. Da die Entwurfspläne heute immer öfter in elektronischer Form zwischen ArchitektInnen und FachplanerInnen ausgetauscht werden, wird auch die integrierte Gebäudesimulation für die technische Gebäudeausstattung immer unaufwendiger.

## 4 Einsatz- und Anwendungskriterien von computerunterstützter Gebäudesimulation

Um sich einen Überblick über den Einsatz von Simulationsprogrammen zu schaffen, muss man zwischen dem reinen Anwendungsfall einer Simulationssoftware und dem Neuanschaffungsfall unterscheiden:

- Beim Anwendungsfall handelt es sich um die Frage, ob sich der Einsatz eines speziellen Programms für ein bestimmtes Bauvorhaben rechnet oder nicht, sowie welches Programm sinnvoll anzuwenden ist.
- Im Fall der Neuanschaffung geht es darum, ob der/die PlanerIn ein bestimmtes Softwarepaket ankauft und in der Folge auch vermehrt anwendet. Ob es sich auszahlt, ein Programm neu zu beschaffen oder nicht, hängt davon ab, ob das Programm als Problemlösungsinstrument für das Hauptaufgabengebiet des/der PlanerIn geeignet ist.

### 4.1 Neuanschaffung

Als Grundlage für die Technologiewahl müssen die Schlüsselinformationen über vorhandene Software-Tools bekannt sein, zumindest aber die Möglichkeiten eines Programms und seine Rechencharakteristik.

Ausgerichtet auf das Einsatzgebiet des Planers oder des Büros wird dann ein Kriterienkatalog erstellt, mit dem die Programme hinsichtlich ihrer Eignung für das Büro bewertet werden.

Bei der folgenden Aufzählung wichtiger Entscheidungsgrundlagen wird auf einen Kriterienkatalog Bezug genommen, der im Rahmen der IEA (RITTELMANN et al.) für die Auswahl von Tools erarbeitet wurde. Demnach sollten für die Neuanschaffung von Tools zur energetischen Bewertung von Gebäuden jedenfalls die nachfolgenden Aspekte in die Überlegungen einfließen:

**a) Geräteausstattung des Unternehmens (Großrechner, Workstations, PCs etc.):** In der Regel wird man sich an der vorhandenen Ausstattung des Büros orientieren. Wichtig ist dabei auch die Einbindung der verwendeten Konstruktionsprogramme (AutoCAD, etc.). Immer mehr Tools ermöglichen ein direktes Übernehmen der Daten in das Energie-Berechnungsprogramm.

**b) Anwendungsmöglichkeiten des Programms am Gebäude:** Für große kommerzielle Gebäude grenzt sich der Kreis von zielführenden Tools auf die dynamische Gebäudesimulation ein. Statische und modellorientierte Verfahren können meist nicht die geforderten Koppelungseffekte wiedergeben und rechnen daher wesentlich ungenauer.

**c) Planungsphase:** Es erfolgt die Zuordnung der einzelnen Tools zu den jeweiligen Planungsphasen. Entscheidend ist dabei, welche Daten das Programm zur Erstellung der Rechnung benötigt und welche in den jeweiligen Planungsabschnitten zur Verfügung stehen.

**d) Anschaffungskosten:** Diese enthalten neben den reinen Programmkosten auch möglicherweise notwendige Compiler, Installationen am vorhandenen System, sowie die Kosten der Einschulung.

Die Einarbeitungskosten können mitunter die Programmkosten bei weitem übersteigen (beispielsweise TRNSYS oder andere dynamische Simulationsprogramme).

**e) Betriebskosten:** Dabei sollte immer die Auslastung des Programms im Vordergrund stehen, denn komplexe Software-Tools haben nicht nur den Nachteil der langen Einarbeitungsdauer, sondern bedürfen überdies eines stetigen "handling" um das aktuelle Hintergrundwissen nicht zu verlieren. Hinzu kommen die Kosten für die Aufrechterhaltung des Systems (Handbuch, aktuelle Versionen, etc.).

**f) Nutzerfreundlichkeit:** Die Oberflächenstruktur nimmt maßgeblichen Einfluss auf die Bedienungsfreundlichkeit eines Programms. Komplizierte Oberflächen verursachen nicht nur zusätzliche Kosten während der Einarbeitungsphase sondern auch im ständigen Betrieb. Ein aufwendig zu bedienendes Programm bedarf meist eines geschulten Mitarbeiters, der sehr lang mit dem Programm gearbeitet haben sollte.

**g) Flexibilität:** Als Entscheidungsmerkmal dienen die Problemstellungen, für welche das Programm eingesetzt werden kann und für welche Gebäudetypen es konzipiert wurde sowie in welchem Planungsabschnitt das Programm eingesetzt werden kann. Entscheidend ist die Kalkulationsmethodik, die auf der Datenaufbereitung und den verwendeten Lösungsalgorithmen beruht. Vereinfachungen in den Ausgangsparametern sind fraglich, da sie mit der besten mathematischen Lösungsarithmetik nicht mehr kompensiert werden können und damit das umfassende Einsatzgebiet eines Programms einschränken.

**h) Qualität und Quantität der Ausgabedaten:** Unterschiede in der Berechnungsmethodik ergeben auch Unterschiede hinsichtlich der Aussagekraft der erzielten Daten. Schlagworte zur Beurteilung der Qualität von Programmen sind die Wiederhol- und die Vergleichsgenauigkeit des Programms. Dabei wird unter der Wiederholungsgenauigkeit die Reproduzierbarkeit eines Wertes mit derselben Maschine und derselben eingebenden Person verstanden und unter Vergleichsgenauigkeit die Reproduzierbarkeit der Werte über die Eingabe durch verschiedene Personen und in der Regel verschiedene Maschinen.

**i) Erzielbarer Effekt im Verhältnis zu den Projektkosten:** Im Rahmen der Kalkulation eines Bauvorhabens sind in Österreich die Kosten einer Energieanalyse in der Regel nicht enthalten. Der beauftragte Architekt müsste diese aus seinem Anteil am Honorar begleichen. Das Architektenhonorar lässt in vielen Fällen keinen Spielraum für eine energetische Optimierung. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen und in herkömmlichen Planungsprozessen mit traditioneller Rollenverteilung darf die energetische Bewertung eines Gebäudes nicht viel Zeit und Geld in Anspruch nehmen.

Die Erhebung dieser Informationen über die Einsatzumgebung des Programms ist zumeist ohne Vorkenntnis nicht sinnvoll durchführbar und bedarf einiger Zeit. PlanerInnen sind zur Ausführung dieser Arbeiten auf den Zukauf von Dienstleistungen angewiesen, da ihnen die notwendige Zeit zur Einarbeitung nicht zur Verfügung steht.

Wünschenswert wäre daher eine **Orientierungshilfe für den/die PlanerIn, die angibt, für welche Kategorie von Simulation welches Tool als geeignet erscheint und wie weit die Ergebnisse vom Sollwert abweichen bzw. abweichen können.**



Die Verbesserung der Bedienungsflächen vorausgesetzt, könnte somit jeder/e PlanerIn rasch und ohne viel Aufwand eine Simulation im Rahmen des Offerts zu einem Bauprojekt mit anbieten und durchführen, denn jeder Konsument ist daran interessiert, möglichst wenig Geld für Heizung und Kühlung auszugeben.

Auch wenn damit je Projekt nur eine Reduktion um 10 % bewirkt wird, bringt uns dies den Zielen der Klimakonvention weit näher, als dies in den letzten Jahren über legislative Maßnahmen erreicht wurde.

Es würde zu einer Breitenwirkung kommen, welche über die Effekte von Pilotprojekten mit Vorbildfunktion weit hinaus ginge. Denn ein paar Vorzeigeprojekte, die einen sehr niedrigen Energieverbrauch aufweisen, ändern am Gesamtenergieverbrauch sehr wenig.

Für die Betrachtung komplexer energietechnischer Problemstellungen wird es jedoch auch in Zukunft eines Spezialisten bedürfen. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang die **Abgrenzung der Spezialprobleme von den Standardfällen**.

Der Standardfall sollte in Hinkunft auch bei Vorliegen einer sehr großen Vielfalt an möglichen Einflussparametern über ein Simulations-Tool mit einfacher Oberfläche und trotzdem sehr guter Näherung gelöst werden können.

**Diese Differenzierung, die Erstellung einer „Typologie von Standardfällen“ sowie eine entsprechende Software liegen jedoch noch nicht vor.**

## 4.2 Anwendungsfall

In diesem Fall steht nicht die Ausstattung des Büros mit Simulationssoftware im Vordergrund, sondern der Einsatz eines bestimmten Programms im Rahmen eines Projektes. Dies kann durch den Planer selbst erfolgen, wenn er über die Software bereits verfügt, oder über den Zukauf der Dienstleistung. Ob eine Energieoptimierung durchgeführt wird oder nicht, hängt einerseits ab von der Einstellung des Bauherren und des Architekten zum Betriebsmittel Energie und andererseits von der Größe des Bauvorhabens.

Für die Entscheidungsfindung im Anwendungsfall können die Kurzbeschreibungen von Simulationsprogrammen ab Kapitel 5 verwendet werden.

## 5. Physikalische Kenngrößen

Herzstück der Simulation sind die verwendeten **Klimadaten** (siehe Kapitel 5.1). Sie definieren die externen Energieeinflüsse und bilden damit einen wichtigen Ausgangspunkt für die bestehenden Anforderungen an ein Gebäude. Es gibt unterschiedliche Methoden, Klimadaten zu Datensätzen für die Simulation zu verarbeiten, Beispiele sind halb-hybride Datensätze oder der Einsatz von Klimadatengeneratoren.

Hinsichtlich ihrer Leistung unterscheiden sich Simulationsprogramme in der Art der Erfassung und Lösung der Problematik von **Strahlungsaustausch und Wärmefluss zwischen Bauteilen** (siehe Kapitel 5.2). Versuchen die eher physikalisch orientierten Pakete eine exakte, wenn auch auf einen Idealzustand bezogene Analytik, so berücksichtigen andere wiederum nur den reinen Wärmeübergang über die k-Werte und berechnen die solaren Gewinne über die Globalstrahlung und Abminderungsfaktoren.

Ziel der Simulation schließlich ist das **Behaglichkeitsempfinden** (siehe Kapitel 5.3). Mittels Simulation sollen die Bedingungen des Innenraums so gestaltet werden, dass dieser Zustand von den Menschen, die sich in den Räumen aufhalten, als möglichst behaglich empfunden wird.

### 5.1 Klimadaten

Die Aussagekraft der vorhandenen Klimadaten wird von den verwendeten Zeitschritten (z.B. Stunden oder Monate) bestimmt. Je größer der zeitliche Abstand zwischen den vorliegenden Klimadaten ist, desto ungenauer wird die reale Situation nachgebildet.

**a) Jahresmittelwerte:** Sie dienen zur grundsätzlichen Bewertung des Standortes, der Region. Die Summe der Globalstrahlung gibt über das Jahr gerechnet die einfallende Sonnenenergie auf die horizontale Fläche an. Weiteres Kriterium für Rechnungen dieser Art ist die Heizgradtagzahl.

**b) Monatsmittelwerte:** Dies sind langjährige monatliche Mittelwerte von Globalstrahlung und Außentemperatur. Monatsmittelwerte werden zumeist zur näherungsweise vereinfachten Auslegung von Solaranlagen verwendet. Beispiele für Programme: FCHART, 1995; ISFH, 1992.

**c) Stundenmittelwerte:** Die Auswertung im Stundenintervall beinhaltet zusätzlich den Anteil an Diffusstrahlung in gesondert ausgewerteter Form. Mittels Stundenmittelwerten rechnen all jene Programme, welche Energiesimulationen für Heizungsauslegung und die Berücksichtigung der Einflüsse von Speichermassen ermöglichen. Beispiele für Programme: TSOL, 1995; Polysun, 1995; TRNSYS, 1994.

Ein Problem bei der Erstellung eines repräsentativen Klimadatensatzes ist die unvorhersehbare Witterung und die damit verbundenen klimatischen Gegebenheiten. Durch langjährige Aufzeichnungen von Wetterstationen (Niederschlagsmenge, Sonnenscheindauer, Temperatur, Windgeschwindigkeiten etc.) gibt es eine Vielzahl von Daten über die klimatische Situation in Europa.

Zur Erstellung von Datensätzen wurden verschiedene Wege besprochen, die in den folgenden Kapiteln kurz beschrieben werden.

### 5.1.1 Klimadatengenerator

Viele Programmpakete beinhalten einen Klimadatengenerator. Mit dessen Hilfe werden aus einem vorliegenden Datensatz aus Monatsmittelwerten von Außentemperatur, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit und den geographischen Daten des Ortes über die geeignete Wahl der variablen Größen Klimaschwankungen näherungsweise abgebildet. **Klimadatengeneratoren simulieren in der Regel periodisch wiederkehrende Witterungszustände. Dieser Sachverhalt muss in der Beurteilung der Daten berücksichtigt werden.** Eine Simulation mittels Klimadatengenerator kann länger anhaltende Witterungsperioden nicht berücksichtigen, Schwierigkeiten bereiten auch sogenannte Extremsituationen wie Inversionswetterlagen oder mehrere aufeinanderfolgende Hitzetage. **Dies bedeutet also Vorsicht bei der Auslegung von Räumlichkeiten, die einem großen Wechselspiel von Nachtabsenkung und Aufheizung durch Sonneneinstrahlung unterliegen.** Beispiele für Programmpakete, die Klimadatengeneratoren enthalten, sind das Programmpaket TRNSYS und das Schweizer METEONORM. Die meisten Programme mit Klimadatengenerator bieten die Möglichkeit, auch andere Wetterdatensätze einzulesen.

### 5.1.2 Halb-hybride Datensätze

Solche Datensätze bestehen aus Stundenmittelwerten von diffuser und direkter Strahlung, Außentemperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. **Die Daten werden aus Ergebnissen von Messreihen über mehrere Jahre hinweg in einer bestimmten Region erstellt** (Aufzeichnungen von Wetterstationen). Die auftretende Witterung (über viele Jahrzehnte hinweg) wird nun so verschachtelt, dass alle bisher aufgetretenen und bedeutenden Klimaschwankungen Berücksichtigung finden. Die Übergänge werden dann verschliffen. **Die nun vorliegende Spiegelung des Wetters enthält alle aufgetretenen Witterungszustände und klimatischen Gegebenheiten des Standortes.** Unberücksichtigt bleiben weiterhin allfällig auftretende Mikroklimata (kalte oder warme Luftströmungen etc.) an einzelnen Orten der Region.

Für die alten Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland wurde solch ein halb-hybrider Datensatz für 12 Zonen gebildet. Dieser wird unter der Bezeichnung "Test Referenz Jahr" eingesetzt und vertrieben. Ebenso ist für die Schweiz ein solcher Klimadatensatz für verschiedene Standorte erhältlich ("Design Reference Year"). **In Österreich gibt es nur für Wien einen entsprechenden Datensatz.** Halb-hybride Klimadatensätze beinhalten alle wesentlichen bisher in der betreffenden Region aufgetretenen Veränderungen des Wettergeschehens. Enthalten sind auch regelmäßig auftretende beständige Inversion-Wetterlagen und Hitzeperioden. Wettergeschehen, das nur alle 100 bis 200 Jahre auftritt, bleibt auch hier unberücksichtigt, da es nicht dem Regelfall entspricht.

Die zur Berechnung verwendeten Datensätze müssen immer auf den jeweiligen Standort und das dort vorherrschende Wettergeschehen angepasst werden.

### 5.1.3 Auswirkungen des Energieeintrages auf die Gebäudeplanung

Strahlungsdaten für direkte und diffuse Strahlung liegen entweder aus Messungen der Sonneneinstrahlung auf horizontale Flächen vor oder müssen berechnet werden. Die Berechnung erfolgt über die direkte Strahlung aus den geographischen Daten und der Gesamtstrahlung.

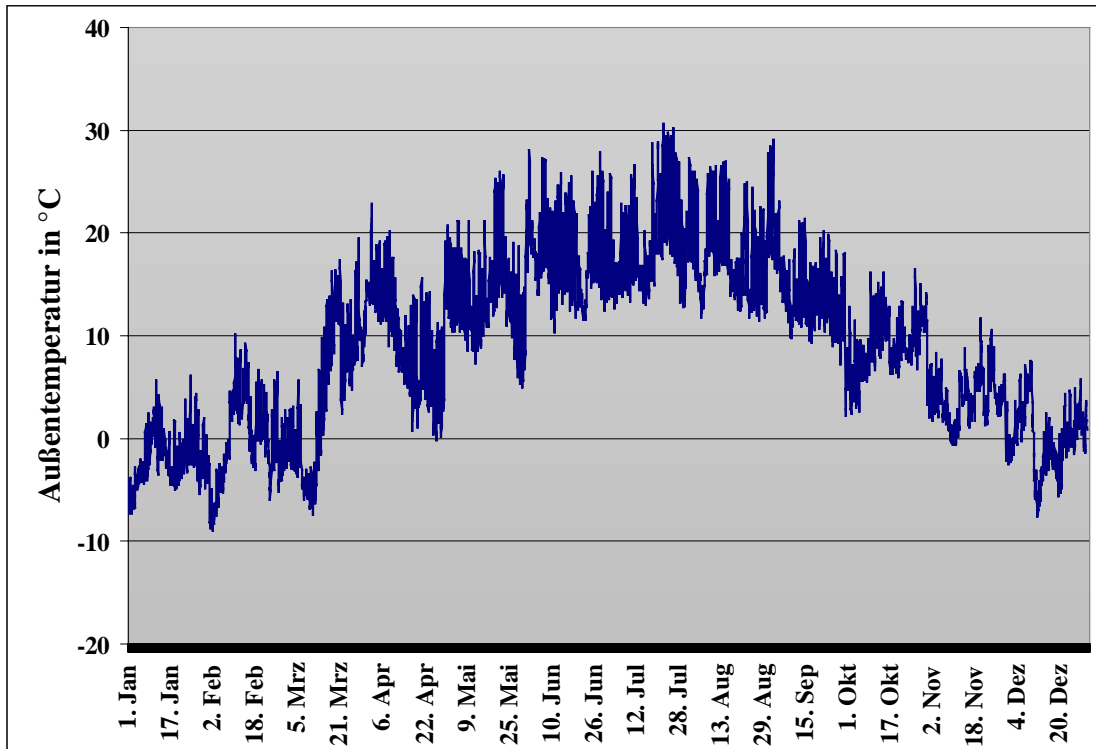


Abb. 1: Temperaturverlauf innerhalb eines Jahres in Graz (GUMMERER<sup>1</sup>)

Für die diffuse Strahlung wird eine Gleichverteilung über den gesamten Himmel angenommen. Wird der diffuse Strahlungsanteil nach anderer Gewichtung berechnet, so kann dies zu einer Verschiebung der solaren Einstrahlung über das Jahr führen. Den größten Einfluss auf die Verteilung direkter zu diffuser Strahlung hat die Bewölkung. Hinzu kommt die Minderung der Einstrahlung durch die veränderlichen Größen des Azimut und der Deklination der Sonne und die lokalen Dämpfungseffekte infolge von Luftverunreinigungen.

Der diffuse Strahlungsanteil in Österreich kann bis zu 60 % des gesamten solaren Energieeintrages ausmachen. Dies bedeutet, dass große Fensterflächen an Tagen mit Bewölkung oder Nebel keine Gewinne, sondern lediglich Verluste aufweisen werden; darüber kann auch der Einsatz modernster Fenstertechnologie nicht hinweg täuschen.

<sup>1</sup> GUMMERER C., 1998, Energetische Bewertung des Neubaus der BH – Murau, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz.

## 5.2 Wärmeübertragung an Bauteilen

Der Übertragungsmechanismus von Wärme in Bauteilen ist ein ständiger Begleiter in der Energiebedarfsrechnung. Angetrieben wird der Mechanismus durch die Grundgesetze der Thermodynamik, wonach jeder Körper mit anderen in Wechselwirkung steht und Energie vom wärmeren auf kältere Körper übertragen wird.

### 5.2.1 Wärmeleitung

Darunter wird der Wärmetransport innerhalb eines Bauteiles, zum Beispiel der Wand eines Gebäudes oder in den Wandungen von Rohrleitungen eines Heizungsverteilsystems, verstanden. Der Wärmeleitungswiderstand bildet dann einen Teil des gesamten Wärmeübertragungswiderstandes. Grundsätzlich werden stationäre und instationäre Systeme unterschieden.

#### a) Stationäres System

Durch ein Bauteil (Außenwand eines Gebäudes) mit einer definierten Wandstärke fließt auf Grund des Temperaturgefälles ein gleichbleibender Wärmestrom, der mit folgendem Zusammenhang beschrieben werden kann:

$$\Delta T = (Q/A)(s/\lambda) = qs/\lambda$$

$$q = \Delta T_w \lambda / s$$

$$\Delta T_w = T_i - T_a$$

“ $q$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ )” gibt die Heizflächenbelastung an und ist ein Maß für den spezifischen Wärmefluss, “ $\lambda$ ” ( $\text{W}/\text{mK}$ ) gibt die stoffspezifische Wärmeleitfähigkeit an, die von der Temperatur abhängig ist. Für Näherungen wird mit einem mittleren “ $\lambda$ ” gerechnet. Für Dämmstoffe sollte “ $\lambda$ ” unter  $0,05 \text{ W}/\text{mK}$  liegen. “ $\Delta T_w$ ” ( $\text{K}$ ) gibt das Temperaturgefälle zwischen der Außen- und Innenseite des Bauteiles an. Und “ $s$ ” bildet die Dicke des Bauteiles in Metern. Der stationäre Fall der Wärmeleitung ergibt sich somit als linearer Zusammenhang von spezifischem Wärmefluss und Temperaturdifferenz. Es liegt nur eine Abhängigkeit des Ortes vor, z.B. durch die Wand.

#### b) Instationäres System

Die instationäre Wärmeleitung wird durch Wärmespannungen infolge zeitlich veränderlicher ungleicher Temperaturverteilungen in den Bauteilen hervorgerufen.

Im stationären Fall ist die durchströmende Wärmemenge wie auch die Temperatur eine Funktion des Ortes und der Zeit. Im instationären Fall ändert sich mit Fortschreiten der Zeit sowohl der Wärmefluss als auch die Temperatur an jedem Punkt des betrachteten Bauteiles. Dadurch gewinnen unterschiedliche physikalische Eigenschaften von Bauteilen an Bedeutung.

Die Berechnung des Systems muss also einerseits die Wärmeleitgleichung an den zeitlichen örtlichen Wärmefluss anpassen und andererseits die verschiedenen Energieniveaus in der Energiegleichung berücksichtigen.

$$q(\theta) = \lambda(t) \frac{\partial t}{\partial x}$$

**Wärmeleitgleichung**

$$\frac{\partial q(\theta)}{\partial x} + q_i = \rho + c(t) \frac{\partial t}{\partial \theta}$$

**Energiegleichung**

Formelzeichen	Einheiten	Größe	Formelzeichen	Einheiten	Größe
$q_i$	W/m <sup>2</sup>	innere Speicherenergie	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Dichte
$\theta$	sec	Zeit	$c(t)$	J/kg K	Wärmekapazität

Für Anwendungen, in denen nur die Temperaturverläufe und nicht die Wärmeflüsse von Relevanz sind, können beide Gleichungen zu einer zusammengefasst werden. Liegen mehrdimensionale Wärmeleitungsvorgänge vor, so müssen die partiellen Ableitungen auch nach den anderen Koordinaten durchgeführt werden. Die Lösung der Wärmeleitungsgleichung wie auch der Energiegleichung ist heute in den Simulationsprogrammen über Finite-Differenzen-Methoden mit einer recht guten Näherung möglich. Sehr genaue Untersuchungen und Messungen zur Problematik der Wärmeübertragung an Bauteilen in einem Versuchshaus wurden von FEIST durchgeführt. Dabei wird vor allem ersichtlich, dass mit der eher einfachen Beschreibung von Modellen in der praktischen Anwendung nicht das Auslangen zu finden ist.

### 5.2.2 Wärmeübertragung durch Berührung

Darunter wird der Wärmeübergang zwischen einem festen und einem flüssigen oder gasförmigen Körper aber auch zwischen Körpern gleicher Aggregatzustände verstanden. In der Gebäudetechnik ist die "Freie Konvektion" von besonderer Bedeutung. Luft streicht allein auf Grund des Temperaturgefälles über einen Körper, meistens einer Wand oder einen Heizkörper.

Die Beschreibung des Zustandes erfolgt in der Regel über die Wärmeübergangszahl  $\alpha$ .

$$\alpha = q / \Delta t = q (t_w - t_f) \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

$t_w, t_f$  Temperaturen der Wand und des Fluids (gasförmig oder flüssig)

Die energetische Qualität eines Bauteiles wird in den Normen in vielen Fällen durch den k-Wert ausgedrückt. Diese Kenngröße berücksichtigt den gesamten Wärmetransport (Wärmeübergang und Wärmeleitung) durch den Bauteil. Diese einfache Ermittlung des k-Wertes bildet die Grundlage für beinahe alle Rechenverfahren.

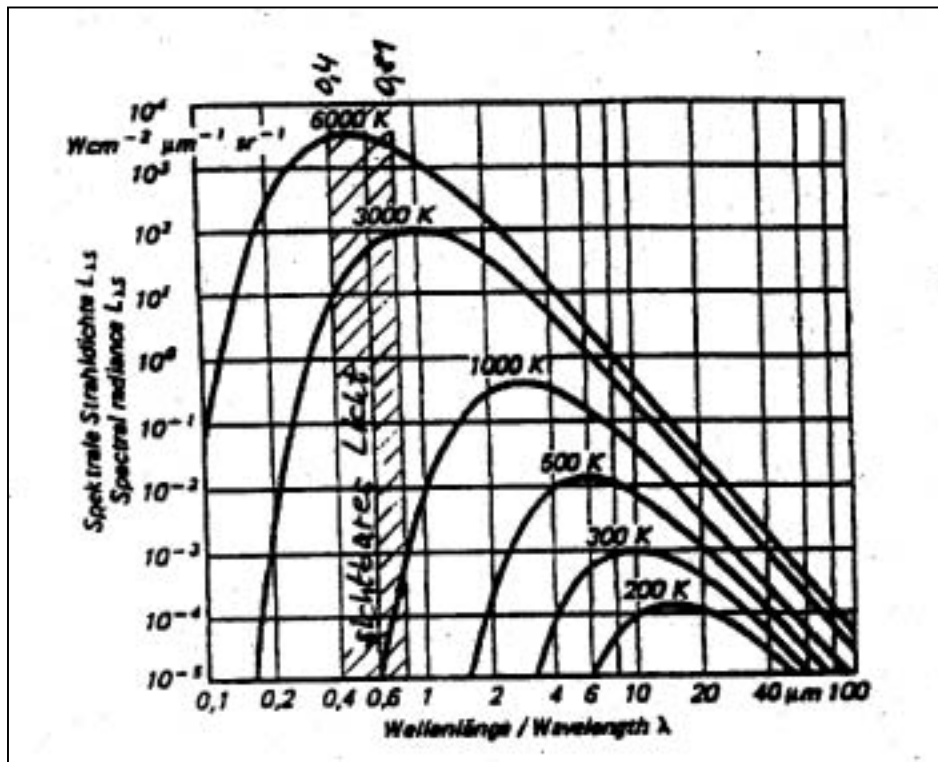
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

k	Wärmedurchgangszahl (W/m <sup>2</sup> K)	$\delta$	Dicke des Bauteiles (m)
$\alpha_1, \alpha_2$	Wärmeübergangszahlen (W/m <sup>2</sup> K)	$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der eingesetzten Rechenprogramme resultieren aus der Berücksichtigung der vorliegenden dynamischen Zusammenhänge (orts-, zeit- und temperaturabhängige Größen).

### 5.2.3 Wärmeübertragung durch Strahlung

Ein warmer Körper sendet entsprechend seiner Temperatur elektromagnetische Wellen aus. Diese Energie kann von einem Körper mit anderer Temperatur teilweise absorbiert und in Wärmestrahlung umgewandelt werden.



**Abb. 2: Spektrale spezifische Ausstrahlung eines schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Temperatur, VDI/VDE Richtlinie, Technische Temperaturmessungen – Strahlungsthermometrie, VDI 3511 Blatt 4**

Physikalische Grundlage für den Vorgang der Wärmestrahlung bilden das Plank'sche Gesetz und das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz. Jeder Körper steht mit dem auf ihn einfallenden Licht in Wechselwirkung. Dabei unterscheidet man Reflexion, Transmission und Absorption. Alle drei physikalischen Vorgänge charakterisieren den energetischen Austausch. Jeder ausgesandten Wellenlänge kann nun eine fixe Temperatur zugeordnet werden.

Je weiter sich die ausgesandten Wellenlängen vom Infrarotbereich in Richtung ultraviolett verschieben, desto energiereicher wird die Strahlung (Wien'sches Verschiebungsgesetz). Dabei wächst der Energieinhalt mit der vierten Potenz der Temperatur.

Für den menschlichen Organismus werden diese Effekte erst dann bedeutend, wenn ein Temperaturgefälle vorliegt. Nähern wir uns einem wärmeren oder kälteren Körper, so registrieren wir diesen allein schon auf Grund seiner Wärmestrahlung. Zwischen beiden Körpern würde solange ein Temperaturexaustausch stattfinden, solange das Temperaturgefälle besteht. Neben festen Körpern können auch gasförmige und flüssige an diesem Energieaustausch beteiligt sein.



### 5.3 Behaglichkeitsempfinden

Der menschliche Körper kann Temperaturen nur sehr ungenügend wahrnehmen. Die für das Temperaturempfinden verantwortlichen Rezeptoren sind verschieden empfindlich und können nur Temperaturänderungen erfassen.

**Das Temperaturempfinden wird zu je gleichen Teilen über die Strahlung und die Raumtemperatur beeinflusst.**

Für die Wärmestrahlung wesentlich ist nicht nur die Strahlung von Fensterflächen, sondern von allen Gegenständen und Wänden in einem Raum.

**Der Mensch befindet sich mit allem, was ihn umgibt, im Strahlungsaustausch. Dabei verliert er Energie an kältere Flächen und gewinnt Energie von wärmeren. Große Temperatur- (Energie-) Gegensätze führen im Körper zu Unbehagen, das sich über Kälteempfinden oder Zegerscheinungen (kalter Luftvorhang an Fensterflächen) ausdrückt.**

Temperaturgegensätze ergeben sich in der Gebäudearchitektur durch große Fensterflächen (Winter). In Bürogebäuden ist dann in den Wintermonaten der Einsatz von Heizstrahlern die Folge, welche die architektonisch nicht berücksichtigten Energieverluste kompensieren. Die Beschreibung der physikalischen Vorgänge in einem Raum einschließlich der Umschließungsflächen ist für die Berechnung ebenso wichtig wie die eingegebenen Wetterdaten. Die Unterbewertung der saisonalen Gewinne und Verluste hat einen Einfluss auf die Auswahl und Auslegung des Heizungssystems.

Nach Abschluss des Bauvorhabens kann dies Einschränkungen in der Behaglichkeit des Nutzers zur Folge haben. **In Bürogebäuden bedeutet eine geringe Behaglichkeit in der Regel ein Absinken der Arbeitsleistung bei gesteigerten Energiekosten in Folge vergrößerter Heiz- und Kühllasten.**

## 6 Einteilung der Software-Tools

Eine erste grobe Gliederung der am Markt verfügbaren Software zur Simulation der thermischen Abläufe in einem Gebäude ist in zwei Ansätzen möglich:

- nach der geschichtlichen Entwicklung und
- nach der Lösungsmethodik.

### 6.1 Historische Gliederung

Historisch betrachtet lassen sich vier Generationen (RAUCH 1989) unterscheiden. Der Umstieg auf eine neue Generation ist im wesentlichen von der Leistungsfähigkeit der verfügbaren Rechner abhängig.

#### 1. Generation

Es handelt sich um einfache Gebäudemodelle, die auf der Berechnung des Wärmebedarfes und der Kühllast nach den geltenden Normen basieren. Einflussfaktoren wie innere Lasten des Gebäudes sowie externe Gewinne werden maßgeblich über das Berücksichtigen von Faktoren bzw. Kennwerten in die Lösungsstrategie eingebracht.

#### 2. Generation

Die Speicherfähigkeit des Raumes oder des Gebäudes findet über das Lösen der eindimensionalen Wärmeleitungsgleichung Eingang in die Simulation.

#### 3. Generation

Sie nimmt näheren Bezug auf die im Gebäude vorgesehenen Anlagen. Dabei wird jedoch nur eine serielle Betrachtung vorgenommen. Koppelungseffekte zwischen den betrachteten Elementen bleiben weitgehend unberücksichtigt. Im Vordergrund der Programmentwicklung steht das "Was", das "Wie" ist eher zweitrangig. Zur Anwendung der Programme war im Gegensatz zu denen der zweiten Generation eine vertiefte Kenntnis der Programmiersprache notwendig.

#### 4. Generation

Durch die rasche Entwicklung in der Rechnertechnologie und der Ausbildung von Hochsprachen kam es in der vierten Generation von Energiesimulationsprogrammen zur Ausbildung von Expertensystemen. Grob können diese über die Schlagworte Objektorientiertheit, Integration von CAD-Anwendungen und die Nutzung verbesserter numerischer Lösungsverfahren charakterisiert werden. Die Programme sind als Bibliothek organisiert und bieten dem/der AnwenderIn eine Vielzahl an Lösungsmöglichkeiten. Für die Anwendung dieser Programme ist eine fundierte Kenntnis der physikalischen und mathematischen Zusammenhänge erforderlich.

## 6.2 Gliederung nach dem Lösungsansatz

Diese Gliederung beruht auf der Art der Umsetzung und der Beschreibung des zu lösenden Problems im Source Code des Programms.

### Statische Verfahren

Die Programme orientieren sich an den geltenden Normen und setzen Zusammenhänge zwischen den Zustandsgrößen linear an. Sie werden auch als Kennlinienverfahren bezeichnet.

### Modellorientierte Verfahren

Das real vorliegende Problem wird über den Vergleich mit dynamisch berechneten Typen gelöst. Es wird also eine Näherungslösung für die dem Programm zugrundeliegenden Standardmodelle gesucht. Am Markt sind auch kombinierte Systeme, bei denen versucht wird, den Heizenergiebedarf dynamisch möglichst real nachzubilden und in weiterer Folge die Komponentenauslegung (beispielsweise die Auslegung von Solaranlagen) über Kennlinien zu ermöglichen.

### Dynamische Verfahren

Grundlage sind die physikalischen Zusammenhänge. Das Programm ist meistens in Form eines Paketes ausgebildet, das verschiedene Anwendungen bietet. Der Lösungsansatz ist nicht an Bauteilen festgemacht, sondern kann frei festgelegt werden. Das bedeutet für den/die AnwenderIn das Loslösen von vorgegeben Bauteilgruppen und Kombinationsvarianten. Die Eigenschaften der zu berechnenden Bauteile können selbst festgelegt werden.

An dieser Stelle sei betont, dass die oben besprochenen Verfahren nicht dieselben Rechengenauigkeiten, Flexibilitätäten und Variationsstrategien ermöglichen. Im Planungsverfahren ist es immer notwendig, eine Abwägung des Aufwandes zum Nutzen bei genügender Genauigkeit vorzunehmen.

## 7 Statische Programme

Statische Programme liefern entweder nur **Aussagen über die Heizlast oder über den grob angenäherten Jahresenergieverbrauch**. Dabei wird über das Jahr gerechnet ein konstanter Wärmeverlust angenommen, der Transmissions- und Lüftungsverluste enthält. Die Transmission wird in diesen Programmen über die Flächen und die k-Werte der Bauteile berechnet und nach Heizgradtagen gewichtet. **Es erfolgt keine Berücksichtigung innerer Wärmequellen und eingestrahler solarer Energien.**

In modernen statischen Verfahren (nach VDI 2067, EN 832, etc.) wird in den Rechenvorschriften eine jährliche oder monatliche oder aber auch tagesbezogene Bilanzerstellung unter Berücksichtigung solarer Beiträge durchgeführt (Gewichtung erfolgt über Faktoren, beispielsweise Beschattungsfaktor). Die Wärmeverluste werden jedoch immer noch als konstant angenommen. Es ist auch keine Berücksichtigung des Nutzerverhaltens vorgesehen. Einige Programme ermöglichen ein exakteres Ergebnis mittels besserer Auflösung der Klimadaten. Beispielsweise wird versucht, die Absenkung der Temperatur während der Nachtstunden über die Bereitstellung mehrerer Lüftungsvarianten darzustellen. Da aber die Speicherkapazität der Gebäudehülle nur unzureichend in die Berechnung Eingang findet, besteht die Gefahr der Überbewertung sowohl der Temperaturabsenkung wie auch der Aufheizung des Gebäudes durch solare Einstrahlung.

Problematisch ist in diesem Zusammenhang auch die Heizungsregelung und die damit verbundene Gewichtung der solaren Gewinne. Zu hohe Temperaturen in bewohnten Räumen in Folge von Sonneneinstrahlung werden durch den Nutzer meist weggelüftet. Damit kann aber keine Aufnahme der Energie in die Speichermassen (thermodynamisches Temperaturgefälle) erfolgen. Diese Problematik führt über die statische Bewertung der solaren Gewinne in den meisten Fällen zu einer Unterdimensionierung der Heizungsanlage, wenngleich diese Aussage nur für Programme mit Berücksichtigung von Speichermassen gilt. Reine Heizlast-Berechnungsprogramme führen eher zum – genauso problematischen – Gegenteil.

Die Eingabedaten werden von einzelnen Programmen (F-Chart) in Kennlinienkoordinaten umgerechnet, sodass das Ergebnis in einem Kennlinienfeld ablesbar wird. Für viele Probleme findet man mit statischen Verfahren das Auslangen. Liegen jedoch Einschwingvorgänge vor, so muss jedenfalls mit Wärmekapazitäten gerechnet werden.

Die Vorstellung der zahlreich verwendeten Programme würde den Rahmen sprengen. Einige wesentliche in Österreich verwendete Tools sind beispielsweise EBSYS, EPLAN, EBUCH, EBILAN und ENERPAS, die im folgenden kurz beschrieben werden.

### 7.1 EBSYS (Energieberatung – Programmsystem)

<b>Entwickelt</b>	Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Informationssysteme und Institut für Energieforschung
<b>Vertrieb</b>	Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Informationssysteme und Institut für Energieforschung
<b>Internet</b>	keine Website

Entwicklungsstufe	ALTBAU	ALT- UND NEUBAU	NEUBAU
ERFASSUNG DER GRUNDDATEN		Grunddaten ①	
GROBANALYSE	Altbau-Energiekennzahl ② Altbau-Grobanalyse ③		Neubau-Grobanalyse ④
FEINANALYSE	Altbau-Bauteilverbesserung ⑦ Altbau-Raumwärmeversorgung: ⑩ Altbau-Raumwärmeversorgung: Verbesserung ⑫	Baukörper ⑤ k-Wert Berechnung ⑥ Heizlast ⑨ Jahresnutzungsgrad von Zentralheizungen ⑪ Neuanlage-Raumwärmeversorgung ⑬ Wärmebilanz ⑭ Neuanlage-Warmwasserversorgung ⑮	Neubau-Bauteilverfahren ⑧
FINANZIERUNGSANALYSE		Wirtschaftlichkeitsvergleich ⑯	

Abb. 3: EBSYS, Handbuch für Energieberater<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Frey K., Haas J., 1994, Handbuch für Energieberater, Ringbuchversion, Joanneum Research, Institut für Energieforschung, ISBN 3-9009-8900-1

EBSYS ist ein Programm, das zu einer raschen Übersicht über die energetische Situation eines Gebäudes führt. EBSYS wird als Dienstleistung im Rahmen der Energieberatung in der Steiermark eingesetzt und wurde im Rahmen der Erstellung des Energieberaterhandbuches erarbeitet.

Das Programm wurde in den Jahren 1988 bis 1994 entwickelt und ist in Turbo Pascal unter Verwendung der Grafik-Software Metawindow geschrieben.

Die Erhebung der Daten erfolgt direkt während der Eingabe in den Rechner oder mittels Formblätter. Dabei wird der Altbau vom Neubau getrennt behandelt, sowie neben einer Wirtschaftlichkeitsrechnung eine Grob- und Feinanalyse durchgeführt.

**a) Grobanalyse:** Für die Grobanalyse werden die Daten über den Energieverbrauch (Heizkosten, angeschlossenen Geräte etc.), die Behaglichkeit (Zugerscheinungen etc.) und auch das Nutzerverhalten (Nachtabsenkung etc.) erhoben. Es wird ein Jahresenergienutzungsgrad für den Bereich Raumwärme und Warmwasser ermittelt. In diese Rechnung gehen auch die Wärmeleistungen der ständig in den Räumen lebenden Personen, die Lüftungsverluste und die Berücksichtigung von Nachtabsenkung sowie unregelmäßige Beheizung von Räumen über Gewichtungsfaktoren ein. Eine Bewertung erfolgt im wesentlichen über die Energiekennzahlen Raumwärme und Warmwasser, diese entsprechen der jeweilig benötigten Heizwärme bezogen auf die Bruttogeschossfläche. Über die Kennzahl Raumwärme werden durch den Geometrie- und Klimakorrekturfaktor witterungsbedingte und architektonische Merkmale berücksichtigt. Anschließend wird eine Bewertung des Einsparungspotentials (hoch, mittel, niedrig) vorgenommen. In der Abschätzung des Einflusses von Speichermassen wird eine Einteilung der Bausubstanz in Kategorien (massiv etc.) durchgeführt. Abschließend wird der Energiezustand beurteilt.

**b) Feinanalyse:** Im Rahmen der Feinanalyse werden die bauphysikalischen Eigenschaften aller beheizbaren Gebäudeteile des Baukörpers erhoben. Im Zentrum steht die Ermittlung der Heizlast und die Erstellung der Wärmebilanz.

### Fenster

Dabei wird die Ausrichtung nach Windrichtungen und die Neigung (senkrecht, geneigt und flach) erhoben. Die Transmissionsverluste werden über die anteilmäßige Erfassung der k-Werte von Glas und Rahmen berücksichtigt. Für am Markt erhältliche Standardfenster enthält das Programm eine Normalienliste, für Sonderanfertigungen muss der k-Wert berechnet werden. Lüftungsverluste über Fugenundichtheit gehen über eine 4-teilige Bewertungsskala in die Rechnung ein. Aus dem mittleren k-Wert und dem effektiven Wärmedurchlasswiderstand wird der effektive k-Wert berechnet. Dieser wird zur Berechnung der Heizlast herangezogen.

Die Sonneneinstrahlung wird über einen Lagefaktor, einen Beschattungsfaktor und über den Energiedurchlassgrad "g" berücksichtigt. Der R-Faktor (Lagefaktor) bildet einen Multiplikator zur jeweiligen Globalstrahlung des Standortes und berücksichtigt die Höhenlage und die Ausrichtung des Fensters. Der Beschattungsfaktor "H" weist 3 Kategorien auf (voll besonnt, teilweise besonnt und stark beschattet). Aus diesen beiden Werten wird über die Fläche ein Strahlungsfaktor errechnet.

### Heizlast

Für die Berechnung der Heizlast werden die über die Grob- und Feinanalyse ermittelten Daten verwendet. Auslegungstemperatur (20 °C) sowie die Festlegung der Heizgradtage bilden die Eckdaten zur Heizlastberechnung.

Der Wärmeverlust durch Transmission wird über die Flächen der Bauteile und die k-Werte berechnet. Die Temperaturdifferenz zwischen den Außenseiten der Bauteile und der Außentemperatur werden nach ÖNORM B 8135 über einen Korrekturfaktor berücksichtigt. Dieser spiegelt das vorhandene Temperaturgefälle wider. Der Wärmeverlust durch Fugenundichtheit wird über einen Verlustfaktor berücksichtigt.

### Wärmebilanz

Die Heizlast errechnet sich aus der Summe der Verluste über Transmission und Lüftung (ÖNORM M 7500, B 8135, DIN 4701). Die Lüftungsverluste werden in diesem Modell über die Fugenlüftung (siehe Heizlast), die Bedarfslüftung (offene Fenster, Türen, Lüftungsschächte) und den erforderlichen hygienischen Luftwechsel zusammen berücksichtigt. Der so ermittelte Gesamtverlust wird über einen Faktor an das Heizungsverhalten angepasst. Der Nutzwärmebedarf ergibt sich aus den Gesamtverlusten abzüglich der Wärmegewinne. Der Wärmegewinn ist der Anteil an Fremdenergie, der über den Energienutzungsgrad bewertet wird. Fremdenergien sind die Sonnenenergie (Globalstrahlung unter Berücksichtigung des Einfallsfaktors und der Heiztage), die Personenwärme und die inneren Wärmequellen wie Elektrogeräte und Beleuchtung.

Über den Fremdenergienutzungsgrad werden der Anteil an externer Energie und Unterschiede in der Wärmekapazität der Wände mitberücksichtigt.

Das Programm bietet darüber hinaus eine rasche Wirtschaftlichkeitsrechnung zur Verbesserung der Raumwärmeversorgung und der Warmwasserversorgung. Dabei kann aus gängigen Varianten ausgewählt werden. Für die finanzielle Bewertung liegen verschiedene Finanzierungsmodelle vor. Diese hängen jedoch von der Aktualität der Software ab.

Alle Berechnungen können auch für bestehende Anlagen über eine Verbesserungsrechnung durchgeführt werden. Dabei stehen über Kennblätter auch Informationen über die Einsparungspotentiale und die Kostenstruktur einzelner Maßnahmen zur Verfügung.

## 7.2 WBi832 – Berechnung von LEK- Werten

<b>Entwickelt</b>	Landesenergieverein Steiermark
<b>Vertrieb</b>	Wird vollkommen neu überarbeitet
<b>Internet</b>	

Das Programm WBi832 dient der Ermittlung des jährlichen Wärmeverbrauches von Niedrigenergiehäusern (NEH) in der Steiermark. Grundlage bildete die ÖNORM EN 832 und die Arbeit von Univ. Prof. Dr. STEHNO zur Berechnung des Heizwärmebedarfes nach EN 832.

WBi832 erstellt eine Energiebilanz, indem der Heizwärmebedarf monatlich berechnet und auf das Jahr aufsummiert wird. Zur Durchführung der Berechnung sind folgende Eingabeparameter notwendig:

- Standortdaten (Klimadaten, Beschattung): Das Programm nutzt dabei für die Steiermark angegebene gemittelte Klimadaten.

- Ausrichtung des Hauses
- Oberflächen - Volumenverhältnis
- Eigenschaften der Wärmedämmung des Hauses
- Energiegewinne aus internem und solarem Wärmeangebot

Als Ergebnis erhält der Nutzer den Heizwärmebedarf und die Energiekennzahl (EKZ). Die Energiebilanz berücksichtigt die Verluste über Transmission und Lüftung, innere Gewinne (Elektrogeräte, Beleuchtung etc.) sowie die Gewinne durch solare Einstrahlung. Die Ermittlung der Wärmeverluste folgt im wesentlichen den Berechnungen nach ÖNORM (wie in 1.1.6.2 EBSYS). Zur Ermittlung externer Wärmegewinne werden solare Gewinne über Fensterflächen von direkten und indirekten Gewinnen durch angebaute Gebäudeteile (Glashäuser) getrennt berücksichtigt. Die direkte Einstrahlung ergibt sich somit aus dem Produkt des prozentualen Anteils der Globalstrahlung im Jahreslauf multipliziert mit dem jeweiligen monatlichen Lagefaktor und multipliziert mit der Summe der äquivalenten Flächen. Es wird die Auswahl unter 8 Himmelsrichtungen, 5 Seehöhen und 3 Neigungseinstellungen sowie 3 Varianten der Beschattung geboten. Der Einfluss des Fensters wird über den Energiedurchlassgrad "g", den Reduktionsfaktor für die Rahmenanteile und den Faktor für Beschattung berücksichtigt. Für das Wärmeangebot aus angebauten Glashäusern kommt der Gesamtdurchlassgrad der umhüllenden Glasflächen des Anbaues hinzu. Zusätzlich wird in diesem Fall neben den direkten Gewinnen die indirekte Einstrahlung über einen Gewichtungsfaktor berücksichtigt. Das indirekte Strahlungsangebot ergibt sich aus der äquivalenten Solarfläche (unter Berücksichtigung der Beschattung, der Rahmenanteile, des g-Werts, des Absorptionsgrades des Bodens und der Wände) und der Globalstrahlung sowie dem Beschattungsfaktor. Die Summe aus dem Wärmeangebot von inneren Wärmequellen und solarer Einstrahlung ergibt das Gesamtwärmeangebot. Der Wärmege Gewinn wird über einen Nutzungsfaktor ermittelt. In den Nutzungsfaktor gehen dynamische Eigenschaften des Gebäudes ein, wie die thermische Trägheit und die spezifische Wärmekapazität der wirksamen Massen.

Die internen Gewinne werden über einen Defaultwert für die durchschnittliche Summe aus dem internen Wärmeangebot, dem Vollast- und dem Gleichzeitigkeitsfaktor, der Nettofläche und den Tagen pro Monat berechnet.

Die so ermittelten Gesamtwärmege winne werden von den Gesamtwärmeverlusten subtrahiert und über das Jahr aufsummiert (Heizwärmebedarf). Die Energiekennzahl ergibt sich somit aus dem Quotienten von Heizwärmebedarf und Bruttogeschossfläche.

### **LEK- Wert Berechnung**

Der LEK-Wert ist eine Kenngröße der Transmissions-Wärmeverluste. Der Wert (Linie Europäischer k-Werte)<sup>3</sup> ergibt sich unter besonderer Berücksichtigung des Verhältnis von Volumen zu Oberfläche. Als einzusetzendes Volumen gilt das beheizte Volumen und als Oberfläche die Wärme abgebende Bruttogebäudehüllfläche berechnet nach ÖNORM B 1800 über die Außenabmessungen.

---

<sup>3</sup> STEHNO V., Aspekte und Wege zur Optimierung des Wärmeschutzes, Teil 1 Bauen und Umweltschutz, Teil 2 Berechnung des Heizwärmebedarfes nach EN 832



Der LEK-Wert ergibt sich nach der empirischen Formel:

$$\text{LEK} = (300 * U_m) * (l_c + 2)$$

LEK	LEK- Wert (W/mK)
$U_m$	gemittelter Wärmedurchgangskoeffizient
$l_c$	charakteristische Gebäudelänge berücksichtigt das Volumen- Oberflächenverhältnis

Der/die NutzerIn kann alle Eingabeparameter in übersichtlicher Form darstellen und ausdrucken. Das Programm ermöglicht eine monatliche und jährliche Erstellung der Bilanz. Zentrale Ausgabewerte sind der LEK-Wert, der Gesamtwärmeverlust, die Gewinne sowie die Gebäudeheizlast. Darüber hinaus werden noch spezifische Wärmeverluste für Transmission und die gesamten Wärmeverluste angegeben.

## 8 Modellorientierte Programme

Die Programme sind systemorientiert aufgebaut. Das bedeutet, sie beinhalten fixe Strukturen, an denen jedoch die Parameter der Komponenten weitgehend verändert werden können. **In den meisten Fällen sind diese Programme für aktive Solarnutzung gedacht.** Die hier vorgestellten Tools zeichnen sich im Gegensatz zu den anderen Grundtypen durch eine benutzerfreundliche Oberfläche aus, die meistens im Betriebssystem Windows realisiert ist. Oftmals wird eine Kombination von dynamischer Berechnung der Heizlast (über Modelle) mit einer statischen Auslegung der Komponenten (mittels Kennlinien) gekoppelt. Durch diese Vorgangsweise kann der bei der Ermittlung der Grunddaten zur Komponentenauslegung gemachte Fehler verringert werden. Die Näherung dieser Programme ist für Standardanwendungen ausreichend. **Für passive Solarnutzung findet man jedoch auch damit zumeist nicht das Auslangen und muss auf die dynamischen Programme zurückgreifen.** Bei neueren Programmentwicklungen wird aber auch schon dieses Manko mitberücksichtigt, so dass eine erste Näherung errechnet werden kann.

### 8.1 TSOL

<b>Entwickelt</b>	Dr.-Ing. Gerhard Valentin Köpernerstr. 9 D-10997 Berlin, Tel: +49-30-617917-80, Fax: +49-30-617917-11
<b>Vertrieb</b>	Dr.-Ing. Gerhard Valentin Köpernerstr. 9 D-10997 Berlin, Tel: +49-30-617917-80, Fax: +49-30-617917-11
<b>Internet</b>	<a href="http://www.tsol.de/">http://www.tsol.de/</a>

TSOL dient der instationären Auslegung von Solaranlagen.

Das Programm ist ein unter WINDOWS laufendes Simulationsprogramm mit einer sehr übersichtlichen Benutzeroberfläche.

Das Eingabefeld zeigt das Schaltbild einer Sonnenkollektoranlage zur thermischen Warmwasserbereitung. Über Anklicken der Komponenten werden Fenster geöffnet, die ein Eingeben der Dimensionen ermöglicht. Es werden 7 verschiedene Typen von Systemen zur Auswahl angeboten, ausgehend von einem Einzelspeichersystem bis hin zu Heizungspuffersystemen in Parallel- und Serienschaltung. Das Programm ermöglicht die Berücksichtigung des unterschiedlichen Wasserverbrauches an Wochentagen und am Wochenende. Die Pumpenantriebsleistung wird getrennt ausgegeben. Die Heizlastberechnung erfolgt über ein Kennlinienverfahren. TSOL benötigt halbstündliche Klimadaten für Globalstrahlung und Außentemperatur. Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in einem Tagesprofil mit einer Auflösung von 30 min. Der/die AnwenderIn kann den Fortschritt während der Berechnung simultan am Bildschirm verfolgen.

Zu beachten ist, dass TSOL keine passiven Systeme rechnen kann. Für die Simulation der sich zeitlich ändernden Energiesituation in einem Gebäude unter Berücksichtigung von Speichermassen erscheint das Programm als unzulänglich.

## 8.2 POLYSUN

<b>Entwickelt</b>	Solartechnik Prüfung Forschung (SPF) Ingenieurschule ITR Oberseestr. 10 CH - 8640 Rapperswil
<b>Vertrieb</b>	Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, H.v. Türlin Strasse 5, A-9500 Villach, Tel. +43 (04242) 23224, Fax +43 (04242) 23224-1 <a href="http://www.datenwerk.at/arge_ee">http://www.datenwerk.at/arge_ee</a> email: arge-ee-vi@net4you.co.at
<b>Internet</b>	<a href="http://www.solarenergy.ch/SPF/">http://www.solarenergy.ch/SPF/</a>

Mit POLYSUN kann die Dimensionierung und Vorhersage des Ertrages von thermischen Sonnenenergieanlagen (einem oder zwei Speicher) durchgeführt werden.

Das Programm bietet ebenfalls eine Oberfläche unter WINDOWS.

POLYSUN zeichnet sich durch einen hohen Detaillierungsgrad der einzelnen Komponenten aus. Im Bereich der Sonnenkollektoren enthält es alle bisher im Schweizer Testzentrum in Rapperswil getesteten Kollektortypen (mehr als 140 verschiedene Kollektoren). Die meteorologischen Daten werden aus einer Klimadatenbank entnommen, die neben einer großen Anzahl von Klimadaten für Schweizer Standorte auch Angaben zum Mikroklima bietet. Mit Hilfe des Simulationsprogramms HELIOS wird eine rasche dynamische Berechnung des Heizenergiebedarfes für festgelegte Haustypen durchgeführt. Ausgehend von diesen Daten wird anschließend der Kollektor ausgelegt. Durch die Oberfläche in WINDOWS besteht eine anschauliche Bedienmöglichkeit und über die dynamische Berechnung der Heizlast auch ein guter Ansatz zur Simulation der Gebäudestruktur.

Mit dem neuen Update POLYSUN 3.0 kann nun eine Low-Flow-Anlage in Verbindung mit einem Schichtenladespeiche und einem externen Wärmetauscher simuliert werden. Diese Version bietet zusätzliche detaillierte Eingabemöglichkeiten für vordefinierte Anlagentypen. Die Berechnung der heizungsunterstützten Anlagen für den Wärmebedarf des Gebäudes mit HELIOS-PC erfolgt in einem dynamischen ein-Zonen-Modell, das auch die Berechnung von Gebäuden mit hohen passiven Gewinnen beinhaltet. Um die Eingabe des Gebäudes zu beschleunigen, enthält POLYSUN 3.0 eine Datenbank von über 20 beispielhaften Gebäudetypen. Diese wurde um fünf Niedrigenergiehäuser erweitert. Unabhängig davon können jedoch auch eigene Gebäudetypen mit Hilfe HELIOS-PC importiert werden. Neu ist auch die Berechnung der Wärmegestehungskosten verschiedener Anlagen und der Vergleich mit konventionellen Energieträgern über eine Wirtschaftlichkeitsanalyse nach VDI 2067. Die sehr übersichtliche und bedienungsfreundliche Benutzeroberfläche wird zusätzlich durch ein Online Hilfesystem unterstützt.

### 8.3 CALKÜHL

<b>Entwickelt</b>	University of Wisconsin, TRANSSOLAR Energietechnik, CSTB Cannes
<b>Vertrieb</b>	TRANSSOLAR Energietechnik GmbH Nobelstr. 15; D-70569 Stuttgart
<b>Internet</b>	<a href="http://www.transsolar.com/indexcal.htm">http://www.transsolar.com/indexcal.htm</a>

CALKÜHL dient der dynamischen Kühllastberechnung nach VDI 2078, wobei die Rechnung vorerst auf eine thermische Zone beschränkt ist.

CALKÜHL basiert auf dem international gut validierten Programmsystem TRNSYS. Das Eingabefeld in WINDOWS ermöglicht eine benutzerfreundliche und rasche Eingabe. Zur Berechnung nutzt das Programm die Rechengenauigkeit von TRNSYS in einer vereinfachten Form. Dies bedeutet, dass das Rechenverfahren als Standardvorgabe gilt und vom/von der BenutzerIn nicht beeinflusst werden kann. Die dynamische Berechnung berücksichtigt auch die Wärmespeicherung in thermischen Massen und die zeitabhängige Transmission. Durch Anklicken (mit der Maus) kann aus einer vorliegenden Karte von Deutschland die geeignete Kühllastzone ermittelt werden. Das Programm enthält zur Erleichterung der Eingabe einen Bauteilkatalog mit den gängigsten Bauteilen. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt durch das Programm TRNGRAPH. Es können bis zu sechs verschiedene Rechnungen eingelesen werden und verglichen werden. Mit Hilfe des Variantenmanagers kann keine der gerechneten Variationen mehr verloren gehen.

Im wesentlichen dient bei dieser Art von Programmen ein dynamisches Rechenprogramm als Grundlage für die Datenermittlung. Um eine benutzerfreundliche und übersichtliche Oberfläche zu erzielen, muss auf manche Optionen im dynamischen Rechenprogramm verzichtet werden. Im vorliegenden Fall bedeutet dies einen Verzicht auf die freie Gestaltungsmöglichkeit, welche TRNSYS als offene Programmbibliothek bietet. Für die aufgesetzten Module besteht nur mehr ein beschränkter Spielraum zur Veränderung der Berechnungsvorgaben. Damit wurde ein Weg beschritten, der heute vielfach bei der Entwicklung von Simulationsrechenprogrammen eingeschlagen wird. Als weiteres Beispiel soll noch das derzeit für TRNSYS in Entwicklung befindliche Tageslichtmodul TRNSLUX genannt werden.

Eine Weiterentwicklung der Programme CALKÜHL und PREBID stellt das Programm KOMPASS dar. Dieses ermittelt den Jahresheizwärmebedarf nach DIN 4108-6 über ein statisches Monatsbilanzverfahren und berechnet die Raumtemperaturen im Sommer über eine dynamische Simulation. Als Nebenprodukt der Simulation liefert KOMPASS den Nachweis zur Wärmeschutzverordnung (WschVO 95) als ausgedrucktes Formblatt.

Programme dieser Art sollen in Zukunft auch dem Architekten einen Zugang zu den oft sehr komplex anmutenden dynamischen Programmsystemen bieten. Dabei wird die Möglichkeit zur Kopplung mit CAD-Anwendungen besonders wichtig sein. Weiters unterstützt die Reduktion der notwendigen Eingaben durch die Vorgabe von Standardparametern die Verbreitung von Simulationsanwendungen.

## 8.4 ARCHPASS

<b>Entwickelt</b>	TRANSSOLAR Energietechnik; Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Architektur
<b>Vertrieb</b>	TRANSSOLAR Energietechnik GmbH Nobelstr. 15; D-70569 Stuttgart
<b>Internet</b>	<a href="http://www.transsolar.com/indexarch.htm">http://www.transsolar.com/indexarch.htm</a>

ARCHPASS ist ein einfaches und schnelles Gebäudesimulationsprogramm, das speziell für die Anwendung im frühen Planungsstadium geeignet ist.

Das Programm läuft als 32 BIT Applikation unter dem Betriebssystem Windows.

Um ARCHPASS für einen möglichst großen Personenkreis nutzbar zu machen, wurden die Eingabedaten auf das Notwendigste beschränkt. Die grafische Oberfläche ist mit einem intuitiven Benutzerführungssystem ausgestattet, eine ausführliche Dokumentation ist vorgesehen und schnelle statische Berechnungsverfahren sind einbezogen.

Im wesentlichen fußt das Programm auf zwei Eckpfeilern:

### **Jahresheizwärmebedarf**

Mit diesem Modul wird eine vereinfachte Berechnung nach DIN 4108 Teil 6 (Vornorm EN832) vorgenommen. Dabei erfolgt die Berücksichtigung der Speichermassen, die Erfassung der solaren und inneren Gewinne sowie die Erstellung einer monatlichen Energiebilanz. Zusätzlich kann für das Gebäude ein Wärmeschutznachweis nach Wärmeschutzverordnung 1995 ausgegeben werden.

### **ARCHPASS – SOMMER**

Die Beurteilung der sommerlichen Überwärmung erfolgt über das thermische Verhalten von Räumen während einer vierzehntägigen Hitzeperiode über die Kühllastberechnung. Das Programm beruht auf dem bekannten Berechnungsprogramm TRNSYS. Die Flexibilität bleibt mit einer Zone eingeschränkt. Für eine genauere Betrachtung des sommerlichen Wärmeschutzes besteht die Möglichkeit, das Programm mit einem Zusatzmodul zur dynamischen Kühllastberechnung nach VDI 2078 aufzurüsten.

Im frühen Planungsstadium liegen zumeist noch keine genauen Wandaufbauten vor. ARCHPASS enthält einen integrierten Bauteilkatalog mit etwa sechzig nach ökologischen Gesichtspunkten ausgewählten Konstruktionen. Durch Auswahl des gewünschten Wandtyps und Festlegen der Dämmstärken wird die Eingabe vereinfacht und beschleunigt. Die gelieferten Ergebnisse sind für das vorliegende Planungsstadium zumeist ausreichend genau. Auch bei diesem Tool hilft ein Variantenmanager, Ordnung in die Projektbearbeitung zu bringen.

## 9 Dynamische instationäre Programmpakete

Dieser Typ an Simulationsprogrammen zeichnet sich in der Regel durch seinen Aufbau als Bibliothekssystem für alle Dienstleistungen, die zur exakten Berechnung des thermischen Verhaltens von Gebäuden notwendig sind, aus. Speichermassen werden über die realen physikalischen Zusammenhänge berücksichtigt.

**Allgemein ist dieser Programmtyp durch den Versuch einer möglichst realitätsnahen Abbildung der physikalischen Zusammenhänge und der mathematischen Lösungsverfahren gekennzeichnet.** Es liegen keine fix verschalteten Systemmodelle mehr vor. Das Gebäude wird mathematisch als eine Aneinanderreihung von Differentialgleichungen beschrieben. Eine ausführliche Übersicht über die Leistungsfähigkeit einzelner Programme wurde dem im Rahmen der IEA durchgeführten "Besttest" von JUDKOFF, NEYMARK entnommen und unter Anhang I beigelegt.

Grundlage der Simulation bildet die Aufteilung des Gebäudes in sogenannte Zonen. Dies sind Teile eines Gebäudes (einzelner Räume oder Raumgruppen), die ähnliche thermische Voraussetzungen besitzen. Die energetische Bilanzerstellung je Zone wird an Hand eines Luftknotens vollzogen, der alle Kennwerte als Eingabedaten enthält. Wände finden über die Temperaturen der Oberflächen, die in den Raum hinein strahlen, Berücksichtigung (TRNSYS). Solare Gewinne finden über den Strahlungsaustausch zwischen den Umgebungsf lächen Eingang in die Bilanz. In der Regel ist auch die Bilanzierung der Feuchte möglich. Dabei bleiben physikalische Vorgänge wie Adsorption, Absorption und Desorption unberücksichtigt. Die Bedeutung der Feuchtebilanz wird am Emissionsverhalten von Personen im Raum ersichtlich (reine Atmung 30g/h H<sub>2</sub>O, gesamte Atmung + Konvektion ca. 60 g/h H<sub>2</sub>O).

In der folgenden Auflistung werden für einige dynamische Programme die verwendeten Modelle zur Beschreibung der Energieeinflüsse in einem Gebäude wiedergegeben.

Programmpaket	Lösungsverfahren
ANSYS/FLOTRAN	Finite Elemente
BLAST	Response / Transfer Faktoren
DEROB-LTH	Finite Differenzen
DK - SOLAR	Finite Differenzen
DOE-2	Response / Transfer Faktoren
ENERGY 10	Finite Differenzen
GEBA	Finite Differenzen
HELIOS-PC	Response / Transfer Faktoren
SHW	Finite Differenzen
SUNCODE; SERIRES	Finite Differenzen
TAS	Response / Transfer Faktoren
TRNSYS	Response / Transfer Faktoren
TWDWI	Finite Differenzen
WAEBED	Finite Differenzen

In den nächsten Unterkapiteln werden die wesentlichsten Eigenschaften einiger dynamischer Programme kurz angesprochen.

### 9.1 BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics)

<b>Entwickelt</b>	U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory – USACERL
<b>Vertrieb</b>	Building Systems Laboratory
<b>Internet</b>	<a href="http://www.bso.uiuc.edu/blastmain.htm">http://www.bso.uiuc.edu/blastmain.htm</a>

BLAST dient der Berechnung des Gebäudes, des Lüftungssystems und der Wärmeversorgung in Stundenschritten.

Das Programm ist neben einer Großrechnerversion auch als PC-Version im FORTRAN 77 Quellcode erhältlich.

BLAST benötigt zur Berechnung von Fenstern neben den Geometriedaten die direkte Normaltransmission für das Fenster und berechnet die Absorption, Reflexion, die Dämpfung etc.. Das Programm richtet sich an Architekten, FachplanerInnen im Heizungs-, Lüftungs- und Klimabereich, wie auch an Forschungseinrichtungen. Durch die genaue Erfassung der Wärmebilanzen kann das Programmpaket auch zur Komfortbewertung von Räumen herangezogen werden.

### 9.2 DOE-2 (Department of Energy)

<b>Entwickelt</b>	Lawrence Berkeley National Laboratory, Hirsch & Associates, Consultants Computation Bureau, Los Alamos National Laboratory, Argonne National Laboratory and University of Paris.
<b>Vertrieb</b>	National Energy Software Center
<b>Internet</b>	<a href="http://simulationresearch.lbl.gov/">http://simulationresearch.lbl.gov/</a>

DOE-2 ermittelt eine detaillierte Simulation des gesamten Mehrzonengebäudes im Stundenintervall.

Das Programm ist in FORTRAN 77 geschrieben und ist auch auf PC anwendbar.

DOE-2 ist eines der am weitesten verbreiteten Simulationsprogramme sowohl in der praktischen Anwendung wie auch zu Lehr- und Forschungszwecken in den Vereinigten Staaten. Neben einer detaillierte Simulation des gesamten Mehrzonengebäudes im Stundenintervall kann eine Lebenszyklusanalyse einzelner Maßnahmen durchgeführt werden. Zur Berechnung wird ein Wetterdatensatz mit Stundenwerten und einer exakten Gebäudebeschreibung mit Lage, Ausrichtung, Aufbauten, etc. benötigt. Als Ausgabe steht eine Vielzahl von Reports zur Verfügung. AnwenderInnen des Programms kommen aus allen am Baugeschehen beteiligten Fachdisziplinen. Für den Einstieg wird der Besuch eines dreitägigen Einstiegsworkshop empfohlen.

### 9.3 SUNCODE, SERIRES (SERI Residential Energy Software)

<b>Entwickelt</b>		Solar Energy Research Institut
<b>Vertrieb</b>	<b>Mainframe Version</b>	Energy Science and Technology Software Center P.O.Box 1020, Oak Ridge, Tennessee
	<b>Suncode – PC 5.7</b>	Kaija Berleman, Ecotope, Inc; 2812 East Madison Street, Seattle, Washington
<b>Internet</b>		

Mit SUNCODE können mehrere Zonen in Stundenintervallen berechnet werden. Die Stärken des Programms liegen in der Analyse passiver Solarnutzung, die Schwächen in der Erfassung der HVAC-Komponenten des Gebäudes.

SUNCODE ist die PC-Version der Großrechner-Programms SERIRES. Das Paket ist in FORTRAN 77 geschrieben, nur die Grafik liegt in PASCAL vor. Die Lösungsstruktur basiert ausgehend von einem finite Differenzen-Verfahren auf einem Kapazitäten- und Widerstandsmodell. Die Ein- und Ausgabe erfolgt über Textdateien. Der Quellcode liegt mit dem Programm frei verfügbar vor und kann somit individuell verändert werden.

Zur Berechnung von Fenstern müssen im Gegensatz zu BLAST neben den üblichen Fensterdaten der Brechungsindex und die Absorptionskoeffizienten eingegeben werden. Das Programm ermittelt daraus die Transmission, Absorption, und Reflexion im Stundenintervall.

Das Programm wird hauptsächlich von Ingenieuren, Energie- und FachplanerInnen und in der Wissenschaft angewandt.

### 9.4 DEROB-LTH (Dynamic Energy Responce of Buildings)

<b>Entwickelt</b>	Technische Hochschule Lund
<b>Vertrieb</b>	Technische Hochschule Lund
<b>Internet</b>	<a href="http://lthbkl.bkl.lth.se/derob.htm">http://lthbkl.bkl.lth.se/derob.htm</a>

DEROB dient der Erstellung stündlicher Bilanzen eines Mehrzonenmodells beliebiger Gebäudegeometrie. Die Vorteile des Programms liegen in der flexiblen Eingabe des Gebäudes, der Analyse von Vermeidungsstrategien zur sommerlichen Überwärmung und der benutzerInnenfreundlichen Oberfläche.

Das Programm ist ein in FORTRAN und Visual Basic geschriebenes dynamisches Gebäudesimulationsprogramm, läuft unter einer Windows-Oberfläche und beinhaltet 8 Module.

Sechs Module werden zur Berechnung von Temperatur, Heiz- und Kühllasten verwendet, ein Modul erstellt eine Grafik von der Geometrie des Gebäudes. Das Programm wird von ForscherInnen, energietechnischen FachplanerInnen und StudentInnen eingesetzt.



Die Outputs der Berechnungen liegen einerseits als Listings vor und können zum Beispiel über EXCEL ausgewertet werden, andererseits in Diagrammform zur Darstellung der Komfortparameter.

Als Eingabedaten benötigt DEROB-LTH die Gebäudegeometrie, die Aufbauten der Gebäudehülle, die inneren Wärmequellen, Beschattungsvorgaben sowie Parameter der verwendeten Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnologien. Die Klimadaten können in Stundenwerten vorliegen.

## 9.5 SMILE

<b>Entwickelt</b>	TU Berlin, Institut für Energietechnik, GMD Forschungszentrum Informationstechnik GmbH
<b>Vertrieb</b>	TU Berlin, Institut für Energietechnik
<b>Internet</b>	<a href="http://buran.fb10.tu-berlin.de/Energie-technik/EVT_KT/smile/">http://buran.fb10.tu-berlin.de/Energie-technik/EVT_KT/smile/</a>

SMILE ist eine neuartige Simulationsumgebung, an der seit 1990 an der TU Berlin im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsschwerpunktes gearbeitet wird. Neben einer objekt- und gleichungsorientierten Simulationssprache und verschiedenen numerischen Lösungsverfahren bietet SMILE eine umfassende Komponentenbibliothek. Mittels Vererbung können die Informationen einer Simulation auf die nächste weitergegeben werden. Dies bedeutet, dass über Abänderung der Eingabeparameter und Verknüpfungen neue Modellstrukturen geschaffen werden können. Bisher wurde das Programm für thermische Solaranlagen, Heizung, Lüftung und Klimatechnik, für Gebäudesimulation, bei hydraulischen Netzen und in der Kraftwerkstechnik eingesetzt. SMILE ist derzeit nur für UNIX erhältlich. An Versionen für SOLARIS und LINUX wird gearbeitet.

Dem System liegt ein frei konfigurierbares offenes System zugrunde. Für die Numerik kann aus einer Bibliothek an Lösungsverfahren das jeweilig zielführende ausgewählt werden. Als Ergebnis für die Einbindung der Optimierungsverfahren wurde ein Framework geschaffen. Das Framework ist ein Rahmen, der die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Verfahren realisiert, die Verbindungen zwischen den Komponenten festlegt und unabhängig von den einzubindenden Verfahren wiederverwendet. Für den/die AnwenderIn soll neben der Bibliothek für numerische Lösungsverfahren auch eine für Optimierungsverfahren geschaffen werden. Derzeit stehen das Simplex- Verfahren nach NELDER und MEAD, das Complex-Verfahren nach BOX und ein FSQP-Verfahren zur Verfügung. Energetische Berechnungen an Gebäuden bedürfen meist einer mit höherem Rechenaufwand verbundenen Jahressimulation. Um den Zeitaufwand zu senken, wird der Rechenaufwand einer komplexen Simulation über eine multidimensionale Regressionsanalyse reduziert.

Für die thermische Gebäudesimulation wurde ein Mehrzonenmodell konzipiert, welches derzeit schon an einigen Gebäuden validiert wurde. Physikalisch basiert dieses Modell für das Raumluftvolumen auf einer gekoppelten Energie- und Feuchtebilanz. Für Wände und Decken wird die eindimensionale Wärmeleitungsgleichung zugrunde gelegt.

Bei den Oberflächen (innen und außen) der Wände, Decken und Fenster wird der konvektive Wärmeübergang und langwelliger Strahlungsaustausch getrennt berechnet sowie die kurzwellige Strahlungsabsorption berücksichtigt. Neben den Standardkomponenten liegen heute schon Anwendungen wie TWD sowie Wandelemente mit Rohren vor.

## 9.6 SHW (Solare Heizung und Warmwasser)

<b>Entwickelt</b>	Institut für Wärmetechnik, TU Graz
<b>Vertrieb</b>	Institut für Wärmetechnik, TU Graz; o. Univ. Prof. Dr. techn. D.I. Wolfgang Streicher
<b>Internet</b>	<a href="http://www.bmwf.gv.at/6extern/forschungsforum/e/sonproj.htm#shw">http://www.bmwf.gv.at/6extern/forschungsforum/e/sonproj.htm#shw</a> <a href="http://wt.tu-graz.ac.at/">http://wt.tu-graz.ac.at/</a>

SHW ist ein dynamisches Simulationsprogramm für die Solarunterstützung von Brauchwasser, Raumheizung und Nahwärmenetzen für Heizungsverbraucher mit strenger Außentemperaturregelung und detailliert eingebbarem Brauchwasserbedarf. Die gesamte Hydraulik wird dynamisch (Finite Differenzen) und die Verbraucher werden quasistatisch berechnet.

SHW wurde in FORTRAN geschrieben und besitzt eine Windows-Oberfläche in Delphi. Die Ein- und Ausgabe erfolgt entweder über die Windows-Oberfläche mit Datenbanken der Einzelkomponenten im Hintergrund oder über einen ASCII-Datensatz. Als Ausgabeparameter können monatliche, jährliche Energiebilanzen, Deckungsgrade, maximale Temperaturen im Speicher, die Eingabeparameter etc. ausgegeben und in der Oberfläche grafisch dargestellt werden.

Das Programm wurde an Einfamilienhäusern mit teilsolaren Heizungsanlagen mehrfach erfolgreich erprobt. Es weist bei wesentlich geringerer Rechendauer gute Übereinstimmung mit TRNSYS auf. Als Klimadaten können entweder die deutschen Testreferenzjahre oder selbsterstellte ASCII-Files eingelesen werden. Jedenfalls benötigt das Programm Stundenmittelwerte von direkter und diffuser Strahlung und Außentemperatur. Zur Kontrolle des Programms können stündlich gemessene Daten über die Energieverbräuche eines Gebäudes als ASCII Datensatz eingelesen werden. Es besteht die Möglichkeit, einzelne Parameter auszuwählen und die anderen durch das Programm errechnen zu lassen. Die Ausgabedaten können in weiterer Folge leicht über ein Tabellenkalkulationsprogramm (beispielsweise EXCEL) ausgewertet werden.

Das Gebäude wird quasistatisch ohne Speichermassen berechnet. Durch diese Vorgehensweise wird sehr viel Rechenaufwand gespart. Durch die fehlenden Speichermassen liegt der Jahresenergiebedarf in der Simulation auf der sicheren (höheren) Seite. Zur Simulation benötigt SHW neben Vorgaben wie der Heizgrenztemperatur die Heizlast des Gebäudes. Es liegt ein Einzonenmodell vor. Das Benutzerverhalten kann über die Eingabe von inneren Wärmen und unbeheizten Flächen sowie zwei Urlaubszeiten und Nachtabsenkungen vorgegeben werden. Verluste des Wärmespeichers der Solaranlage können dem Gebäude als innere Gewinne zugerechnet werden.

Die über die Fenster eingestrahlte Sonnenenergie wird als Innenwärme so lange berücksichtigt, als Gewinne vorliegen. Es stehen sechs Fensterflächen unter Berücksichtigung des "g-Wertes" zur Verfügung. Die Fenster können beliebig ausgerichtet und geneigt werden.

Für den Heizkessel liegen zwei Betriebsarten vor (Automatikessel und Festbrennstoffkessel).

Das Programm kann ab März 2000 gratis von der Homepage des Instituts für Wärmetechnik geladen werden.

## 9.7 WAEBED

<b>Entwickelt</b>	Institut für Hochbau, TU Wien
<b>Beziehbar unter</b>	Institut für Hochbau, TU Wien, Dipl. Ing. Dr. Klaus Krec, Büro für Bauphysik, Schönberg am Kamp/Wien, Dipl. Ing. Dr. Klaus Krec
<b>Internet</b>	<a href="http://www.baustudio.com/credits/bsaref2.htm">http://www.baustudio.com/credits/bsaref2.htm</a>

Das Programm WAEBED dient der Berechnung des "Heiz**W**AERme**B**edarfes" von Gebäuden oder Räumen. Als Wärmebedarf wird dabei jene Wärmeleistung angesehen, welche zur Erhaltung der vorgegebenen Behaglichkeitskriterien innerhalb eines zu untersuchenden Systems (Haus, Raum, etc.) in einem bestimmten Zeitintervall notwendig ist.

The screenshot shows the output of the WAEBED program. The window title is 'Eingabeaufforderung - waebed'. The project is 'Einfuehrung in Programm WAEBED' and the file group is 'insttest'. The location is 'Standort: Wien' and the heated gross floor area is 'beheizte Brutto-Geschoessflaeche: 192.0 qm'. The heating season is 'Heizsaison von 27. 9. bis einschliesslich 5. 5.'. The output table shows monthly energy values in kWh for months 1 through 12, with a total of 19151 kWh for QT, 6148 kWh for QL, 3619 kWh for QS, 6118 kWh for QI, and 15556 kWh for Q. The solar share is 'Besonnungsanteil: .098' and the radiation share is 'Bestrahlungsanteil: .189'. The prompt '<<< Weiter durch Druecken der EINGABETASTE >>>' is visible at the bottom.

Monat	QT (kWh)	QL (kWh)	QS (kWh)	QI (kWh)	Q (kWh)
1	3567.	1171.	299.	857.	3582.
2	3041.	986.	415.	774.	2839.
3	2727.	868.	677.	857.	2053.
4	1849.	554.	808.	829.	772.
5	243.	78.	146.	138.	33.
6	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---
9	173.	52.	91.	111.	14.
10	1772.	556.	593.	857.	870.
11	2516.	818.	326.	829.	2170.
12	3263.	1072.	264.	857.	3215.
	19151.	6148.	3619.	6118.	15556.

Besonnungsanteil: .098                      Bestrahlungsanteil: .189

<<< Weiter durch Druecken der EINGABETASTE >>>

**Abb. 4: WAEBED, Auszug aus der Ergebnisanzeige<sup>4</sup>**

Zur Nachbildung des Klimas am Gebäudestandort enthält es einen Klimadatengenerator. Grundlage bilden die Daten des österreichischen

<sup>4</sup> Frey K., Haas J., 1994, Handbuch für Energieberater, Ringbuchversion, Joanneum Research, Institut für Energieforschung, ISBN 3-9009-8900-1

Klimadatenkataloges. Über die Ermittlung der Heizlast bietet WAEBED auch die im Behördenverfahren vorgeschriebenen Kenndaten für den verbesserten Wärmeschutz von Gebäuden nach EN 832. Die Wärmebedarfsrechnung erfolgt unter Berücksichtigung des Wärmespeichungsvermögens der Bauteile.

Die Rechnung erfolgt über ein explizites Differenzenverfahren. Neben der Länge der Heizsaison (Heizgradtage) liefert die Wärmebedarfsrechnung folgende Ergebnisse:

- Raumlufftemperatur
- Verluste durch Transmission
- Verluste durch Lüftung
- Gewinne durch Sonneneinstrahlung
- Gewinne durch Beleuchtung und von Geräten
- Gewinne durch Personen

WAEBED ist in vielen Abschnitten der Planung einsetzbar. Die Ermittlung der Heizlast lässt schon im frühen Planungsstadium Grobabschätzungen über die energetische Qualität eines Gebäudes zu.

## 9.8 GEBA

<b>Entwickelt</b>	Büro für Bauphysik, Schönberg am Kamp/Wien
<b>Beziehbar unter</b>	Büro für Bauphysik, Schönberg am Kamp/Wien, Dipl.-Ing. Dr. Klaus Krec Institut für Hochbau, TU Wien, Dipl. Ing. Klaus Krec
<b>Internet</b>	<a href="http://www.baustudio.com/credits/bsaref2.htm">http://www.baustudio.com/credits/bsaref2.htm</a>

GEBA ist ein dynamisches Simulationsprogramm zur Durchführung von Sommertauglichkeits-, Heizlast- und Wärmebedarfsberechnungen.

Das Programm nutzt die Eingabeoberfläche von Windows. Dabei unterstützt das Programm GEBAControl die Dateneingabe und den Programmablauf. WINMAUS für GEBA unterstützt die graphische Darstellung.

Das Programm ist weltweit einsetzbar. Die klimatischen Randbedingungen werden durch Eingabe weniger Parameter (Tagesmittelwert, Tagesschwankung, etc.) selbst generiert. Es kann aber auch über die Eingabe expliziter Wetterdaten gerechnet werden. Das Programm weist eine genaue Erfassung der Wärmegewinne durch die Sonneneinstrahlung auf (Strahlungsdurchgang, Beschattung, langwelliger Strahlungsaustausch, etc.).

Die Berücksichtigung der Wärmespeicherung durch die Wände erfolgt durch das Lösen der eindimensionalen Wärmeleitgleichung. Über die exakte Betrachtung der Speichervorgänge können auch Betrachtungen von Fußboden- und Wandheizungen durchgeführt werden. Die Simulation erfolgt über eine zeitlich periodisch eingeschwingene Rechnung (Periodenlänge 1 Tag).

Als typische Beispiele gelten Zustandsänderungen welche auf einem eingeschwungenen Modell beruhen, wie beispielsweise Abkühl-, Lüftungs- und Aufheizvorgänge. GEBA ermöglicht durch die Vorgabe von Luftwechselraten oder von Volumenströmen die Untersuchung von Lösungsstrategien schwer zu belüftender Gebäude.

## 9.9 Programmpaket TWDWI

<b>Entwickelt</b>	Institut für Wärmetechnik, TU Graz
<b>Beziehbar unter</b>	Institut für Wärmetechnik, TU Graz; o. Univ. Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. Hermann Halozan, o. Univ. Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. Wolfgang Streicher
<b>Internet</b>	

Das Programm berechnet den Energieverbrauch zur Beheizung von Gebäuden unter Berücksichtigung der Witterungseinflüsse, der Gebäudeeigenschaften, des Nutzerverhaltens und der Komponenten der Heizungsanlage. Die Rechnung erfolgt über eine instationäre Simulation des Gebäudes. Dies ermöglicht eine variable Untersuchung der Einflussparameter und damit Aussagen über beispielsweise das Potential der Einsparungen mittels Nachtabenkung oder über die Neigung eines Gebäudes zur Überhitzung.

Die folgende Abbildung zeigt die simulierten Wärmeströme in einem Haus; die Simulation erfolgt in Minutenschritten. Zur Durchführung der Berechnungen benötigt das Programm eine exakte Beschreibung der vorhandenen Wärmen im Gebäude, einen Klimadatensatz mit Außentemperatur, diffuse und direkte Sonneneinstrahlung, die technischen Daten der Heizungsanlage und eine genaue Gebäudebeschreibung. Der Klimadatensatz kann im Format der Testreferenzjahre, nach METEONORM oder aber auch unformatiert vorliegen. Nachteilig ist die Eingabeoberfläche, die einen formatierten Eingabesatz vorsieht.



Das Programm ermöglicht einen simultanen Vergleich des gerechneten Gebäudes mit einer energetisch optimierten Variante. Beide Varianten des Gebäudes werden graphisch gegenübergestellt. Die Beiträge verschiedener „energy efficiency strategies“, z.B. bessere Wärmedämmung, Nutzung passiver solarer Energie, effizientere Haustechnik etc. können gezielt aufgelistet werden. Die Besonderheit des Programms ist eine doppelte Simulation, zum einen eine thermische, zum anderen eine Tageslicht-Simulation (auf Basis der Software vom LBNL).

ENERGY 10 wird im Rahmen der IEA Task 23 entwickelt und weiter optimiert. Die Programmiersprache ist C++.

ENERGY 10 ist ein geeignetes Werkzeug für Gebäude bis zu 10.000 m<sup>2</sup>. Die Größeneinteilung resultierte aus den üblichen Größen von Bauvorhaben in den Vereinigten Staaten.

Zur Simulation benötigt das Programm die geographische Lage, die Raumgröße, den Verwendungszweck des Gebäudes, die Anzahl der Geschosse und die Wahl des Heizungssystems. Die umfangreichen Datenbanken zu Wandaufbauten, Materialien, Fenstern, etc. und Wetterdaten enthalten zwar nur amerikanische Daten, können aber beliebig erweitert werden. Die Version 1.3 enthält den „Weather-Maker“, welcher eine Konvertierung von Wetterdaten (z.B. aus dem Meteonorm-Format) für Energy-10 vornimmt und eine Analyse der Wetterdaten ermöglicht.

Mit diesem Schritt ist das Programm auch für Europa einsetzbar und es können Berechnungen für beliebige Orte durchgeführt werden. Die „Nutzerdaten“ (Betriebszeiten und Leistungen der interne Lasten etc.) sind auf amerikanische Verhältnisse zugeschnitten, können aber ebenfalls editiert werden. Ein Nachteil liegt zur Zeit noch in den eingeschränkten Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der energietechnischen Systemen in einem Gebäude.

Aus den obigen Eingabeparametern erzeugt das Programm zwei „Shoebox“ – Gebäude. Eines ist das zu berechnende Gebäude, das zweite ist eine Niedrigenergiehaus-Variante. Nach der Erstellung der zwei „Shoebox“ – Gebäude nimmt das Programm eine Jahressimulation vor.

Die Ausgabe erfolgt in Form eines grafischen Vergleichs des projektierten Gebäudes mit der ressourcenschonenden Gebäudevariante. Der Programmnutzer kann zur Optimierung des Gebäudes aus verschiedenen Energie-Sparmodellen wählen und diese auch nach der Größenordnung der Potentiale auflisten lassen. Eine Bewertung der Eigenschaften des Programmpaketes ENERGY 10, die an der Technischen Universität Trondheim von ANDRESEN et al. durchgeführt wurde, findet sich im Anhang dieser Arbeit.

Das Programm wird kontinuierlich weiterentwickelt. In den USA werden zum Programm Trainingskurse angeboten. Das Programm rechnet sehr schnell und ist leicht zu bedienen. Für eine erste Einarbeitung muss ein Aufwand von zwei Tagen angesetzt werden. Die AnwenderInnen des Programms sind vor allem ArchitektenInnen, FachplanerInnen und Bildungseinrichtungen wie Schulen und Universitäten.

### 9.11 DK-SOLAR

<b>Entwickelt</b>	Delzer Kybernetik
<b>Vertrieb</b>	Delzer Kybernetik, Ritterstr. 51, D-79541 Lörrach
<b>Internet</b>	

DK-SOLAR ist ein dynamisches Simulationsprogramm für Gebäude mit verschiedenen Lüftungs- und Heizungskonzepten und thermische Solaranlagen. Zu den Besonderheiten in der Berechnung gehören Lösungsstrategien für Luftkollektoren und Hypokausten.

Die Wechselwirkung einzelner Zonen wie Erdregister, Wintergärten, Pufferzonen, Kastenfenster oder weitere Anbauten mit den Kernzonen des Gebäudes können ebenfalls berücksichtigt werden. Vor jede beliebige Hüllfläche kann eine Hypokauste gesetzt werden. Hervorzuheben ist die Möglichkeit einer dynamischen Berechnung der Kühllast.

Zur Beurteilung der Gewinne und Verluste in einer Zone muss während des Berechnungszeitraumes für jeden Iterationsschritt immer die vorhandene Raumtemperatur zur Verfügung stehen. Der Benutzer hat dabei die Möglichkeit, zwischen der Lufttemperatur und zwei verschiedenen Kombinationen der Strahlungstemperatur der umschließenden Flächen und der Luft als Steuertemperatur zu wählen. Das Programm liefert für jeden Iterationsschritt neben der Raum- und der Umgebungstemperatur auch die Temperaturen aller vorhandenen Hüllflächen.

DK-SOLAR erlaubt die grafische und tabellarische Ausgabe aller Ergebnisse mit der eingestellten Genauigkeit. Die Genauigkeit kann beliebig frei gewählt werden. Je geringer die Schritt-Weitensteuerung eingestellt wird, desto höher wird der Rechenaufwand und die dafür benötigte Zeit, je weiter, umso ungenauer wird das Ergebnis.

Der Betrachtungszeitraum der durchgeführten Rechnung kann sich über ein Jahr, einen Monat, zehn Tage oder drei Tage erstrecken. Aus diesen vier Varianten kann gewählt werden.

Es kann eine Vielzahl verschiedener Formate an Wetterdaten eingelesen werden. Die vorliegenden Rechnungen wurden einerseits mit einem selbsterstellten Wettersatz<sup>7</sup> im HELIOS-Format (KLIMA.HEL) und andererseits mittels einer konvertierten Datei im METEO-Format (DATEN.MET)<sup>8</sup> durchgeführt. Darüber hinaus können Klimadaten im Format von Testreferenzjahren verwendet werden. Da sich die Formate der Klimadaten stark von einander unterscheiden, sollte jedenfalls die Reihenfolge der Parameter genau geprüft werden.

Die Eingabe der Wände erfolgt über einen schichtweisen Aufbau unter Angabe der physikalischen Kenngrößen der verwendeten Bauteile. Das Programm errechnet dann die k-Werte der Wände und gibt zusätzlich einen Wärmeschutz- Nachweis nach Wärmedämmverordnung DIN 4701 aus.

<sup>7</sup> durch METEONORM aus Monatsmittelwerten generierter Wettersatz auf Stundenbasis

<sup>8</sup> durch METEONORM aus Monatsmittelwerten generierter Wettersatz auf Stundenbasis und von DELZER Kybernetik vorliegendes Format (ASCII)konvertiert



Die Eingabe des Luftwechsels erfolgt beliebig. Eingegebene Fensterflächen werden von der Wandfläche selbsttätig abgezogen. Die Beschattung kann über fixe Schatten spendende Gebäudeteile oder über am Gebäude angebrachte, bewegliche und starre Sonnenschutzvorrichtungen erfolgen. Ebenfalls berücksichtigt werden, so weit bekannt, Reflexionen von den Umgebungsflächen.

Der bewegliche Sonnenschutz und die Fensterlüftung kann zeitlich gesteuert eingegeben werden. Dies ermöglicht eine Optimierung des Kühlaufwandes. Die Eingabe aller Parameter erfolgt frei von Produktvorgaben nur über die physikalischen Eigenschaften der Bauteile.

Die Eingabeoberfläche ist sehr bedienerfreundlich gestaltet. Die Einarbeitung in das Programm ist rasch möglich. Im Anhang findet sich ein Kurzprotokoll der Eigenschaften des Programms. Das Programm ist für alle Planungsabschnitte sehr gut geeignet. Von besonderem Vorteil ist die spezielle Abstimmung auf die solare Nutzung des Gebäudes. Sehr von Vorteil ist die flexible Eingabeoberfläche, so dass beliebige physikalische Eigenschaften der Aufbauten gewählt werden können.

## 9.12 TAS (Thermal Analysis Software)

<b>Entwickelt</b>	EDSL (Environmental Design Solutions Limited)
<b>Vertrieb</b>	EDSL (Environmental Design Solutions Limited) Ifes (Institut für angewandte Energiesimulation und Facility Management GmbH)
<b>Internet</b>	<a href="http://ourworld.compuserve.com/homepages/eds">http://ourworld.compuserve.com/homepages/eds</a> <a href="http://www.ifes-frechen.de/pages/seiten/soft.htm">http://www.ifes-frechen.de/pages/seiten/soft.htm</a>

TAS ist ein modular aufgebautes, dynamisches Simulationsprogramm, mit dem verschiedene Aufgabenstellungen berechnet werden können:

- TAS Lite                      Thermische Gebäudesimulation
- TAS Systems                Anlagen
- TAS CFD Ambiens        Strömungsrechnung

Das Programm läuft unter Windows NT und der Source Code ist in der Programmiersprache C++ geschrieben.

Das thermische Gebäudesimulationsprogramm enthält eine grafische Aus- und Eingabe mit einer realen 3D-Darstellung. TAS vereint mit der vorhandenen CAD Anbindung die Möglichkeiten der thermischen Gebäudesimulation mit jenen eines Planungstools. Dabei können die grafischen Daten eines geplanten 3D Modells direkt als Input übernommen werden. Anschließend kann das Gebäude beliebig zoniert und jede Zone mit den anfallenden inneren Lasten, Beschattungsmaßnahmen etc. ausgestaltet werden.

Mit der Übernahme der geometrischen Daten werden auch die Aufbauten aus den Layern übernommen. Die Massen werden dynamisch berücksichtigt. Das Programm benötigt einen Klimadatensatz in Stundenwerten. Die Simulation ergibt Berechnungswerte in Stundenschritten. Alle Berechnungswerte können zu weiteren grafischen Auswertungen in jeweilige Grafikprogramme exportiert werden. Die Ergebnisse beinhalten Aussagen über den Energieverbrauch, die Belüftungssituation (TAS-FLOWS) aber auch Daten über das Komfortverhalten (CFD ANALYSIS) des Gebäudes.

TAS richtet sich an die einschlägigen FachplanerInnen und ArchitektInnen. Im wesentlichen ist das Programm ein gutes Instrument für die Konzeptentwicklung und die frühe Planungsphase.

### 9.13 TRNSYS 14.2. (A Transient System Simulation Programm)

<b>Entwickelt</b>	Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin,
<b>Vertrieb</b>	TRANSSOLAR Energietechnik GmbH Nobelstr. 15; D-70569 Stuttgart
<b>Internet</b>	<a href="http://www.tmsys.de/">http://www.tmsys.de/</a> <a href="http://sel.me.wisc.edu/trnsys">http://sel.me.wisc.edu/trnsys</a>

TRNSYS ist ein modulares Simulationssystem, das eine Bibliothek mit einer Vielzahl von energietechnischen Komponenten enthält.

TRNSYS wurde an der Universität von Wisconsin entwickelt und als ein Programmpaket bestehend aus mehreren Einzelprogrammen aufgebaut. Der Quellcode ist in FORTRAN geschrieben und liegt der/dem AnwenderIn zur Erweiterung mit neuen Komponenten vor. Dies ist ein entscheidender Vorteil nicht nur für den Forscher, sondern auch für den/die StandardanwenderIn von TRNSYS, da rasch auf neue Entwicklungen reagiert werden kann.

Neben den üblichen Anwendungen liegt heute eine Vielzahl von Unterprogrammen für einzelne Anwendungen (beispielsweise Wintergarten, Speicherwand) vor.

Das Paket ist auf Grund seines Alters das am besten validierte Programm, das am Markt verfügbar ist. Durch die jahrzehntelange Anwendung kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse dem realen Zustand eines Gebäudes sehr nahe kommt. Ein weiterer Vorteil ist der sehr gute internationale Informationsaustausch bei auftretenden Problemen und die Verfügbarkeit von Systemkomponenten. Nachteil des Programms ist - wie schon angeführt - die lange Einarbeitungszeit und die wenig bedienerfreundliche Oberfläche. Diesem Manko wurde in den weiteren Entwicklungen, beispielsweise der Version 14.2., über eine unter Windows laufende Eingabeoberfläche Rechnung getragen. Die Anschaffungskosten sind als hoch einzuschätzen. Grundsätzlich muss das Paket in der heute vorliegenden Version als Expertensystem eingestuft werden.

TRNSYS wird in Österreich relativ häufig als dynamisches Simulationstool eingesetzt. Insgesamt gibt es jedoch sehr wenige Fachleute am Energiesektor, die eine Dienstleistung mit TRNSYS anbieten. Dies liegt einerseits an der fehlenden Nachfrage, andererseits an der Komplexität des Programms.

## 1) Systemaufbau

TRNSYS ist ein modulares Simulationssystem, das eine Bibliothek mit einer Vielzahl von energietechnischen Komponenten enthält. Der/die AnwenderIn sollte die festgelegte Programmiersprache (FORTRAN) beherrschen, um die gewünschten Komponenten miteinander vernetzen oder gegebenenfalls den Source Code um neue erweitern zu können. Um einen Überblick über die verfügbaren Komponenten zu geben, liegt dieser Arbeit ein Auszug für die vorliegende Version in Anhang III bei (Stand Version TRNSYS 13.1).

TRNSYS ist zusammen mit den Zusatzprogrammen TRNSED, TRNSHELL, SPREAD, PREBID und PRESIM/IISiBat ein sehr leistungsfähiges Simulationspaket, das sich durch Flexibilität, Benutzfreundlichkeit und Erweiterbarkeit auszeichnet. Für eine Simulation mit Hilfe von TRNSYS wird das System ausgehend von den zugehörigen Bauteilkomponenten aufgebaut. Die im Programm enthaltenen Bibliotheken ermöglichen eine Auswahl an verschiedenen Anlagenkomponenten und erleichtern die Eingabe. Zur vereinfachten Eingabe stehen zwei grafische Eingabemodule, PRESIM und IISiBat, zur Verfügung. Über die Datenbanken kann eine Auswahl an verschiedenen Formaten von Klimadaten und Ausgabeformaten getroffen werden. Die Einzelkomponenten werden mit Verbindungssträngen und unter Angabe der Eigenschaften miteinander verknüpft. Nach Angabe der Schrittweite und Abschluss der Modellerstellung kann das Programm gestartet werden. Die Ausgabe der Ergebnisse können Online am Bildschirm ausgegeben oder in Dateien abgespeichert werden.

Eine Kurzbeschreibung der wesentlichsten Programmkomponenten soll den Einblick in dieses Tool erleichtern.

### **PRESIM**

PRESIM wurde am Solar Energy Research Center, Borlänge, Schweden entwickelt und dient der Erstellung, Speicherung und Änderung von Eingabedateien für TRNSYS. Das Programm bietet eine grafische Eingabeoberfläche, in der aus einer Modulbibliothek die Systemkomponenten ausgewählt und miteinander verknüpft werden können. Dabei werden die Komponenten jeweils über ein Symbol dargestellt. Zugeordnet sind Datenblätter, in denen die jeweiligen Eigenschaften des Bauteiles beschrieben werden.

Es besteht die Möglichkeit, eine Komponente aus mehreren Einzelbauteilen zusammenzusetzen. Nachdem die Verbindungen zwischen den Komponenten eingefügt wurden, erstellt PRESIM die Eingabedatei für TRNSYS und überprüft gleichzeitig die eingegebene Modellstruktur auf Konsistenz.

### **TRNSHELL**

TRNSHELL ist eine Simulationsumgebung für TRNSYS. Ausgehend von der gebotenen Oberfläche wird die Simulation gestartet und werden alle anderen Programme aufgerufen. Das Programm wurde um einige Routinen erleichtert, sodass beispielsweise rasch ein TRNSED Eingabefile automatisationsunterstützt erstellt werden kann oder Parameterstudien durchgeführt werden können.

### **IISiBat**

IISiBat wurde am Centre Scientifique et Technique de Batiment, Sophia Antipolis (Frankreich) entwickelt. Das Programm bietet wie PRESIM eine grafische Eingabeoberfläche zur Erstellung des Simulationsmodells an.

IISiBat stellt jedoch darüber hinaus auch eine Simulationsumgebung dar, sodass alle Zusatzprogramme wie auch TRNSYS aufgerufen werden können. Zusätzlich wird eine Projektverwaltung angeboten.

**TRNSED**

TRNSED ist ein frei programmierbares Benutzerinterface, welches dem/der AnfängerIn eine rasche Einarbeitung unter der Nutzung vordefinierter Systeme ermöglicht.

**ONLINE**

Mit ONLINE können mehrere Systemvariablen während einer Simulation am Bildschirm dargestellt werden. Das Programm erleichtert die Visualisierung und die Kontrolle von Ergebnissen.

**PREBID**

Das Programm PREBID wurde von TRANSSOLAR Energietechnik GmbH. entwickelt und dient der benutzerfreundlichen Eingabe von einem Mehrzonengebäude, das in bis zu 25 Zonen untergliedert sein kann. Zur Unterstützung und Erleichterung der Eingabe stehen Materialiendatenbanken zur Verfügung. Die Eingabedaten werden auf Konsistenz geprüft. Für alle Eingabeschritte steht eine Hilfe zur Verfügung. Aus der über PREBID erstellten Gebäudebeschreibung werden mit Hilfe des Programms BID (Building Description Program) Dateien mit Geometrie- und Transferfunktionen erzeugt.

**SPREAD**

Das Programm dient zur Ergebnisdarstellung.

**2) TRNSYS 15**

Mit Beginn des Jahres 2000 wird eine neue überarbeitete Version des Programmpaketes TRNSYS zur Verfügung stehen und folgende neue Innovationen enthalten:

- Die Verteilung der kurzwelligen Strahlung in einer Zone kann über Verteilfaktoren definiert werden
- Fenster als Trennwände zwischen Zonen müssen nicht mehr aufwendig selbst erstellt werden. In der neuen Version steht ein Modell für ein internes Fenster zur Verfügung.
- Integrierte Betonkernaktivierung
- Komfortberechnung nach Fanger

Darüber hinausgehend wurden weitere Verbesserungen in den einzelnen Systemprogrammen und verfügbaren Datenbanken getroffen. Ein genauere Beschreibung der Vorteile der neuen Version findet sich im Internet (siehe Verweise oben).

### 9.14 BSim2000

<b>Entwickelt</b>	Danish Building Research Institute Postboks 119 DK-2970 Horsholm Dänemark, Tel: +45-4286-5533, Fax: +45-4286-7535
<b>Vertrieb</b>	Danish Building Research Institute Postboks 119 DK-2970 Horsholm Dänemark, Tel: +45-4286-5533, Fax: +45-4286-7535
<b>Internet</b>	<a href="http://www.sbi.dk/English/Publishing/Software/BSim2000/Mainmenu.htm">http://www.sbi.dk/English/Publishing/Software/BSim2000/Mainmenu.htm</a>

BSim2000 ist ein neues innovatives Gebäude-Simulationsprogramm zur Bewertung des Energieverbrauches, des Raumklimas und der Beleuchtungsqualität eines Gebäudes.

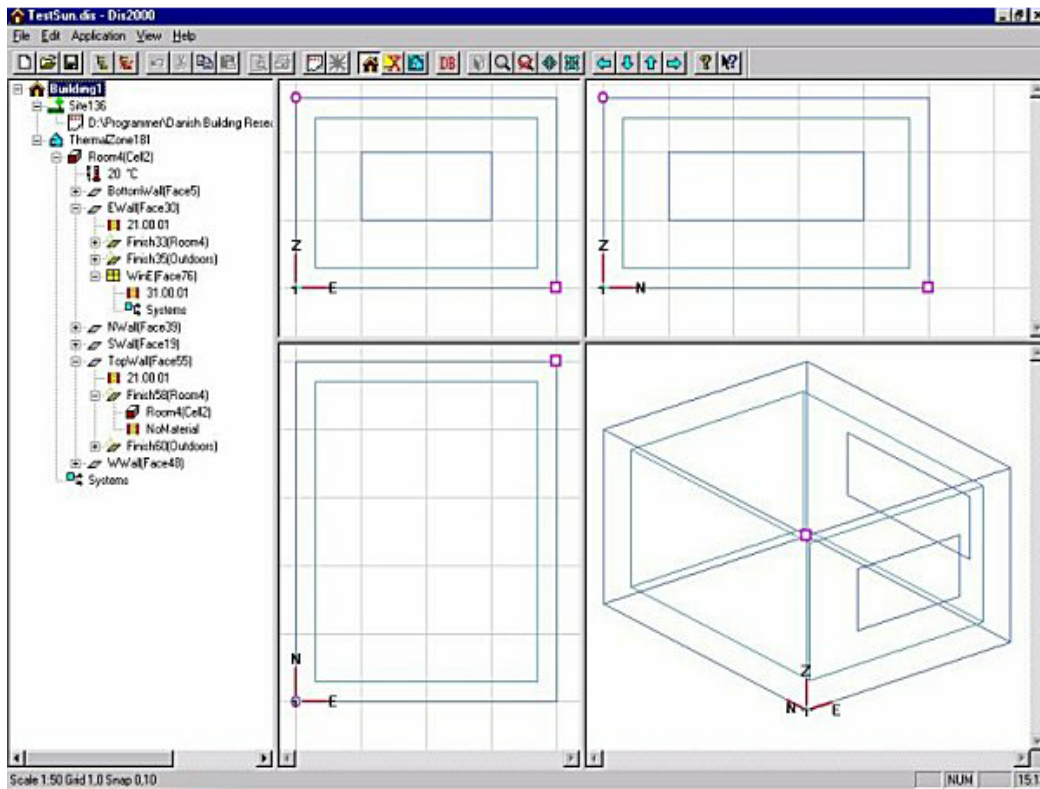
Das Programm läuft unter einer Windowsoberfläche. Der Vorläufer dieses Programms war das Simulationstool „TSBI3“.

BSim2000 verbindet mehrere verschiedene Einzelbausteine zu einem Programmpaket, das eine umfassende wärmetechnische Tageslichtanalyse ermöglicht.

Die Bausteine des Programms sind das **SimView**, das eine visuelle Darstellung des Gebäudes in 3D ermöglicht (Abbildung 6), sowie **XSun** für eine Analyse der Beschattung im und um das Gebäude. **SimLight** enthält einen vereinfachten Algorithmus für die Analyse der Tageslichtvorgaben. **SimDxf** erlaubt die Nutzung von CAD-Files zur Geometrieerstellung, und **tsbi5** enthält die Routinen für die Analyse der thermischen Simulation des Gebäudes.

Die Ergebnisse aus tsbi5 können zur strömungstechnischen Berechnung wieder in die jeweiligen Programme eingelesen werden. Es besteht einerseits die Möglichkeit der Kalkulation und Ausgabe nach dem EN832 Standard, und andererseits können die Ergebnisdaten in einem für RADIANCE lesbarem Format zur eingehenderen Analyse der Tageslichtnutzung exportiert werden. Die Ergebnisse von BSim2000 können in Tabellenform oder aber grafisch im Stunden-, Tages-, Monats- und Jahresintervallen ausgegeben werden.

Das Programm enthält Komponentendatenbanken für die Aufbauten, Fenstersysteme, etc. des Gebäudes.



**Abb. 6: BSim2000 grafische Modul SimView, Danish Building Research Institute<sup>9</sup>**

Es können Mehrzonenmodelle konzipiert werden, welche besonders auf Gebäude mit hohem Glasanteil oder Atrien abgestimmt sind. Im folgenden sind einige Berechnungsstrategien aufgelistet, welche mit BSim2000 durchgeführt werden können:

- Erfassung von Gewinnen aus solarer Einstrahlung, Abwärmen von Personen, Licht und Gebäudeausstattung
- Kühlung-, Heizung- und Belüftungsstrategien des Gebäudes bei gleichzeitigem Einsatz verschiedener Systeme
- Feuchtigkeits- und Energiebilanzen
- Wärmeaustausch zwischen den Zonen
- Beschattungsstrategien
- Berechnung der Oberflächentemperaturen und Analyse des Kondensationsrisikos
- Luftaustausch bei geöffneten Fenstern und zwischen den Räumen
- Leistungsbedarf von Kühl - und Lüftungseinrichtungen

<sup>9</sup> Die Abbildung wurde der Homepage des Danish Building Research Institute Postboks 119 DK-2970 Horsholm Dänemark entnommen (<http://www.sbi.dk/Udgivelser/Pc-programmer/BSim2000/Generelt.htm>)

BSim2000 ist ein sehr umfassendes Planungswerkzeug, das fast alle Möglichkeiten zur energetischen Bewertung und Analyse der Tageslichtnutzung ermöglicht.

### 9.15 HELIOS-PC

<b>Entwickelt</b>	EMPA, Dübendorf in der Schweiz
<b>Vertrieb</b>	econcept Energieberatung GmbH, Wiesentalstr. 29, 79115 Freiburg; Tel: 0761/4016627
<b>Internet</b>	<a href="http://www.econcept.com/">http://www.econcept.com/</a>

HELIOS-PC ist ein dynamisches ein-Zonen-Gebäudesimulationsprogramm. Es dient der Berechnung des thermische Verhaltens des Gebäudes unter Berücksichtigung des Strahlungsaustausches im Stundenintervall.

Das Programm besitzt eine auf EXCEL basierende Windowsoberfläche HELEX und ermöglicht daher eine einfache Eingabe.

Es eignet sich besonders zur Durchführung von Energiebedarfsrechnungen von Gebäuden, Kühllastberechnungen, Berechnungen des jährlichen Energiebedarfes nach CEN sowie für Komfortbetrachtungen. Ebenfalls gerechnet werden können Systeme zur passiven Nutzung der Solarenergie (TWD, Wintergärten etc.). Das Programm enthält Wetterdaten von 40 Stationen in der BRD auf der Basis von langjährigen Monatsmittelwerten. Baustoffkataloge bestehen für die marktüblichen Baustoffe, TWD-Systeme und die üblicherweise eingesetzten Verglasungsarten.

### 9.16 ANSYS/FLOTRAN

<b>Entwickelt</b>	ANSYS, Inc., Southpointe 275 Technology Drive, Canonsburg, PA 15317
<b>Vertrieb</b>	CAD-FEM GmbH, Marktplatz 2, D-85567 Grafing Tel: ++49 (0)8092-7005-0 Fax:: ++49 (0)8092-7005-77
<b>Internet</b>	<a href="http://www.ansys.com/">http://www.ansys.com/</a> <a href="http://www.cadfem.de/software/ansys/ansys1.htm">http://www.cadfem.de/software/ansys/ansys1.htm</a>

ANSYS ist mit ca. 20% Marktanteil eines der weltweit führenden Finite Elemente Programme. Das Leistungsspektrum reicht von Statik und Dynamik, Akustik, Temperaturfelder, Elektrostatik, elektromagnetische Felder, Multiphysik bis zur Strömungsrechnung. Damit können verschiedenste Berechnungen mit einem Programm durchgeführt werden.

Das Modul ANSYS FLOTRAN dient zur Analyse strömungstechnischer Vorgänge. Es ist das einzige CFD (computational fluid dynamics) Programm mit Designoptimierung. Der Vorteil der Programms liegt in der Flexibilität, die es dem/der AnwenderIn erlaubt, eine Vielzahl von Strömungsproblemen zu lösen.

ANSYS/FLOTRAN simuliert laminare, turbulente, newtonsche, nicht newtonsche, verdichtbare und nicht verdichtbare liquide Flüsse. Luftstrom- und Windkanaltests können ebenfalls durchgeführt werden. Der Lösungsansatz ist bei diesem Tool ein anderer als bei den vorhergenannten (Kapitel 1.8).

ANSYS dient der thermischen und strömungstechnischen Analyse, ist allerdings kaum als Werkzeug für den Planungsprozess geeignet.

### 9.17 Ergänzende Bemerkungen zu Simulationsprogrammen

Das **Lösungsmodell über Luftknoten** bedingt vielerorts Einschränkungen in der genauen rechnerischen Nachbildung. Problemfälle dieser Natur können ähnlich dem Modell eines Wintergarten über das "TRICKING" gelöst werden. Dabei wird das Problem über künstliche Fenster, nach außen mit Strahlungsanteil und mit thermischen Verlusten behaftete Glasflächen, beschrieben. Für die Simulation können Genauigkeitsanforderungen und Zeitintervalle festgelegt werden. Diese beiden Variablen beeinflussen die Rechendauer wesentlich.

**Das Nutzerprofil stellt die größte unbekannte Größe einer Berechnung dar.** Da die Simulation immer nur von einem/er Standard-NutzerIn ausgehen und somit immer nur eine Näherung sein kann, bedarf es neben der Rechnung auch einer gezielten Information des/r BenutzerIn eines Gebäudes, wenn die Energiesparpotentiale ausgeschöpft werden sollen. **Untersuchungen an Gebäuden haben gezeigt, das der/die BenutzerIn das Ergebnis der Rechnung um bis zu 100 % verändern kann.** Insofern ist das Fehlerpotential durch den Benutzer größer als durch die programmspezifischen Lösungsansätze. Dies gilt jedoch nur in einem Programmvergleich validierter Programme mit ähnlicher Auflösung. Denn nur dort kann mit einigermaßen sicherer Wahrscheinlichkeit von einer Fehlerfreiheit der Software und einer zulässigen Vereinfachung der vorliegenden Problemstellung ausgegangen werden.

Thermische Gebäudesimulationsprogramme ermöglichen keine Aussagen über die Strömungsverhältnisse in einem zu untersuchenden Gebäude. Um solche Probleme erfassen zu können, muss eine getrennte Simulation mit Programmen, die konvektive Strömung berechnen können, erfolgen.

Die Leistungsfähigkeit der genannten Tools ist maßgeblich von der weiteren Entwicklung von Teilkomponenten abhängig. Die Programme sind nach dem Aufbau auf eine flexible Erweiterung ausgelegt. Die Berechnung von Wintergärten, transparente Wärmedämmung, etc. können durch entsprechende Modelle exakter abgebildet werden und so die Genauigkeit der Programme unterstützen.



## **10 Zuordnung von Simulationsprogrammen zu Planungsabschnitten**

Die besprochenen Simulationsprogramme eignen sich unterschiedlich gut für die Anwendung in den verschiedenen Planungsstadien.

Die folgende Tabelle zeigt die Zuordnung der besprochenen Simulationsprogramme zu den einzelnen Planungsabschnitten und Professionen. Die Zuordnung erfolgte nach Angaben der Hersteller bzw. nach eigenen Erfahrungen.



<b>FachplanerInnen</b>	
<b>ArchitektInnen</b>	

<b>ForscherInnen</b>	
<b>Komponentenausleg.</b>	

## 11 Numerische Lösungsverfahren

Kriterium für die exakte Arbeit eines Programms ist das verwendete mathematische Lösungsverfahren.

Unter Simulation eines Prozesses wird generell das Abbilden realer Prozessverläufe durch mathematische Algorithmen verstanden. In den gängigen Simulationsprogrammen wie TRNSYS werden Verfahren wie das Faltungsprinzip (ASHRAE) oder das finite Differenzenverfahren angewendet. Der Einsatz dieser finiten Differenzenverfahren bedarf einer höheren Rechner- und Speicherleistung. Es wird dabei über den zu untersuchenden Bauteil oder Raum eine Art Netzwerk auf Punkten gelegt. Für jede dieser Flächen oder Volumenteile werden die jeweiligen Erhaltungssätze (Impuls, Energie) angesetzt. Als Schnittstellengrößen ergeben sich die Aus- und Eingangsparameter in dies infinitesimal kleine Teilstück. Ausgehend von einem Punkt wird nun die Rechnung auf die anderen Punkte ausgedehnt. Die Methodik der finiten Differenzen bildet eine Grundlage bei Energie- und Strömungssimulationen. Für einfache geometrische Problemstellungen sind in der Regel recht gute Näherungslösungen möglich. Für Simulationsprogramme sind Algorithmen gefragt, die möglichst wenig einschränken und einen möglichst geringen rechnerischen Aufwand bedeuten.

Die große Problemstellung der Simulation liegt in der Beschreibung eines idealisierten Zustandes, der dem realen Verhalten sehr nahe kommen soll.

### 11.1 Finite-Elemente-Verfahren (FEM)

Das Verfahren wurde ursprünglich im Bereich der Festkörpermechanik eingesetzt. Zu Beginn wird das Integrationsgebiet in sich nicht überschneidende geometrisch gleiche Elemente unterteilt. Im zweidimensionalen Fall handelt es sich um Quadrate oder Dreiecke, im dreidimensionalen um Quader oder Tetraeder. Die Eckpunkte werden als Knoten bezeichnet und das Gesamtsystem als Netz. Die räumlichen Eigenschaften werden durch ein Netzwerk von Knoten beschrieben, deren Wechselwirkungen untereinander durch geeignete Interpolationsfunktionen berücksichtigt werden.

#### 11.1.1 Finite-Differenzen-Verfahren

Die Diskretisierung erfolgt wie vorher beim FEM. In weiterer Folge werden jedoch die bekannten Differentialgleichungen direkt in die Gitterpunkte eingesetzt. Dies bedingt ein orthogonales Netzwerk. Für ein zeitliches System wird nach Festlegung des Zeitintervalls für einen Funktionswert die Form einer Reihenentwicklung gewählt. Die Reihe wird nach dem n-ten Glied abgebrochen, sodass der vertretbare Fehler möglichst gering bleibt. Die verbleibende Gleichung gibt nun die Entwicklung des Systems innerhalb zweier zeitlicher Punkte wieder.

In weiterer Folge werden nun Vorwärts-, Rückwärts- und zentrale Differenzen unterschieden. Von Bedeutung ist dabei, auf welche zeitliche Richtung man sich bezieht.

Dabei treten an die Stelle der Differentialgleichung zur Beschreibung der Wärmeleitung andere Differentialgleichungen, deren Lösung die zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung in der Wand ermöglichen.

Im wesentlichen wird das Verfahren durch zwei Fehlerquellen beeinflusst. Einerseits erfolgt die Darstellung von Brüchen im Rechner selbst mit begrenzter Genauigkeit (begrenzte Stellenanzahl nach dem Komma) und andererseits wird bei der Reihenentwicklung nach einem bestimmten Glied abgebrochen.

### **11.1.2 Finite-Volumen-Verfahren**

Das Integrationsgebiet wird wie beim FEM über ein Gitternetz unterteilt. Die bestehenden Elemente sind jedoch kleine Volumeneinheiten. Für die Erstellung der konservativen Entwicklung wird nun kein Differenzmodell zugrunde gelegt, sondern es werden Erhaltungsgleichungen angeschrieben.

## **11.2 Harmonische Verfahren**

Grundlage bildet die Beschreibung von Zustandsänderungen mit einer periodischen Wiederkehr (z.B. der Tagesgang). Durch die Annahme eines eingeschwungenen Zustandes können die einzelnen Eingangskomponenten in sogenannte Fourier-Komponenten zerlegt werden. Für jede dieser Fourier-Komponenten kann das Verhalten eindeutig berechnet werden und in der Form einer Transferfunktion dargestellt werden. Eine Simulation von Regelvorgängen wie die Heizungsregelung oder die Darstellung nicht linearer Wärmeübergangsprozesse (Einfluss von solarer Einstrahlung) liegen nicht im Bereich dieser Methodik.

## **11.3 Response Faktoren**

Zeitlich abhängige Größen wie der Temperaturverlauf können über eine Serie zeitlich aufeinander folgender Impulse dargestellt werden.

## 12 Validierung von Rechenprogrammen

Die EDV-gestützte Simulation von sich stetig ändernden Energiezuständen in einem Gebäude ist von einer Vielzahl physikalischer Eigenschaften abhängig. Zur Beurteilung des Ergebnisses einer Berechnung ist immer die Methodik der Durchführung von entscheidender Bedeutung.

Dynamische instationäre Programme versuchen, dem tatsächlichen Zustand möglichst nahe zu kommen. Durch die große Menge an variablen Einflussfaktoren kann auch hier nicht von einer exakten Nachbildung ausgegangen werden. Es bedarf immer einer Linearisierung der Problematik. Dabei wird von einem bestehenden, meist sehr komplexen Zusammenhang auf Vergleichszustände geschlossen, welche einem einfacheren linearen Gesetz folgen. Die Größe dieses Fehlers, der durch Vereinfachungen entsteht, gibt die Qualität des verwendeten Softwarepaketes wieder. Einerseits beeinflussen die mathematischen und physikalischen Grenzen das Ergebnis und andererseits ist man immer auf vorhandene Messwerte angewiesen.

Die Kontrolle der berechneten Werte über Messwerte ist ein zentraler Punkt der Simulation von thermischen Einflussparametern. Die Übernahme eines Eigenschaftsmerkmals eines Bauteiles (Temperaturverlauf, Wärmedurchgang etc.) beinhaltet immer das Vertrauen auf die exakte Messung dieser Werte. Bei Anwendung verschiedener Verfahren können Messergebnisse mitunter sehr große Differenzen aufweisen („wer misst, misst Mist“). Zum Vergleich verschiedener Werte sollten die verwendeten Messverfahren und Kennwerte, wie beispielsweise Reproduzierbarkeit und Wiederholgenauigkeit, angegeben werden. Ohne solche Werte ist eine Einordnung der Daten nicht möglich, insbesondere kann keine Fehleranalyse durchgeführt werden. Zu Bedenken bleibt immer, dass physikalische Eigenschaften von Bauteilen immer nur unter standardisierten Verhältnissen angegeben werden können, da die meisten Kenngrößen eine Funktion von einem oder gar mehreren Parametern sind. Aus den genannten Einflussfaktoren wird ersichtlich, dass eine Simulation immer einer Messung zur Validierung der Daten bedarf. Trotz Messungenauigkeiten bleibt die Messung immer noch die exakteste Methode, thermische Entwicklungen in einem Gebäude sowie an Bauteilen zu ermitteln.

Jede Rechnung sollte mit solchen unter fixen Bedingungen gemessenen Werten verglichen werden, um das Simulationsergebnis einordnen und interpretieren zu können. Dies kann jedoch nicht von jedem/r AnwenderIn verlangt werden, sondern muss einmal von einer autorisierten Stellen für das betreffende Programm durchgeführt werden.

Im Rahmen der IEA wurde schon frühzeitig versucht, diesem auch heute noch bestehenden Mangel Rechnung zu tragen. Dabei wurden im Rahmen der Task 6, Task 8 und Task 12 Programm vergleichende Studien angestellt. Einen sehr guten Ansatz für ein Validierungsmodell findet man bei JUDKOFF 1983. Demnach stellen sich die Vergleichsmöglichkeiten einzelner Tools wie folgt dar (IEA Task 8):

### Empirische Evaluierung

a) In einem direkten Vergleich werden Werte an einem Modell oder einem Haus gemessen und den berechneten Größen gegenübergestellt.

b) Lösungsergebnisse der verwendeten Algorithmen (mathematische Modelle zur Beschreibung gesuchter physikalischer Größen) werden mit im Labor gemessenen oder gerechneten Werten verglichen.

### **Analytische Vergleiche**

Das Ergebnis des verwendeten Programms oder von Unterprogrammen wird unter vereinfachter Methodik mit bekannten analytischen Größen verglichen (z.B. Wärmeleitung, Strahlung etc.).

### **Vergleichstests**

a) Das Programm wird mit sich selbst über mehrere verschiedene Rechnungen verglichen. Dynamische Programme ermöglichen dabei die Anwendung unterschiedlicher mathematischer Problemlöser. Der Vergleich kann auch an einer älteren Version des Programms erfolgen.

b) Validierung an anderen Programmen. In der Regel verwendet man dabei ein besser validiertes Programm, von dem angenommen wird, dass es physikalisch exakter rechnet.

Ergebnisse solcher Untersuchungen zeigen, dass, wenn ein Programm große Abweichungen zeigt, dies meist auf einen Fehler oder eine falsche Annahme im Algorithmus zurückzuführen ist. Die Fehler können schon über Jahre im Programm vorhanden sein und wurden im Source Code des Programms festgeschrieben. Bei den meisten Programmen sind sie also auch nicht abänderbar.

## 13 Forschungsbedarf

Simulationssoftware wird nicht in dem Ausmaß eingesetzt, wie es unter Aspekten der Ausschöpfung von Energiereduktionspotentialen sinnvoll wäre.

Die Verbreitung der Anwendung von Simulationssoftware für die energetische Gebäudeoptimierung kann einerseits durch legislative Maßnahmen unterstützt werden, wie beispielsweise durch die Verpflichtung zur Angabe der Energiekennzahl (flächenbezogener Energiebedarf) eines Gebäudes. Die Energiekennzahl könnte über die Preisfestsetzung im Immobilienhandel einen größeren Einfluss auf die energetische Performance von Gebäuden erlangen, als es die Vorschreibung einzelner k-Werte derzeit hat.

Eine solche Verpflichtung würde den Einsatz von Programmpaketen forcieren, die neben einem dynamischen Programm zur Bewertung verschiedener Planungsvarianten auch ein statisches Programm zur Ermittlung der Energiekennzahl beinhalten. Ein Programmpaket dieser Art ist derzeit allerdings nicht verfügbar.

Für die Aufgabenteilung zwischen Architekt und Energieplaner hinsichtlich der Durchführung von Gebäudesimulationen scheint die Abgrenzung der Spezialprobleme von den Standardfällen wichtig. Der Standardfall sollte in Zukunft auch bei Vorliegen einer sehr großen Vielfalt an möglichen Einflussparametern über ein Simulations-Tool mit einfacher Oberfläche und trotzdem sehr guter Näherung von Architekten gelöst werden können. Für die Betrachtung komplexer energietechnischer Problemstellungen wird es jedoch auch in Zukunft einen Spezialisten bedürfen. Diese Differenzierung, die Erstellung einer „Typologie von Standardfällen“ sowie eine entsprechende Software liegen jedoch noch nicht vor.

Ein grundsätzliches Problem stellt die Unübersichtlichkeit des bestehenden Marktangebotes an Simulationstools dar. Es fehlen für Außenstehende erkennbare Qualitätsstandards und Anforderungsprofile sowie vergleichbare Leistungszertifikate für die einzelnen Tools. Eine Simulation bedarf immer einer Messung zur Validierung der Daten; jede Rechnung sollte mit solchen unter fixen Bedingungen gemessenen Werten verglichen werden, um das Simulationsergebnis einordnen und interpretieren zu können. Dies kann jedoch nicht von jedem/r AnwenderIn verlangt werden, sondern muss einmal von einer autorisierten Stelle für das betreffende Programm durchgeführt werden. Diese Grundlagen fehlen weitgehend.

## 14 Glossar

### Luftknoten:

Der Luftknoten ist ein Hilfsmittel für die Beschreibung der physikalischen Zustände in einer zu simulierenden Zone. Dabei wird ein Raum in Form eines Punktes zusammengefasst gedacht, wobei alle Informationen zur Erstellung der Energie- und Feuchtebilanz in diesem Punkt erfasst werden.

### Heizgradtagzahl:

Ist nach ÖNORM 8135 definiert als die Summe der Differenzen zwischen mittlerer Raumtemperatur von 20 °C und dem Tagesmittel der Außentemperatur über alle Heiztage der Heizzeit vom 1. Oktober bis 30. April unter der Heizgrenztemperatur von 12 °C mittlerer Außentemperatur. Oberhalb der Heizgrenztemperatur wird angenommen, dass die Tagesmitteltemperatur in Zusammenwirken mit der Bausubstanz ausreicht, um das Gebäude ohne Heizung auf die Normtemperatur aufzuwärmen. In Österreich sind als Definition der Heizgradtage die Grenztemperaturen 20 °C und 12 °C festgelegt. In der Bundesrepublik Deutschland 20 °C und 15 °C.

### Heizlast:

Die Auslegung erfolgt nach Norm (z.B. ÖNORM M 7500, B 8135, DIN 4701). Die Heizlast ist eine Gebäude- und Klimateigenschaft. Innere Wärmen wie Sonneneinstrahlung, Beleuchtung, Maschinen und Menschen werden nicht berücksichtigt. Die Heizlast setzt sich aus der Transmissions- und der Lüftungsheizlast zusammen.

$$P_H = P_T + P_L \quad (\text{in kW})$$

### Transmissionsheizlast (P<sub>T</sub>):

Unter Transmission werden alle Verluste infolge Wärmedurchgang durch die Gebäudehülle (Wände, Dach, Fenster, Erdboden) verstanden.

$$P_T = (T_i - T_{am, \min}) * \sum (k * A) = \Delta T_{\max} * \sum (k * A) \quad (\text{in kW})$$

$\Delta T_{\max}$  ergibt sich nach Norm aus den Auslegungstemperaturen für Heizungsanlagen (ist ortsabhängig).



**Lüftungsheizlast ( $P_L$ ):**

Die notwendige Heizlast durch Lüftung ergibt sich einerseits durch die bautechnisch nicht vermeidbare Fugenlüftung ( $u_{LF}$ ) und andererseits durch einen in bewohnten Räumen notwendigen hygienischen Luftwechsel (Luftwechselrate  $u_L > u_{LF}$ ). Durch den Einsatz mechanischer Lüftungsanlagen kann ein Teil dieser Verluste wieder zurückgewonnen werden.

$$P_L = \Delta T_{\max} * \rho * c_p * u_{LF} * V \quad (\text{in kW})$$

Die Heizlast ist ein Maß der Unvollkommenheit eines Gebäudes. Da der k-Wert immer größer als Null ist, wird ersichtlich, dass die Heizlast eines Gebäudes nie Null werden kann. Durch Berücksichtigung der inneren Wärmequellen ist jedoch das Nullheizenergiehaus möglich.

**Jahres-Wärmebedarf ( $Q_H$ ):**

Der Jahres-Wärmebedarf stellt die integrierte Heizleistung über das Jahr dar und wird auf die Normheizlast bezogen.

$$Q_H = \text{Ausnutzungsdauer} * P_H \quad (\text{in kWh/a})$$

**Jahres-Energiebedarf:**

Dieser stellt die ermittelte Heizlast unter Berücksichtigung des Nutzungswirkungsgrades der Heizungsanlage und der Verteilverluste des Systems dar. Der Jahres-Energiebedarf kann mit Hilfe der Brennstoffdaten (unterer, oberer Heizwert) auch auf den Brennstoffbedarf umgerechnet werden.

**Energiebilanz eines Gebäudes:**

Diese ist abhängig von der zur Bilanzerstellung gezogenen Systemgrenze. Für den üblichen Fall einer Energiebilanz eines Gebäudes werden nur die über die Systemgrenzen (Gebäudehülle, Umschließungsflächen eines Raumes) transportierten Wärmemengen berücksichtigt. Im wesentlichen ist es eine Ausgangs-Eingangsrechnung.

**ASHRAE:**

American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.

**NORM (ÖNORM, DIN):**

Normen dokumentieren den Stand der Technik und beschreiben das technisch Mögliche, das wirtschaftlich Sinnvolle und das praktisch Erprobte. Normen sind von sich aus nur Empfehlungen und haben nur dann bindende Wirkung, wenn sie einerseits Bestandteil von zivilrechtlichen Verträgen oder andererseits Teil von Gesetzen sind (Mandatierte Norm). Normen können in Österreich nur auf Grund des

Bundesgesetzes über das Normwesen entstehen. Normen der Europäischen Union erhalten den Zusatz "EN" (Europa Norm).

**Einschwingungsvorgänge:**

Wie bei jedem Schwingungsvorgang bewegt sich der Wertebereich der Berechnungsergebnisse innerhalb eines gewissen definierten Bereiches. Ein eingeschwungenes System hat sich nach Verstreichen einer Zeitspanne an einen gewissen Wert angenähert. Dieser Wert kann dann als Ergebnis der Berechnung betrachtet werden.

## 15 Literaturverzeichnis

- ANDERSON L. D., BLUM S., HOLTZ J. M., Passiv and hybrid solar low energy building, Design tool selection and use IEA Task 8, solar heating and cooling programme, Dezember 1988, Report No. IEA SHAC T.8.C.4
- BACH H., BRENDEL TH., AST H., et. al., Building Energy Management Systems (BEMS), BMFT-Vorhaben liefert Planern und Betreibern Entscheidungshilfen für den Einsatz von BEMS, HLH 1992 Bd.43, Nr.3, S 105 - 108
- BACH H., KONDERMANN T., MADJIDI M., Systemsimulation in der Praxis - Erfahrungen und Perspektiven, 1995, FIA (Forschungs- Informations- Austausch) Universität Stuttgart, IKE, Abteilung für Heizung, Lüftung und Klimatechnik
- BLECKEN U., HASSELMANN W., Neuorientierung zwischen Planer und Bauunternehmen Organisation der Planung und Ausführung im Bau- Systemwettbewerb DBZ 1997, Nr 4, S 111-115
- BRUCK M., FANINGER G., Passive Nutzung der Sonnenenergie, Dimensionierung, Ausführung, Praxisbeispiele, IEA Task 8, solar heating and cooling programme, Österreichische Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen (ÖASSA), Wien, April 1987
- DANNER D., HOFFMANN H., Der Architekt als Integrator des Facility Managers; AIT, Intelligente Architektur 2, 1995, S.58 - 59
- DIEHL O., MAKULLA D., Bewertung von Maßnahmen zur Temperatursenkung in Gebäuden, Vergleich der mechanischen und der Fensterlüftung mit Hilfe der Gebäudesimulation HLH 1995, Bd.46, Nr.7, S 383 - 386
- DIETRICH U., LÜBEN B., KOMPASS, Ein Gebäudesimulationsprogramm für Architekten speziell zur Anwendung im frühen Planungsstadium, Fachhochschule Hamburg, Internet: <http://www.fh-hamburg.de>
- DUFF S. W., Model Testing Workshop, IEA - solar heating and cooling programme, Dezember 1989
- EDLER A., Wärmetechnisches Meßwesen, Studienblätter 1998, Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
- ERHORN H., STRICKER R., Transparent Insulation Material Modeling, IEA Task 12, solar heating and cooling programme, September 1992
- FANINGER G., Proceedings of the Workshop "On the way to Zero- Energy- Buildings", Klagenfurt Oktober 1989, IEA solar heating and cooling programme
- FANINGER G., Energieausweis für Gebäude, IFF Universität Klagenfurt, Juli 1997
- FEIST W., Thermische Gebäudesimulation, Kritische Prüfung unterschiedlicher Modellansätze, C.F.Müller Verlag 1994, 1.Auflage ISBN 3-7880-7486-8
- FEIST W., Das Niedrigenergiehaus, Neuer Standard für energiebewußtes Bauen, 4. Auflage 1997, C.F. Müller Verlag, ISBN 3-7880-7496-5
- FEIST W., Was ist ein Niedrigenergiehaus, Vom gewöhnlichen Wohnhaus zum Niedrigenergiehaus, Sonnenenergie 1997, Nr. 4, S 31 - 35
- GEMIS Gesamtemissionsmodell Integrierter System des deutschen Öko-Institutes
- GIESE W., HÖSEL W., Simulationsprogramm zur Beheizung von Gebäuden, Berechnung des Energieverbrauchs mit einem instationären Simulationsprogramm unter EXCEL, HLH Bd.47, 1996, Nr.4
- GILLI P.V., Wärmetechnik, Studienblätter 1994, Institut für Wärmetechnik, TU- Graz
- GUMMERER C., 1998, Energetische Bewertung des Neubaus der BH – Murau, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz

- HALOZAN H., Heizungs- und Klimatechnik, Vorlesungsskriptum, Oktober 1994, Institut für Wärmetechnik, TU- Graz
- HARTKOPF V., Testphase Intelligent Workplace, AIT, Intelligente Architektur 2 (1995) S 53 - 55
- HEIMRATH R., 1998, Sensitivitätsanalyse eines Erdreichwärmepumpensystems, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz.
- HESTNES A. G., Passive Solarenergienutzung und Solararchitektur, Begleitbuch zum Seminar Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg 1994
- HOFER A., Umbruchstimmung, Hochparterre Sonderheft 1/1998, Basel, S 12 - 13
- IBO-ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE UND -ÖKOLOGIE, DONAU-UNIVERSITÄT KREMS, ZENTRUM FÜR BAUEN UND UMWELT (HRSG.), Ökologischer Bauteilkatalog, Bewertete gängige Konstruktionen, Springer-Verlag 1999
- JUDKOFF R., NEYMARK J., Building Energy Simulation Test (Bestest) and Diagnostic Method IEA Task 12 solar heating and cooling programme and Annex 21, buildings and community systems, National Renewable Energy Laboratory, Contract No. DE-AC02-83CH10093, Februar 1994
- KALIDE W., Energieumwandlung in Kraft- und Arbeitsmaschinen, neuüberarbeitete 6. Auflage 1982, Hanser Verlag, ISBN 3-446-13145
- KIRALY J., Architektur mit der Sonne, 1x1 der passiven Sonnenheizsysteme, Haustypen und Energiebilanzen, Verlag C:F:Müller, 7. Auflage 1996
- KLINGELE M., Architektur und Energie, Verlag C:F:Müller, 1994
- KREC K. Dr., WAEBED V1.0 Beschreibung des Programmpaketes, Büro für Bauphysik, Schönberg am Kamp
- KREC K. Dr., GEBA V1.0 Beschreibung des Programmpaketes, Büro für Bauphysik, Schönberg am Kamp
- LANGER H., Energieoptimiertes Bauen, Sonnenenergie 1997, Nr. 4, S 34 - 35
- LOMAS K.J., EPPEL H., MARTIN C., BLOOMFIELD D., Empirical validation of thermal building simulation programs using test room data, Volume 1: Final report, IEA Task 12 solar heating and cooling programme, IEA Annex 21 Conservation in buildings and community systems programme, September 1994
- LOMAS K.J., Empirical validation of thermal building simulation programs using test room data, Volume 3: working reports, IEA Task 12 solar heating and cooling programme, IEA Annex 21 Conservation in buildings and community systems programme, September 1994
- MACK M., Simulationsprogramme für Warmwasser und Raumheizung, Begleitbuch zum Seminar Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg 1994
- MARKO A., BRAUN P. (HRSG.), Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden, Für Ingenieure und Architekten, Springer-Verlag, 1997
- MAYRHOFFER I., STOSCH G., BITTERSCHMANN G., WBi832 Berechnungsprogramm zur Ermittlung jährlicher Wärmeverbräuche, 1996, Landesenergieverein Steiermark
- MÖHL U. Dr. Ing., Gebäudethermik im Entwurf Simuliert, Anwendung des Matrizen-Exponentialfunktions Verfahrens zur Simulation des Thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden, HLH Bd.38, 1987, Nr.2, S 83 - 86
- NYTSCH C., Informationen zu Smile, TU- Berlin, Institut für Energietechnik, Internet: <http://www.swt.cs.tu-berlin.de/smile>
- NYTSCH C., BIERSACK M., LUTZ U.S., SCHRAG T., Trends in Smile, TU-Berlin, Institut für Energietechnik, e-mail: christo@buran.fb10.tu-berlin.de
- OERTEL H. Jr., Störungsmechanik, Methoden und Phänomene, Springer Verlag

- RAUCH Chr. K. Dipl. Ing., Simulation mit Reaktion der Subsysteme, Einsatz von Simulationssoftware als Hilfsmittel für die Planung von Steuerungs- und Regelkonzepten für die Wärmeversorgung von Gebäuden, HLH Bd.40, 1989, Nr.5
- RITTELMANN R. P. et al., Design Tool Survey, IEA Task 8, solar heating and cooling, passive and hybrid solar low energy buildings, Subtask "C": Design Methods, United States Department of Energy, DC, Contract No. DE-AC02-81CS30633, Mai 1985
- SCHMITT G. (HRSG.), Architektur mit dem Computer, Verlag Vieweg, 1996
- SCHNEIDER A. (HRSG.) UND FOKUS FILM, Solararchitektur für Europa, Birkhäuser-Verlag 1996
- SCHULER M., TRNSYS – Kurzbeschreibung, Transsolar, PRESIM, Graphisches Interface für TRNSYS, Version 2.1.
- SCHULER M., Dynamische Simulation des Thermischen Verhaltens von Gebäuden, Begleitbuch zum Seminar Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg 1994
- SIEVERTS E., Facility Management Intelligenter Umgang mit Gebäuden, AIT, Intelligente Architektur 2, 1995, S 60 - 62
- SIMON G. Dipl. Ing., Solargebäude 2000, Vom Plattenbau zum "Null-Heiz-Energie-Gebäude" DBZ 1997, Nr. 5, S 113 - 120
- STEHNO V., Aspekte und Wege zur Optimierung des Wärmeschutzes, Teil 1 Bauen und Umweltschutz, Teil 2 Berechnung des Heizwärmebedarfes nach EN 832
- STREICHER W., Sonnenenergie und Erdwärme, Vorlesungsskriptum, Institut für Wärmetechnik, TU- Graz, 1997
- STREICHER W., Teilsolare Raumheizung, Hrsg, Arge Erneuerbare Energie, Gleisdorf, Postfach 142, ISBN 3-90-1425-06-3
- VOSS K., Bauen mit der Sonne, Sonnenenergie, Theorie und Praxis der passiven Solarenergienutzung im Wohnungsbau, Sonnenenergie 1997, Nr. 3, S 24 - 27
- WEIK H. UND 5 MITAUTOREN, Sonnenenergie für eine umweltschonende Baupraxis, Solar-Architektur und Solar-Technik, Grundlagen und Anwendungen, 2. Auflage 1995, Expert-Verlag
- Sparsames Wahrzeichen, Das Düsseldorfer Stadttor, DBZ 1997, Nr. 8, S 81 - 85
- Form Follows Evolution Hochhaus RWE AG, Essen DBZ 1997, Nr. 8, S 31 - 38
- Bürogebäude mit Zweiter- Haut- Fassade in Wien, Glas 1996, Nr. 4, S 34 - 36
- AIT, Intelligente Architektur 2, 1995, S68-71 Architektur und Klimatechnik im Simulationstest
- AIT, Intelligente Architektur 3, Integrale Planung, S 40 - 45
- AIT, Intelligente Architektur 3, Integrales Bauen, S 36 - 39
- Umweltbundesamt, Energie- und Emissionsbilanzierung für Österreichs Städte, Fallstudie Graz Band 84, Wien 1997, ISBN 3-85457-338-3

16 Anhang  
Anhang A

# ENERGIEAUSWEIS für Gebäude

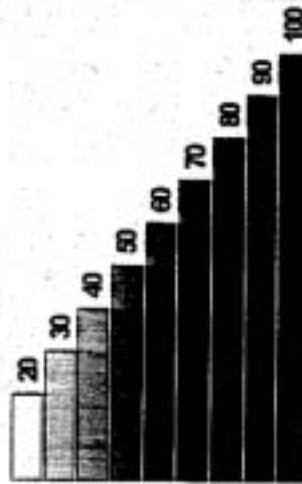
1.13. Anhang II



Einfamilien-Wohnhaus  
Facilite Energiesparer  
Energiesparweg I  
A-9999 ENERGIESPARHAUSEN

Amt der Kärntner Landesregierung  
Abteilung für Wasser-, Abfall- und Energierecht  
Klagenfurt, 1. Januar 1998

Energiekennzahl  
Niedriger Verbrauch



LEK-Wert

25

Hoher Verbrauch

Heizwärmebedarf, kWh/(m², Jahr) 46

Dokument 1/1998

ENERGIEAUSWEIS FÜR GEBÄUDE BERECHNUNGSSCHRITT: Heizung + Warmwasser + Geräte-Beleuchtung	
HEIZUNG	
1	HEIZWÄRMEBEDARF $Q_{H,1}$ Wärmeverluste - Wärmegewinne Transmission-Wärmeverlust $Q_{tr}$ (Wärmeschutz über Gebäudeteile)
2	Inhalts-Wärmeverlust $Q_{i,2}$ (Wärmeverlust über Fensterläden und Lüftung)
3	Solare Wärmegewinne $Q_{s,3}$ (über transparente Außenwände)
4	Innere Wärmegewinne $Q_{i,4}$ (Abstrahlung von Geräten und Personen)
5	HEIZWASSERBEDARF $Q_{H,5}$ $Q_{H,5} = Q_{H,1} + Q_{i,2} - (Q_{s,3} + Q_{i,4})$
6	Solare Wärme über aktives Solarsystem $Q_{s,6}$
7	HEIZENERGIEBEDARF $Q_{H,7}$ $Q_{H,7} = (Q_{H,5} - Q_{s,6}) / \eta_{H,7}$ ( $\eta_{H,7}$ = Jahreswirkungsgrad des Wärmeerzeugers)
8	BEHEIZSTOFFBEDARF $B_{H,8}$ $B_{H,8} = Q_{H,7} / \rho_{H,8}$
WARMWASSERBEREITUNG	
9	WÄRMEBEDARF FÜR WARMWASSER $Q_{H,9}$ HEIZENERGIEBEDARF $Q_{H,9}$ $Q_{H,9} = Q_{H,9} / \eta_{H,9}$ ( $\eta_{H,9}$ = Jahreswirkungsgrad des Wärmeerzeugers)
10	BEHEIZSTOFFBEDARF $B_{H,10}$ $B_{H,10} = Q_{H,9} / \rho_{H,10}$
11	STROMBEDARF FÜR ELEKTRISCHE GERÄTE UND BELEUCHTUNG $Q_{H,11}$
12	GESAMTER ENERGIEEINSATZ $Q_{H,12}$
13	GESAMTER BRENNSTOFFEINSATZ für Brauchwasser und Warmwasser, $B_{H,13}$
14	KOHLEN-DIOXID-EMISSIONEN, in kg/Jahr
15	SPEZIFISCHE ENERGIE- UND CO <sub>2</sub> - KENNWERTE FÜR DAS GEBÄUDE: Energiekennzahl und Kohlendioxidkennzahl

# ENERGIEAUSWEIS FÜR GEBÄUDE

Der Energieausweis für Gebäude kennzeichnet den Wärmebedarf für Raumheizung unter vorgegebenen Nutzungsbedingungen. Der Wärmebedarf für Raumheizung wird durch 2 Kenngrößen beschrieben: LEK-Wert und Heizwärmebedarf.

Der LEK-Wert - Liniener Europäischen Kriterien - kennzeichnet das Niveau des Wärmeschutzes eines Gebäudes in Bezug auf den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_m$  in  $W/(m^2 \cdot K)$  der gesamten Oberfläche und auf die Geometrie des Gebäudes als Verhältnis von beheiztem Volumen und umschlossener Oberfläche. Aus dem LEK-Wert werden die zu erwartenden Transmissions-Wärmeverluste abgeleitet.

Der Heizwärmebedarf ist die bei normierten meteorologischen Randbedingungen und Nutzungsgewohnheiten vom Heizsystem an das Gebäude abzugebende Wärme, die sich aus den Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten, abzüglich der nutzbaren internen Wärme- und Solargewinne über die Gebäudehülle, ergibt.

Der Energieausweis wurde für die folgenden Annahmen erstellt:

METEOROLOGISCHE DATEN			
Heizperiode: HDT, (K * Tage/Jahr)	3.700		
Sonneneinstrahlung I auf die vertikale Fläche $kWh/(m^2 \cdot Jahr)$	Solarfaktor $C_{solar}$ $kWh/(m^2 \cdot Jahr)$	Abschattung $\beta_{solar}$	
Süd	582	280	1,0
Süd-West/Süd-Ost	521	250	1,0
West/Ost	354	170	1,0
Nord-West/Nord-Ost	219	105	1,0
Nord	185	89	1,0
A INTERNE WÄRMEGEWINNE $q_{int}$ in $kWh/(m^2 \cdot Jahr)$			
Nutzwärme $q_{int}$ in $kWh/(m^2 \cdot Jahr)$		15	
LÜFTUNGS-WÄRMEVERLUSTE			
Luftwechselzahl, l/Standte (bezogen auf Brutto-Gebäudefachstum) spez. Wärme von Luft, $q_{ext}$ in $kWh/(m^2 \cdot K)$		0,4	
		0,33	

Die für die Ausstellung des Energieausweises erforderlichen Gebäudedaten wurden von einem dazu Befugten nach dem vom Institut für energetische Forschung und Fortbildung (IFF) an der Universität Klagenfurt herausgegebenen Rechenprogramm ermittelt.

Energieausweis für Gebäude  
Copyright © G. Engelert, IFF-Universität Klagenfurt,  
Version 1.0 (2/1997)

**ENERGIEAUSWEIS FÜR GEBÄUDE**  
ERGEBNISSE  
BLATT 13

$L_m$	$U_m$ $W/(m^2 \cdot K)$	$P_{LEK}$ $W/(m^2 \cdot K)$	$q_{ext}$ $kWh/(m^2 \cdot Jahr)$
1,235	0,27	0,67	59,13
<b>LEK</b>		<b>LEK<sub>ext</sub></b>	
25,42		19,61	

**LEK-WERT-BERECHNUNG**

Raumheizung			
Transmissions-Wärmeverlust	$Q_{tr}$ bzw. $q_{tr}$	$kWh/Jahr$	$kWh/m^2 \cdot Jahr$
Lüftungs-Wärmeverlust	$Q_{ext}$ bzw. $q_{ext}$	9.859	59,13
Solarwärme über Fenster	$Q_{solar}$ bzw. $q_{solar}$	5.833	33,78
Interne Wärmegewinne	$Q_{int}$ bzw. $q_{int}$	5.588	32,30
Heizwärmebedarf	$Q_{tr} + Q_{ext} - Q_{solar} - Q_{int}$ (HMB)	2.901	15,00
Solarwärme über Kollektoren	$Q_{solar,abs}$ bzw. $q_{solar,abs}$	7.005	45,81
Heizenergiebedarf	$Q_{tr} + Q_{ext} - Q_{solar,abs}$	8.006	48,01
Brennstoffbedarf	$B_{tr}$ in ME/Jahr	843	5,05
Kohlendioxid-Emission	$CO_{2,tr}$ in $kg/Jahr$ bzw. $kg/(m^2 \cdot Jahr)$	1.601	9,60

Warmwasserbereitung			
Wärmebedarf	$Q_{ww}$ bzw. $q_{ww}$	$kWh/Jahr$	$kWh/m^2 \cdot Jahr$
Solarwärme	$Q_{solar,ww}$ bzw. $q_{solar,ww}$	2.547	15,28
Energiebedarf	$Q_{ww} - Q_{solar,ww}$	1.800	10,80
Brennstoffbedarf	$B_{ww}$ in ME/Jahr	953	5,71
Kohlendioxid-Emission	$CO_{2,ww}$ in $kg/Jahr$ bzw. $kg/(m^2 \cdot Jahr)$	953	5,71
		238	1,43

Elektrische Geräte und Beleuchtung			
Strombedarf	$Q_{el}$ bzw. $q_{el}$	$kWh/Jahr$	$kWh/m^2 \cdot Jahr$
Kohlendioxid-Emission	$CO_{2,el}$ in $kg/Jahr$ bzw. $kg/(m^2 \cdot Jahr)$	2.420	14,51
		605	3,63

**GESAMTERGEBNIS**

Gesamtenenergiebedarf	$Q_{tr} + Q_{ext} + Q_{ww}$	$kWh/Jahr$	12.973	77,60
Kohlendioxid-Emission	$CO_{2,tr} + CO_{2,ww} + CO_{2,el}$		2.444	14,66
L: A3/Verhältnis in m <sup>2</sup> $P_{LEK}$ Maximaler Transmissionskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)$				
$P_{LEK} = LEK \cdot q_{ext} + 2q_{ext}(100 - L)$				
$q_{ext}^* = \text{Transmissionswärmeverlust in } kWh/(m^2 \cdot Jahr); q_{ext} = P_{LEK} \cdot HDT + HDT \cdot 0,024$				

## Anhang B

### Dienstleistungskomponenten von TRNSYS Version 13.1:

#### Verwaltung

Wetterdatenleser	Integrator	Konvergenzunterstützung
Zeitabhängige Lastfunktion	Feuchteumrechner	Wetterdatengenerator
Algebraischer Operator	Lastprofil im Jahresgang	
Strahlungsumrechner	Kollektorabschattung	

#### Gebäudemodelle

(Degree Day) k,A Gebäude	Überstände, Vorsprünge	Wintergarten
Einzonenmodell	Fenster	Dach Dachraum
Mehrzonenmodell	Speicherwand	

#### Strömung

Pumpe, Gebläse	Überdruck	Rohrleitung
3-Wegeventil, Mischer		

#### Kollektoren

Lineare Wirkungsgradkurve	Ein-zweiachsige Nachführung	Theoretischer CPC
Detaillierte Beschreibung	Theor. Modellkollektor	

#### Wärmespeicher

Geschichteter Speicher (fl.)	Algebraischer Speicher	Gesteinsspeicher
------------------------------	------------------------	------------------

#### Heiz- und Kühlkomponenten

Zusatzheizung (ein/aus)	Klimaanlage	Kühlschlange
Absorptionsklimaanlage	Kühlturm	Kältemaschine
Wärmepumpe		

#### Wärmetauscher

Gleich- und Gegenstrom	Kreuzstrom	Abwärmerückgewinnung
------------------------	------------	----------------------



**Steuerung und Regelung**

Hysterese	Raumthermostat, 3-Punkt	Mikroprozessorregler
-----------	----------------------------	----------------------

**Photovoltaik**

PV- Solarzelle	Batterie	Regelung / Inverter
Komb PV/therm.System		

**Kombinierte Systeme**

Flüssigkeitskollektor-Speicher	Luftkollektor- Speicher	Brauchwasseranlage
Thermosyphonanlage		

**Ausgabe**

Drucker	Histogramm- Plotter	Simulationssummierer
Plotter	Wirtschaftlichkeitsrechnung	

**Unterprogramme**

Daten Interpolierung	Differentialgleichungenlöser	View Factor
Matrizeninversion	Regression	

**Quelle:** SCHULER Mathias, TRNSYS Kurzbeschreibung

## Anhang C

# Evaluation

### **Simplicity and comprehensibility**

Compared to the traditional computer simulation programs within the field of energy design, this program offers a much, much simpler and more user friendly interface. In general, data may be entered quickly and easily, and the outputs are clear and easy to interpret. One exception is the hourly lighting and energy profiles which are somewhat hard to grasp due to the fact that a lot of information is displayed simultaneously. Also, it is quite difficult to understand how the daylighting analysis is carried out, and how the zoning, aperture placement and control point placement is configured. This could be greatly simplified by adding a graphical (2D and 3D) presentation of the geometrical layout, showing the placement of apertures and control points within the zones.

The listing of energy efficient measures to apply help guide the user where to look for energy saving potential, and give a quick overview of available options. However, this requires that all possible energy efficient options are included. Otherwise, important measures could be left out. Also, in principle, the rank function is a good idea in order to give a quick overview of what measures are most efficient. However, care must be taken in using this function, due to the fact that all possible energy efficient options are not included, and all possible effects of the measures are not being evaluated. Also, there is a missing link from what is good for the artificial shoebox to how to implement this in the actual building. Still, the rank function works well as a means to get ideas about what direction to go, what to investigate further.

### **Suitable information**

It is a question whether the five inputs required to start a simulation (location, building type, floor area, number of stories, and HVAC system type) are the most relevant for the early design stage. Probably, only the building type and location have been decided at this stage. There may also be some idea of the desired floor area and the number of stories, but these parameters may definitely be subject to change. The HVAC system type should probably not be an input in the early design stage, as it is not normally an issue until later in the design process. Important parameters such as building orientation, shape, and façade layout, are "hidden" in the default settings. Indeed, the program offers the user the possibility to investigate into the default settings, and to change them if he likes. However, by putting the 5 parameters up front, the program signals that these are the main parameters for evaluation in the early design stage, which may not be the case.

The program then goes on to calculate energy consumption, power demand, heat flows, cost and emissions of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> for the typical building and the low energy case. The results are presented side-by-side in graphs and in numbers. This gives the user an indication about how a typical building of his type will perform, and how much he can save by different low energy measures. Based on this, he rank order strategies and set performance goals for his building. The information presented are absolutely relevant for the early design stage, and are presented in a way that is quick and easy to grasp. However, in a later design stage, the user may wish to get additional information such as temperature and daylight profiles in order to evaluate comfort issues. These outputs are missing in the current version of the program.

## **Completeness**

As mentioned under flexibility, some energy efficient measures are lacking. Two very important ones are movable shading and exhaust air heat recovery. These measures are very common in commercial buildings, and should definitely be included. Also, the possibility to model different building shapes and floor plans is strongly missed.

A major advantage of Energy-10 is that the analyses are fully integrated – all of the interactive effects are accounted for in the simulations. For example, the cooling load reductions that are a result of dimming lights in a daylit building are taken into account.

## **Documentation**

Documentation of different design alternatives is facilitated through the possibility to make printouts or copies of the output graphs. The results may easily be transferred to word processor, and may thus be an integrated part of the project documentation. However, a detailed listing of the input is missing. It is possible to get a "simulation report", but this contains a rather cryptic listing of inputs and outputs.

## **Visual quality**

The input graphics of the program are very good, the menus are in a typical window environment format, the input boxes are not overloaded with information, the data are easy to interpret, and the colors are nice. The same is the case for the output graphics, except that the hourly data are a little confusing due to much information on the same graphs.

**Anhang D****IEA TASK 23 SUBTASK C: SURVEY OF DECISION MAKING METHODS AND TOOLS**

---

**Name of method/tool:****DK - SOLAR V 3.22****Type of tool:**

- computer program. If it is an analysis program, what is the technique used (*simulation, bin method, etc*)?...Simulation
- multi-criteria decision making method
- design guideline
- other (*Please elaborate*)

**Where developed and by whom:**

Delzer - Kybernetik, Ritterstraße 51, D - 79541 Lörrach, germany

*Fill in this information for tools that are used locally or not widely recognized. This can be left blank if the tool is widely known.*

**General description:**

Dynamical simulation of buildings and sun collectors with different temperature areas, air heating, water heating, cooling, controlled ventilation, air collectors, climated generator, heat exchanger, layered heat storages

*Add specifics that help describe the nature of the tool.*

**Availability:**

Ingenieurbüro Eisl, Tel.: 0049-7621-948048  
Fax.:0049-7621-948049

*(Can it be bought? If so, from where/who?)*

**Language used:**

German

**Computer requirements** *(For computer programs):*

PC with DOS, Win 95 or Win NT, 6 MB free hard Disk, 2 MB RAM

**Low energy and solar systems the method/tool can analyse:**

*(Note all that the method/tool can handle)*

- Energy conservation techniques:
  - X - Insulation/glazing: all types
  - X - Heat recovery: all types
    - Heat pumps:
  - X - Advanced control systems:
  - X - Natural/mechanical ventilation:
    - Other:.
- Passive solar systems:
  - X - Direct gain systems:.
  - X - Solar walls:
  - X - Sunspaces/Atria
  - X - Short term storage:
    - Daylighting systems:.
  - X - Natural cooling:.
  - Other:
- Active solar systems:
  - X - Air collectors:
  - X - Water collectors:
  - X - Seasonal storage:
    - Other:.
- Photovoltaic systems:
- Other *(which ones?)*:

**Type of decisions for which it is used:**

Fax optimisation of the architect's design at an early stage to improve the energy balance and the comfort of the building

*(Is it used by architects/designers of buildings?, At what stage of design?)*

**Decision making method used:**

Energy balance calculation

*(I.e. rules of thumb, simple rank, life-cycle cost, voting, energy balance calculation, etc.)*

**Advantages/Disadvantages:****User experiences** *(If any):*

Good conformity between simulation and reality. Quick understanding of the

tool, wide range of questions can be responded.

**Criteria used in the decisions:**

*(Note all that the method/tool can handle)*

- Annual energy use: yearly, monthly, daily energy profiles
- Annual energy cost:
- Construction cost: proces for all items can be used
- Operation and maintenance cost:
- Life cycle cost:
- Maintainability:
- Thermal comfort: temperature statisticals are present
- Visual comfort:.
- Indoor air quality:
- Materials and resource use:
- Environmental impact: CO<sub>2</sub> emission is calculated
- Flexibility:
- Aesthetics:
- PR value:
- Regulations:
- Other (*which ones?*): energy estimations with power balance (differential method)

*Energy: Please indicate whether the tool can output yearly (ie kWh/yr), monthly (kWh/month) or daily energy profiles (peak loads). Also, please indicate what models are used for the energy estimations, i.e. transfer function method, rules of thumb, etc.*

*Economy: Please indicate what type of economic calculations that can be done, i.e. present value of energy savings, life cycle costs, etc.*

*Environment: Please indicate what type of environmental analyses that can be done, i.e, what parameters that are included (ie. ozone depletion), weighting methods, etc.*

*Comfort/health: Please indicate what type of analyses that can be done, i.e. Fanger's comfort model, etc.*

*Aesthetics: Please indicate what parameters that can be included, and how they are treated (methods).*

**Name of person filling this form:**

Hans Hatt, Delzer Kybernetik  
03.09.98

**DELZER**

KYBERNETIK

Ritterstraße 51

D-79541 Lörrach

Tel: +(0)-7621/9577-0

Fax: +(0)-7621/9577-20

e-mail: sdelzer@regio3.de

**DK-SOLAR****ein dynamisches Simulationsprogramm für Gebäude mit  
Transparenter Wärmedämmung und Kollektoranlage zur  
Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung**Besonderheiten:

- Simulation von Wänden mit *Transparenter Wärmedämmung*
- Simulation von Wänden, Fußböden und Decken mit integrierter *Hypokauste*
- *Energiefassaden* mit Luft als Wärmeträger
- Vorgebarer *Zuluftweg* über Erdwärmetauscher, Wärmerückgewinnung, Energiefassade und Hypokauste
- Eingabe von *Wochenprogramm* und *Ferienzeiten* für die Heizungsanlage
- Berechnung der *Brauchwassernetzverluste* mit und ohne *Zirkulation*
- *Komplette Kostenrechnung* für Gebäude und Kollektoranlage
- *Parallele Simulation von Gebäude und Kollektoranlage zur genauen Berücksichtigung der solaren Gewinne und der Wechselwirkungen von Kollektoranlage und Gebäudeverhalten.* Die Simulation einer solaren Heizungsunterstützung anhand einer Heizungskennlinie o.ä., wie sie in manchen Simulationsprogrammen für Kollektoranlagen eingebaut ist, liefert nur für energetisch schlechte Gebäude halbwegs genaue Ergebnisse. Bei Niedrigenergiehäusern und vor allem im Bereich Solararchitektur spielt das Gebäudeverhalten eine entscheidende Rolle für die Notwendigkeit und die Möglichkeit der Energieeinspeisung von Kollektoranlagen in den Heizungskreislauf. Zudem zeigt sich, daß die Wärmeverluste der Warmwasser- und Pufferspeicher einer Kollektoranlage den - ohnehin geringen - Heizenergiebedarf eines Niedrigenergiehauses in nicht unerheblichem Maße senken kann. Für Niedrigenergiehäuser und im Bereich Solararchitektur ist die parallele Simulation von Gebäude und Kollektoranlage daher unbedingt notwendig!
- *Flexible Eingabemöglichkeit sehr effektiver Regelungsstrategien<sup>1</sup> für verschiedene Mehrspeichersysteme.* Die Beladung der einzelnen Speicher erfolgt dabei unter Berücksichtigung der klimatischen Randbedingungen, der Verbrauchsdaten und der Charakteristiken der gesamten Anlage. Die vom Kollektorkreislauf bereitgestellte Energie wird dadurch in optimaler Weise genutzt. Der solare Deckungsanteil einer Kollektoranlage kann z. B. von 50% bei einem 1-Speicher-System auf 75% bei einem 3-Speicher-System gesteigert werden.
- Spezielle Kundenwünsche können im Programm berücksichtigt werden. Bei entsprechender Nachfrage kann das Programm im Laufe des Jahres mit

<sup>1</sup> Dieser Regler ist Teil des "Salomo Energiemanagers", unseres auf einem Mikrokontroller realisierten Energiemanagementsystems

zung. Dabei ist zu beachten, daß das aufzuwärmende Kaltwasser, dem Temperaturverlauf der Speicher folgend, nacheinander durch alle Speicher fließt.

- dynamische Simulation von Schichtenspeichern mit bis zu neun Temperaturschichten
- flexible Eingabemöglichkeit sehr effektiver Regelungsstrategien für verschiedene Mehrspeichersysteme
- detaillierte dynamische Berechnung der Einzelkomponenten (ausblendbar)
- parallele Simulation von Gebäude und Kollektoranlage führt zur Berücksichtigung der solaren Gewinne für das Gebäude und deren Wechselwirkungen mit der Gebäudehülle
- Optimierung der solaren Heizungsunterstützung auf Heizungssystem und Gebäude
- Kollektoren können in die Hüllfläche integriert, d.h. Teile der Kollektorverluste fließen in die Hüllfläche, oder freistehend simuliert werden

#### Darstellung der Ergebnisse

- Auswertung nach Wärmeschutzverordnung
- momentane Werte der Raum- und Wandtemperaturen, der Heizleistung, ...
- Grafische Ausgabe der Ergebnisse parallel zur Simulation (Online-Grafik)
- monatlicher und jährlicher Heizenergiebedarf, maximale Heizleistung, Kühlenergiebedarf, Kühlleistung
- Heizleistungsstatistik zur Auslegung von Kraft-Wärmekopplungsanlagen
- Behaglichkeitsstatistik mit Zegerscheinungen
- Aufschlüsselung der jeweiligen Verluste und Gewinne
- solare Erträge für die Warmwasserversorgung und Heizungsunterstützung

#### Validierung:

Ein detaillierter Vergleich der Simulationsergebnisse mit bestehenden Gebäuden wurde durchgeführt. Bisher wurden über 200 Neu- und Altbauten mit **DK-SOLAR** berechnet und dabei stimmten immer tatsächlicher und simulierter Heizenergieverbrauch und Gebäudetemperaturen gut überein. Die Simulation der Kühlung von Bürogebäuden wurde mit den VDI-Richtlinien verglichen und zeigt auch gute Übereinstimmung. **DK-SOLAR** wird bereits an mehreren wissenschaftlichen Instituten und Hochschulen eingesetzt.

#### Hardwarevoraussetzungen:

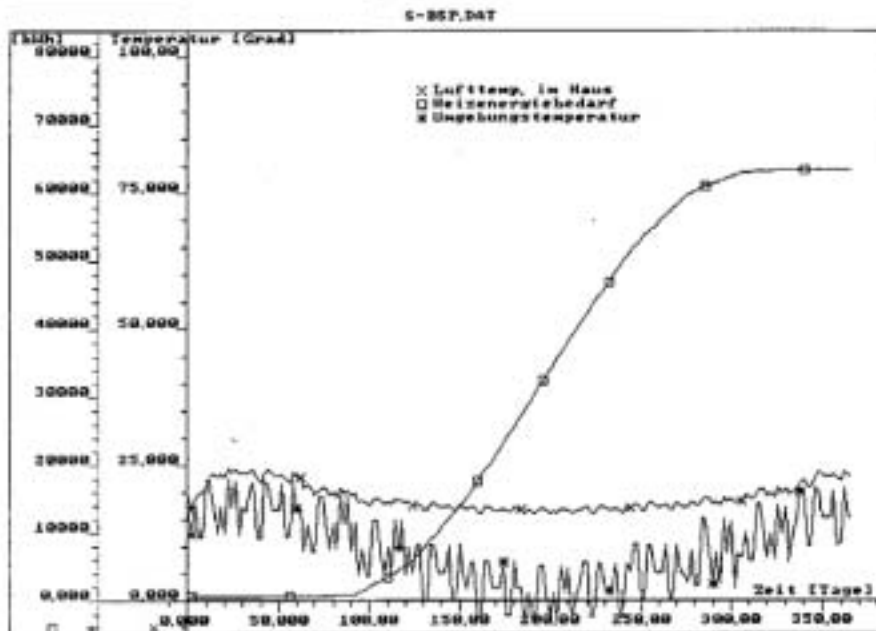
PC mit MS-DOS

#### Vertrieb:

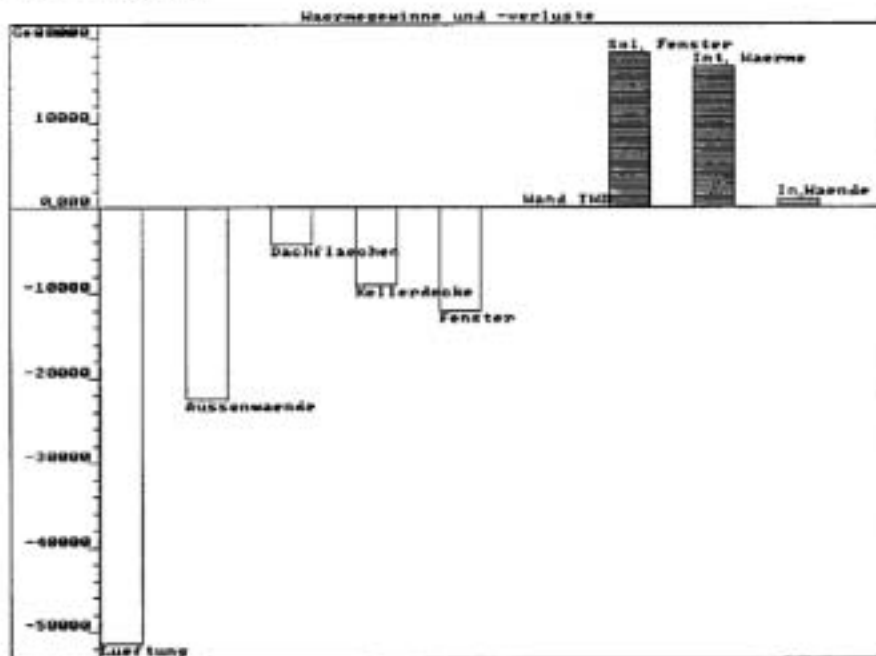


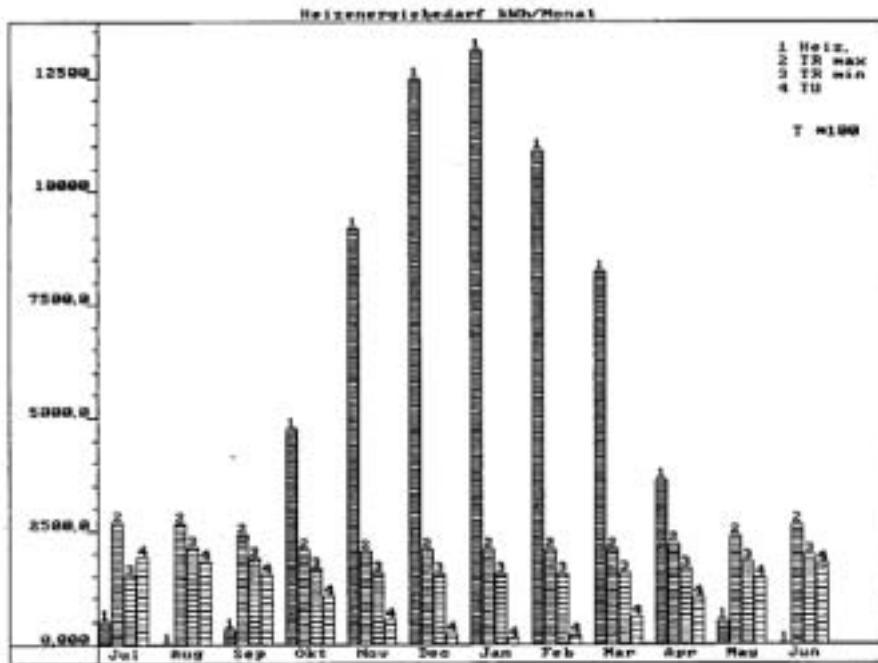
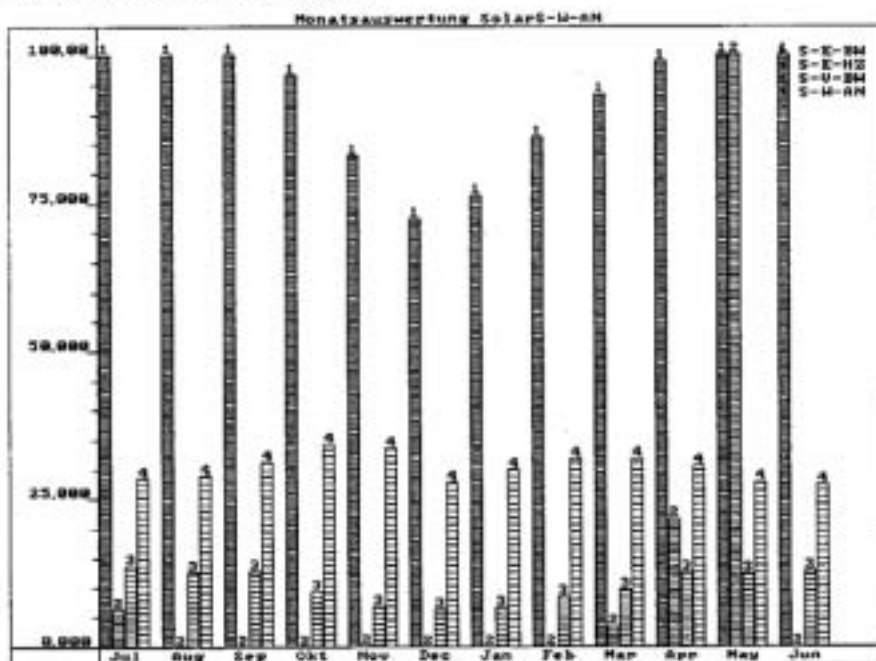


Online-Grafik:



Jahresauswertung:



Monatsauswertung Gebäudeteil:

Monatsauswertung Solaranlage:






# **Optimierung des Planungsprozesses**

**Themenheft**

Autorinnen

Wibke Tritthart  
Susanne Geissler

am 27.12.2001

## Optimierung des Planungsprozesses

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>QUALITÄTSSTEIGERUNG DURCH PLANUNG IM TEAM .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>TASK 23 DESIGN GUIDELINE FÜR DIE PLANUNG IM TEAM .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>IEA TASK 23 NAVIGATOR.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>AN WEN RICHTET SICH DER NAVIGATOR?.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>DER NAVIGATOR ALS SOFTWARE DES BAUENS .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>DIE PLANUNG GRÖßERER SOLAROPTIMIERTER GEBÄUDE IN ÖSTERREICH: EIN STIMMUNGSBILD .....</b>	<b>16</b>
7.1	DIE ROLLE DER AUFTRAGGEBER (BAUHERRN).....	16
	<i>Die Auswahl des Entwurfes.....</i>	<i>17</i>
	<i>Die Auswahl der Energieträger .....</i>	<i>19</i>
	<i>Der Umgang mit alternativen Lösungsvorschlägen und Varianten.....</i>	<i>20</i>
7.2	DIE ROLLE DER ARCHITEKTEN .....	22
7.3	KOMMUNIKATION .....	24
7.4	KOSTEN .....	25
7.5	HEMMNISSE FÜR DIE INTEGRALE PLANUNG SOLAROPTIMIERTER GEBÄUDE.....	27
<b>8</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE AUFTRAGGEBER (BAUHERRN) .....</b>	<b>30</b>
<b>9</b>	<b>OPTIMIERUNG DER FRÜHEN PLANUNGSPHASEN .....</b>	<b>32</b>
9.1	VORABPLANUNG - VORABOPTIMIERUNG .....	32
9.2	KLÄRUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN .....	33
9.3	VORENTWURFSPHASE.....	35
9.4	UMSETZUNG DER OPTIMIERUNG DER FRÜHEN PLANUNGSPHASEN.....	37
<b>10</b>	<b>QUELLEN .....</b>	<b>38</b>

## Optimierung des Planungsprozesses



## 1 Einleitung

Soll ein solaroptimiertes, ressourcenschonendes und emissionsarmes Gebäude errichtet werden, so ist die Phase der Klärung der Rahmenbedingungen und die Vorentwurfsphase von entscheidender Bedeutung. In diesen Phasen des Planungsprozesses fallen wichtige Entscheidungen, welche das Spektrum der möglichen haustechnischen Lösungen wie auch der Energieeffizienzmaßnahmen einschränken.

In Österreich werden Energieplaner üblicherweise erst in die Planung einbezogen, wenn die für die Solaroptimierung wichtigen Entscheidungen bereits gefallen sind, beispielsweise die Orientierung des Gebäudes, die Kompaktheit des Gebäudes (Volumen-Oberflächen-Verhältnis) und statisches Konzept. Das bedeutet aber, dass für Optimierung wenig Spielraum bleibt und in den meisten Fällen lediglich „Schadensbegrenzung“ betrieben wird: der Energieplaner hat nur mehr die Möglichkeit, das Beste aus den gegebenen Umständen zu machen - es ist zu spät, Lösungen vorzuschlagen, die in Zusammenarbeit mit dem Architekten entwickelt werden müssen. Damit bleiben Potenziale für die Energie- und Emissionsreduktion ungenützt, die sich über die Jahre in Form von Betriebskosten und Umweltbelastungen bemerkbar machen.

Für die gesamtheitliche Optimierung eines Gebäudes ist die Planung im Team (hier als Synonym für „Integrale Planung“ verwendet) erforderlich. Die Vorteile liegen auf der Hand: weniger Energiekosten und Emissionen während des Gebäudebetriebs bei höherem Nutzerkomfort und damit besserer Verwertbarkeit.

Dennoch bestehen massive Umsetzungshemmnisse für die Planung im Team, teilweise bedingt durch die bestehenden Rahmenbedingungen wie beispielsweise die Honorarordnung für Architekten (GOA): die gerade für solaroptimiertes Bauen wichtige Phase der „Klärung der Rahmenbedingungen“ ist in der österreichischen Honorarordnung (im Gegensatz zur deutschen HOAI) nicht enthalten und muss von den Planern zusätzlich reklamiert werden. Weitere wichtige Barrieren sind mangelnde Weiterbildungsmöglichkeiten für Haustechniker, fehlende Prozess-Guidelines (Anleitungen für den Planungsprozess) oder die Tatsache, dass Architekten und Ingenieure unterschiedliche Arbeitsansätze („Bilder-Zeichnen“ versus „Zahlen-Rechnen“) und „Sprachen“ benützen, was den interdisziplinären Kommunikationsprozess erschwert.

Ausschlaggebend für die zögerliche Verbreitung ist aber die mangelnde Bereitschaft der Auftraggeber, in einen umfangreicheren Planungsprozess zu investieren. Planung im Team kann zwar teurer sein; diese Kosten amortisieren sich aber schnell durch die höhere Qualität des Gebäudes, welche geringere Energie-, Betriebs- und Reparaturkosten sowie eine bessere Verwertbarkeit nach sich zieht. Dieses Bewußtsein ist einerseits nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß vorhanden, andererseits sind vor allem öffentliche Auftraggeber in dem Dilemma gefangen, dass das Argument „höhere Planungskosten vermindern Kosten während des Betriebs“ nicht zutrifft, wenn jene Stelle, welche die Planung und Errichtung beauftragt, für die Betriebskosten nicht mehr zuständig ist.

In diesem Themenheft wird einerseits der „NAVIGATOR“ für den integralen Planungsprozess vorgestellt, der im Rahmen der IEA Task 23 als Hilfsmittel für den Planungsprozess erarbeitet wurde.

Mit dem NAVIGATOR liegt die Grundlage für das „Management“ von integralen Planungsprozessen für größere Gebäude vor, was die breitere Anwendung der Planung im Team unterstützen soll.

Vor allem für Auftraggeber besteht damit die Möglichkeit, Prozesse zu dokumentieren und damit Erfahrungen für neue Projekte übertragbar zu machen. Im Anschluss an die Beschreibung des NAVIGATORS geben wir ein Stimmungsbild zur Planung solaroptimierter größerer (Büro)Gebäude in Österreich. Abschließend stellen wir ein Projekt vor, das als Folgeaktivität der IEA Task 23 entwickelt wurde.

## 2 Qualitätssteigerung durch Planung im Team

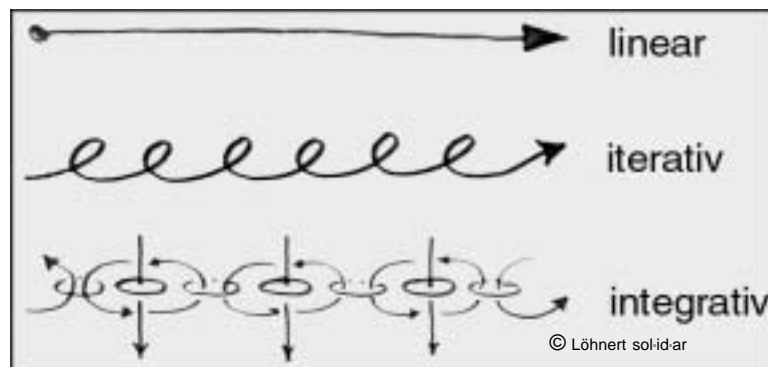
Ganzheitliche und nachhaltigkeitsorientierte Gebäudeplanung ist ein wichtiges Instrument zur kostenneutralen Qualitätssteigerung im Hochbau - notwendig dafür ist ein interdisziplinäres Planungsteam als kompetenter Partner des Bauherrn. Das ist die Erkenntnis jahrelanger Erfahrungen bei der Planung und Errichtung ressourceneffizienter und emissionsarmer Gebäude. Bei einer Reihe von Demonstrationsbeispielen im In- und Ausland ist diese Erkenntnis mittlerweile mehrfach überzeugend dokumentiert (z.B. im Förderkonzept SolarBau, den Case Studies in GBC98-Projekt sowie den Case Stories der IEA Task 23) (Löhnert 2001).

Eine mehr oder weniger durchgehende Kostenplanung ist in der traditionellen Gebäudeplanung eine selbstverständliche Aufgabe. Eine ganzheitlich ansetzende Planung, welche die Kriterien Energieeffizienz, Umweltentlastung und Ressourcenschonung konsequent berücksichtigt, bildet dagegen immer noch die Ausnahme in der gängigen Planungspraxis. Hauptverantwortlich dafür ist die fehlende Erfahrung und mangelnde Kenntnis vieler Planungsakteure und Bauherrn über die unmittelbaren Vorteile, die mit einer qualifizierten, interdisziplinären Planung verbunden sind; in Österreich stellt die geltende Honorarordnung eine zusätzliche Barriere dar.

Anders als beim herkömmlichen, linearen und eher arbeitsteiligen Planungsprozess müssen Architekt und Fachplaner im ganzheitlichen, integralen Planungsprozess von Anfang an Hand in Hand arbeiten und in interdisziplinärer Weise ein gemeinsames, integratives Gebäudekonzept erstellen. Das setzt einen aufgeschlossenen Bauherrn, an Energieeinsparungen interessierte und qualifizierte Planer sowie über die technischen Möglichkeiten informierte Handwerker voraus.

Abbildung 1 stellt die unterschiedlichen Herangehensweisen in der Planung vereinfacht dar. Während es bei der linearen Vorgangsweise wenig Rückkopplung und Kommunikation unter den Planungsbeteiligten gibt, kommt es bei der iterativen Herangehensweise zu Diskussionen mit anderen Beteiligten, die zur Überarbeitung der eigenen Ansätze führen. Im Unterschied dazu erarbeiten beim integralen Planungsprozess die beteiligten Fachleute Lösungen von Beginn an gemeinsam. Dadurch kommt es zu Synergieeffekten, die sowohl Kosten wie Umweltbelastungen einsparen und den Nutzerkomfort erhöhen können.

Abbildung 1: Linearität – Iteration – Integration (Quelle: Löhnert 2001)



Folgende Tatsachen fordern geradezu eine integrale planerische Auseinandersetzung:

- Gebäude werden komplexer, die Zahl von Planungsfaktoren und Schnittstellen steigt stetig an.
- Ausbaustrukturen werden umfangreicher und technisch komplexer.
- Der Zeit- und Kostendruck in der Planung und Realisierung nimmt ständig zu.
- Die Organisationsstruktur wird zunehmend komplexer, bei den Planungsbeteiligten treten heterogene, konkurrierende Interessen auf.
- Interne und externe Projektparameter bzw. Anforderungen (Markt, Ziele, Struktur) ändern sich während des Vorhabens.

Integrale Planung ist nicht neu, der Schweizerische Ingenieur- und Architekten-Verein hat bereits 1991 und 1993 Fachtagungen zum Thema „Integrale Planung“ durchgeführt. Stulz (1991) beschreibt Integrale Planung (IP) wie folgt:

- IP ist eine Planungsphilosophie, die es gestattet ein Bauvorhaben optimal zu verwirklichen, unter Berücksichtigung aller Aspekte moderner Bau- und Installationstechnik.
- Der Schwerpunkt der IP liegt bei der Team-Arbeit und bei einer langfristigen Betrachtung des Gebäudes.
- IP verwendet je nach Bedarf gezielt alle modernen Planungshilfsmittel.
- Es gibt nicht einen einzelnen integralen Planer sondern nur ein Team, das durch gute Zusammenarbeit integral plant.

Der Begriff „Integrale Planung“ wird mittlerweile, unter anderem aus marktstrategischen Gründen, fast inflationär gebraucht. Es werden aber sehr unterschiedliche Vorstellungen damit verbunden; nicht jede individuelle Interpretation garantiert eine erfolgreiche und zieladäquate Umsetzung der Planung, der Realisierung und des Gebäudebetriebs (Löhnert 2001).

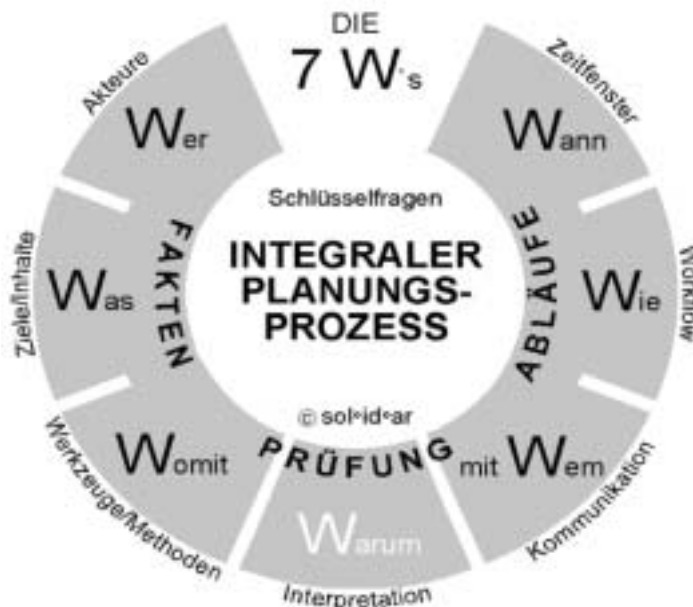
Hier verwenden wir den Begriff der Integralen Planung im Sinne der oben genannten Beschreibung und definieren ihn genauer mit Hilfe der „7Ws“. Die „7Ws“ sind die Schlüsselfragen der integralen Planung und stellen gleichzeitig elementare Prozessbestandteile dar. Ihre Relevanz und Konstellation und damit ihre detaillierte Beantwortung ist projektspezifisch unterschiedlich und von den individuellen Planungszielen und dem jeweiligen Planungsstand abhängig. Sie lassen sich in drei Ebenen abbilden und sind Teil eines komplexen Wirkungsgefüges:

Tabelle 1: Prozessbestandteile der Integralen Planung (Quelle: Löhnert 2001)

<b>FAKTEN</b>	
WER	beschreibt die an Planung und Umsetzung des Projektes beteiligten Akteure: Bauherr und Planer, Nutzer und andere Externe, deren fachliche und vertragliche Einbindung sowie deren Abhängigkeit
WAS	umschreibt qualitative und quantitative Ziele, zu definierende Planungsinhalte im allgemeinen sowie insbesondere die Nachhaltigkeitsprinzipien im Kontext mit Zielwerten und den dazu notwendigen Leistungsbildern für die involvierten Akteure
WOMIT	identifiziert und beschreibt geeignete Methoden, Werkzeuge,

	Hilfsmittel und Instrumente sowie Aktivitäten, die projektimplizierte Arbeitsschritte und Planungsziele unterstützen und bewerten
<b>ABLÄUFE</b>	
WANN	bezeichnet die Planungsphasen, die Zeitpunkte von Planungsentscheidungen und Ergebnisdokumentationen, die „Knackpunkte“ und Meilensteine im Planungsablauf sowie die organisatorischen, management-, finanzierungs- und nutzungstechnischen Zeitfenster und zeitliche Zielgrößen im Planungsprozess
WIE	umfasst sämtliche Strategien und Wege des Managements, der Steuerung des Prozessablaufs, Qualität der Kommunikation und Entscheidungsfindung und Optimierung um das definierte Planungsziel durch Workflows zu erreichen.
Mit WEM	beschreibt notwendige inhaltliche und kommunikationstechnische Wechselbeziehung sowie den Leistungsaustausch unter den Akteuren
<b>ÜBERPRÜFUNG</b>	
WARUM	hinterfragt und prüft und stellt die Interpretation der Planungsintentionen und Entscheidungen dar, analysiert (Hinter)Gründe für inhaltliche Ziele, diagnostiziert Restriktionen und Änderungen, bereitet Variantenbildung und Alternativen sowie deren Optimierung als Entscheidungsgrundlage vor

Abbildung 2: Die 7 Schlüsselfragen zur Organisation und Umsetzung der Integralen Planung als Prozess (Quelle: Löhnert 2001)



Die 7 Schlüsselfragen zur Organisation und Umsetzung der Integralen Planung als Prozess müssen projektbegleitend in allen Phasen und Arbeitsschritten des dynamischen Prozesses iterativ integriert werden, da es für Antworten kein generelles Rezept gibt - sie können nur in der projektspezifischen Konstellation erfolgen.

Damit wird auch deutlich, wo die Schwierigkeiten der Integralen Planung liegen: es gibt keine einfach verwendbare Rezepte, sondern das Planungsteam muss für den jeweiligen speziellen Fall die optimale Lösung erarbeiten. Für die erfolgreiche Umsetzung ist nicht nur prozesstechnisches Know-how sondern auch ein funktionierender interdisziplinärer Kommunikationsprozess erforderlich.

### 3 Task 23 Design Guideline für die Planung im Team

In IEA Task 23 „Optimisation of Solar Energy Use in Large Buildings“ wurden Planungsmethoden, Honorarstrukturen, „Case Stories“ von Gebäuden und Planungswerkzeuge in den beteiligten Ländern analysiert.

Die Bearbeitung des Themas Planungsprozess machte dabei deutlich, dass gerade wegen der hohen Komplexität und der wenigen Möglichkeiten zur Verallgemeinerung eine Orientierungshilfe zur Gestaltung des Planungsprozesses dringend notwendig ist. Ein Leitfaden ist erforderlich, wenn die Ziele der Nachhaltigkeit nicht nur bei Einzelgebäuden demonstriert sondern in die generelle Planungspraxis eingeführt werden sollen. Nur so kann eine Breitenwirkung zur Qualifizierung der Planungs- und Baukultur erreicht werden.

Für den Integralen Planungsprozess gibt es keine Rezeptur, da ein Gebäude - im Gegensatz zu einem industriell gefertigten Produkt - das individuelle Ergebnis von vielschichtigen Planungsfaktoren, Zielen, Einflussgrößen, Planungsvoraussetzungen und Entscheidungsdimensionen aller am Planungsprozess Beteiligter ist und die Rahmenbedingungen national-, landes- und sogar regionalspezifisch unterschiedlich sind. Gleichzeitig gibt es jedoch Merkmale und typische Problemfelder im Planungsprozess, die es erlauben, eine generische Prozessstruktur mit Empfehlungscharakter zu entwickeln. Diese Struktur erlaubt nationale Adaptionen aber auch die Nutzung für den individuellen Planungsprozess, der damit aufgebaut, modifiziert, optimiert und dokumentiert werden kann.

Für eine effiziente Implementierung der Integralen Planung braucht der Planer ein „Frühwarnsystem“, welches dazu geeignet ist, bei auftretenden Problemen rechtzeitig Gegen- oder Vermeidungsstrategien auszulösen. Dieses Instrument muss gewährleisten, dass zu jedem Zeitpunkt des Prozesses die Ziele der Nachhaltigkeit in die Planungs- und Entscheidungsfindungsprozesse integriert werden.

Die Komplexität der Gebäudeplanung zeichnet sich aus durch vielfältige Wechselwirkungen von unterschiedlichen und oft widersprüchlichen Projektzielen, Qualifikationen der Planungsbeteiligten, ökonomisch-ökologische Zielkonflikte und planungsrechtliche Rahmenbedingungen im Kontext rationaler und irrationaler Entscheidungen von Planungsverantwortlichen.

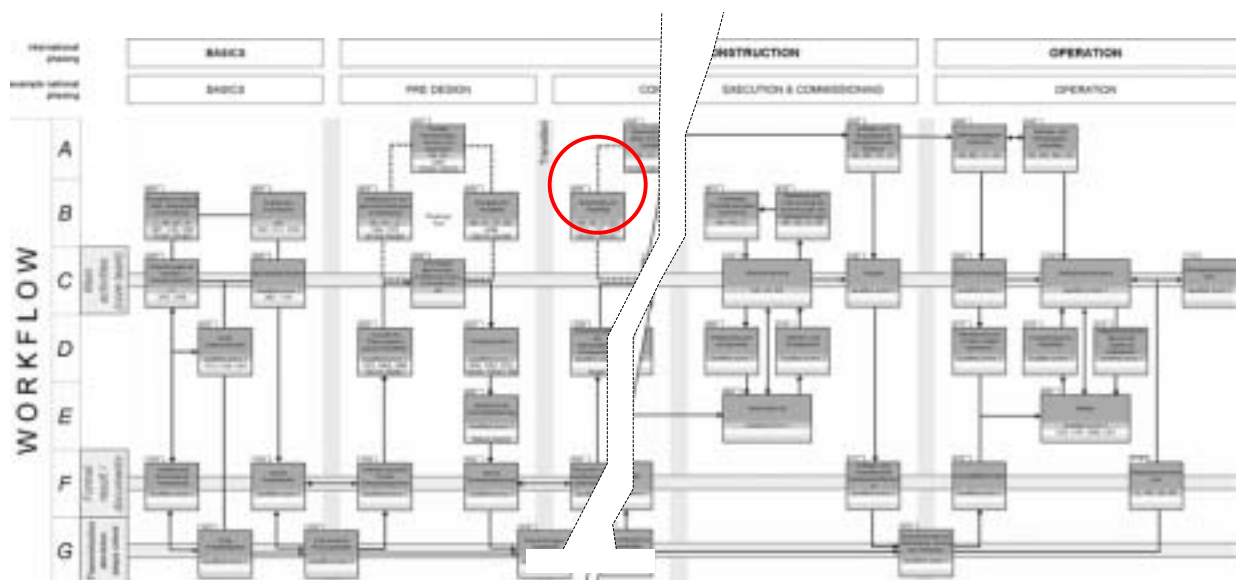
Die Fülle von Interdependenzen mit den zugehörigen Informationen und Empfehlungen muss zwangsläufig zu einem soliden, datenbank-basierten Instrument führen, das auch die notwendige Offenheit und Flexibilität für sinnvolle Schnittstellen und externe Links sowie die Möglichkeiten für eine individuelle Projektadaption sicherstellt.

Als Ergebnis dieser Überlegungen wurde in Task 23 ein Leitfaden für den Planungsprozess in Form einer Broschüre und der „Navigator“ als edv-basiertes Planungsinstrument erarbeitet.

## 4 IEA Task 23 NAVIGATOR

Der NAVIGATOR bildet die prozessuale Dimension der Planung grafisch ab, d.h. den Ablauf von der ersten Bauidee bis zum Abschluss des Projektes einschließlich seiner ersten Betriebsphase („Workflow“) (siehe Abbildung 3). In Anlehnung an die Leistungsphasen der deutschen Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) wird der Planungsprozess in einzelne Sequenzen unterteilt, die jeweils spezifische, dem Planungsfortschritt entsprechende Aufgaben beinhalten. Neben der Zuordnung der Aufgaben ist deren Abfolge und Abhängigkeit ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung des NAVIGATORS. Aber auch die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen sind für den Planungs- und Bauprozess von großer Wichtigkeit, da sie für bestimmte Aspekte den „point of no return“ bedeuten.

Abbildung 3: Schematische Gesamtstruktur (Ausschnitt) des generischen Planungsprozesses über alle Leistungsphasen als Basis-Layer zur individuellen Anpassung für die nationale Ebene, Betriebs- und Projektebene (Quelle: Löhnert 2001)



Nach der deutschen Honorarordnung für Architekten und Ingenieure ist der Planungsprozess in folgende Phasen untergliedert (HOAI 1996):

- Klärung der Rahmenbedingungen
- Vorentwurf
- Entwurf
- Einreichung
- Ausführungsunterlagen
- Ausschreibungsunterlagen
- Geschäftliche, technische und künstlerische Oberleitung
- Bauaufsicht
- Gebäudedokumentation



Diese Planungsphasen entsprechen im wesentlichen den Phasen der österreichischen Honorarordnung für Architekten (GOA 1998), allerdings mit zwei wichtigen Unterschieden: die „Klärung der Rahmenbedingungen“ als wichtige Phase für das solaroptimierte Bauen ist in Österreich nicht als Planungsphase enthalten, ebensowenig die Gebäudedokumentation, die für die Gebäudebewirtschaftung essentiell ist.

Für die praktische Umsetzung bedeutet das, dass in Österreich Überzeugungsarbeit notwendig sein wird, damit im Rahmen eines Auftrags Budget für die Bearbeitung dieser Planungsphasen zur Verfügung gestellt wird. Eine Darstellung der Planungsprozesse nach HOAI und GOA ist im Anhang enthalten.

Im NAVIGATOR sind den einzelnen Abschnitten des Planungsprozesses Themenboxen zugeordnet, von denen Links in die mit Hintergrundinformation gefüllte Datenbank führen. Die folgende Abbildung zeigt die Themenbox „Modularität und Flexibilität“ mit fester Positionierung im Planungsprozess. Die jeweiligen Themen lassen sich projektspezifisch erweitern und modifizieren.

Abbildung 4: Themenbox „Modularität und Flexibilität“ mit fester Positionierung im Planungsprozess (Quelle: Löhnert 2001)

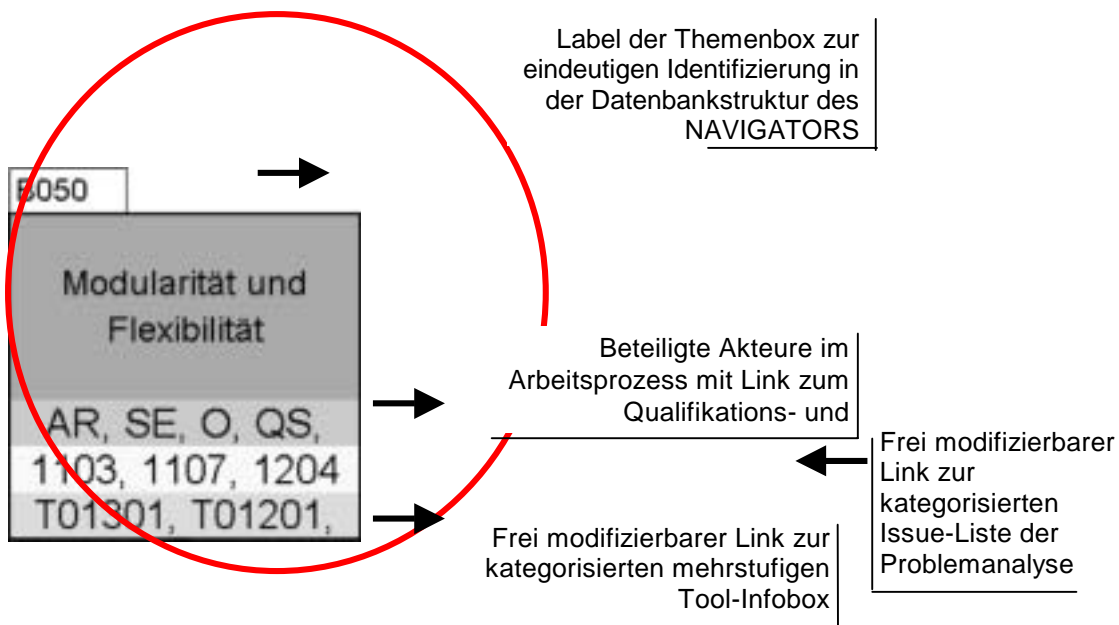
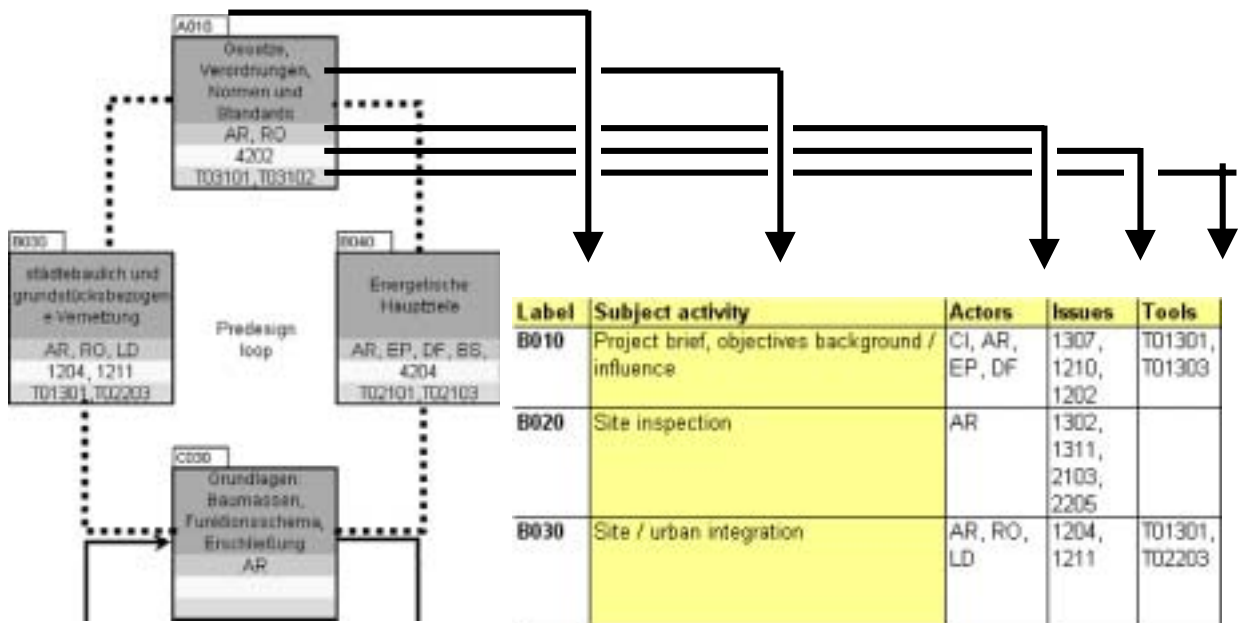


Abbildung 5 zeigt die Links zur Datenbank im Detail: für jede Themenbox sind Informationen zu den Akteuren, Tools bzw. Instrumenten und sogenannte „Issues“ vorhanden. Unter „Issues“ sind hier jene Aspekte zusammengefasst, die im Integralen Planungsprozess als Störfaktoren auftreten können.

Abbildung 5: Beispiel Themenbox mit den unterschiedlichen internen Links zur hinterlegten Datenbankstruktur (Quelle: Löhnert 2001)



Mit der „Issue“-Liste werden nicht nur Probleme aufgezählt; auf der Grundlage von Problem(feld)analysen und der Darstellung von Wirkungszusammenhängen im Planungsprozess bietet der NAVIGATOR Lösungsansätze mit Empfehlungscharakter an. Diese so genannte „Issue“-Liste enthält ca. 70 typische und relevante Aspekte aus der Planungspraxis und kann in der Anwendung des NAVIGATORS auch erweitert und projektspezifisch modifiziert werden.

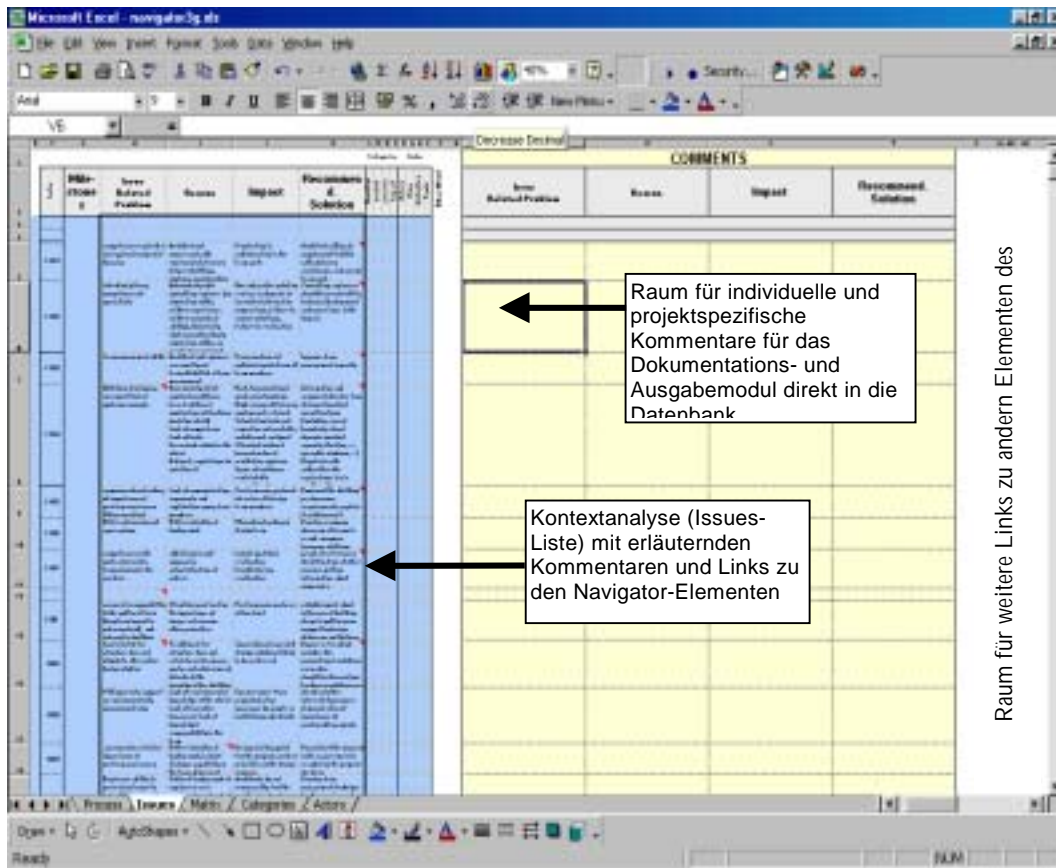
Tabelle 2: Struktureller Aufbau der „Issue“-Liste

Aspekt / Problem	Hintergrund	Wirkung	Lösung
Typische prozessrelevante Aspekte / Probleme / Defizite, die im Planungs- und Bauablauf auftreten können. Die Zusammenstellung dieser prozessrelevanten Probleme basiert auf der Praxiserfahrung der Autoren sowie dem internationalen Review in Task 23.	Hintergrund-Informationen zum Kontext der identifizierten Probleme mögliche Gründe und Erklärungen.	Aussagen zu potenziellen (Aus-) Wirkungen und Konsequenzen der identifizierten Probleme für die nachfolgenden Planungs- und Umsetzungsphasen sowie auf die Qualitäten den späteren Gebäudebetrieb.	Empfehlungen und Lösungsansätze zu den Problemen und Defiziten bzw. zur Reduktion der damit verbundenen negativen (Aus-)wirkung. Die Empfehlungen und Lösungsansätze müssen in den einzelnen Ländern entsprechend national adaptiert werden.

Damit liegt eine Grundstruktur vor, die nun für verschiedene Ebenen adaptiert werden kann. Der integrale Planungsprozess-NAVIGATOR versteht sich somit als generisches mehrdimensionales Wirkungsgefüge, das im Sinne der oben genannten Anforderungen zum individuellen und interaktiven Prozess-Generator für Planungsteams entwickelt werden soll.

Inhaltlicher Schwerpunkt des Navigators ist die Auseinandersetzung mit energetisch-ökologischen und komfortspezifischen Aspekten bei der Gebäudeplanung. Dabei steht eine Fokussierung und Begrenzung auf die Strukturmerkmale des Planungsprozesses im Vordergrund. Es können damit keinesfalls „Detailrezepte“ vermittelt werden. Der NAVIGATOR soll helfen, Konflikte schon zu identifizieren bevor sie zum Problem werden und negative Auswirkungen auf die Inhalte und den Ablauf des Planungsprozesses haben. Er ist weniger als Kontrollinstrument sondern als Wegweiser gedacht und überlässt dem Anwender die Entscheidungen und die Verantwortung. Der NAVIGATOR zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass er die vielfältigen Aspekte und das Know-how der Planung strukturiert und auf unterschiedlichen Ebenen (Layern) abbilden kann.

Abbildung 6: Screenshot (Ausschnitt) der datenbank-basierten Kontextanalyse („Issue“-Liste) und Eingabefeld für die einzelprojektspezifische Adaption als Herzstück für die Empfehlungen zum Planungsprozess im NAVIGATOR



## 5 An wen richtet sich der Navigator?

Die Koordination im Planungsprozess sollte durch eine qualifizierte Teamleitung übernommen werden, die sowohl über das entsprechende fachliche, technische und wirtschaftliche Know-how verfügt, sich gleichzeitig aber auch durch hohe Kommunikationskompetenz und Teamfähigkeit auszeichnet.

Der NAVIGATOR kann den Leiter des Planungsteams und des Bauteams in seiner Moderationsrolle unterstützen und zunächst folgende Aufgaben übernehmen:

- Aufzeigen von Problemen und Konsequenzen in allen Phasen des Planungsprozesses
- Strukturierung der Planungsinhalte nach bestimmten Zielen im Sinne von Wenn-Dann-Abhängigkeiten
- Beschreibung der wichtigsten Prozesselemente und ihre Bedeutung für die Ziele der Nachhaltigkeit und Abbildung in jeweiligen „Themen-Layers“
- Definition der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Layers und Aufzeigen deren Relevanz für den Planungsprozess
- Empfehlungsstruktur durch den generischen Planungsprozess mit projektbestimmenden Themenschwerpunkten und den wichtigen Meilensteinen als Grundlage für die Planungsoptimierung und individuelle Adaption des eigenen Prozesses
- Generierung interaktiver Links zu den wesentlichen Elementen die im jeweiligen Stadium relevant sind: Problemanalyse, Empfehlungen, Akteure, Ziele und Werkzeuge auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen
- Herstellung von Links zu zusätzlichen relevanten Informationen wie Case Studies, Normen, Solar Server, etc.

Die bisherige Entwicklungsarbeit zum NAVIGATOR im Rahmen der IEA Task 23 wurde vor allem von den beiden Ländern Deutschland und Schweiz geleistet. Die erarbeiteten Inhalte resultieren aus langjährigen Praxiserfahrungen der interdisziplinären Bearbeiter, die eigene Planungsbüros betreiben. Über die gegenwärtigen Ziele und Merkmale des Navigators hinaus ergeben sich jedoch weitere Potenziale, die im Laufe der zukünftigen Beta-Testphase und der Anwendungsphase konkretisiert werden sollen. In Zukunft könnte das Potenzial des NAVIGATORS wie folgt weiter ausgebaut und genutzt werden:

- Entwerfen, Vergleichen und Dokumentieren von Planungsszenarien
- Einrichtung einer Internetplattform als Weg zur Verbreitung und Anwendung des Werkzeugs sowie als Forum zur Weiterentwicklung und zum Support
- Exemplarische Praxisanwendung des Navigators zu Entwicklungszwecken
- Erstellung eines NAVIGATOR Handbuchs
- Anpassung und Spezialisierung des „Workflows“ der Prozess-Darstellung, an unterschiedliche Bauaufgaben (Wohnungsbau, Büro- und Gewerbebau, Industriebau, etc.) oder unterschiedliche Benutzeranforderungen (Liegenschaftsbesitzer, Kommunen)
- Sequenzielle Erweiterungsmodule

- Zusammenstellung von spezifischen Checklisten bezogen auf verschiedene Problempunkte der jeweiligen Planungsphasen
- Nutzerspezifische und individuelle Erweiterung der Datenbankstruktur-Elemente
- Integration von Beispielprozessen und Case Studies/Stories aus externen Quellen
- Entwicklung einer NAVIGATOR-Variante für das Planen im Gebäudebestand
- Fortführung der Entwicklung auf unterschiedlichen Niveaus: International - Deutschsprachiger Raum - National - Liegenschaftsbezogen - Einzelprojektanwendung
- Konzeption von Schulungs- und Anwender-Planungswerkstätten

## 6 Der Navigator als Software des Bauens

Integrale Planung als Instrument für die Reduktion von Bau- und Betriebskosten zugunsten einer höheren Nutzungs- und Umweltqualität ohne Verzicht auf gestalterische Qualitäten wird sich behaupten, wenn diese Effekte durch überzeugende Daten und Fakten, also erfolgreiche Beispiele aus der Praxis belegt sind. Solche Gebäude gibt es erfreulicherweise immer mehr - zahlreiche Gebäudedokumentationen beschreiben jedoch meist gestalterische und technische Merkmale, also die „Hardware“. Damit dienen sie als „best practice buildings“ zur physikalischen Veranschaulichung, im besten Fall auch als Datenlieferanten und Referenzen – falls hierfür belastbare Daten erzeugt und veröffentlicht werden.

Solange aber die „Software“ des Bauens - also die Planung selbst - nicht dokumentiert wird, solange ist die Übertragung der Erfahrungen individueller Beispiele auf aktuelle Aufgabenstellungen nicht oder nur bedingt möglich. Relevant ist dies sowohl für die Akteure in der Planungspraxis, vor allem für Auftraggeber, wie auch für die zukünftigen Architekten und Fachingenieure an den Hochschulen und für die Lehrenden gleichermaßen.

Die Entwicklung eines NAVIGATORS zum Integralen Planungsprozess soll diese Lücke schließen helfen; als frei verfügbares und auf das individuelle Projekt adaptierbare Instrument besitzt der Navigator Informations-, Management- und Empfehlungscharakter.

Als Frühwarnsystem, aber auch als Kontrollinstrument und Dokumentationswerkzeug, ist der NAVIGATOR in der Lage, die Einsicht in die Notwendigkeit einer integralen Planungsweise zu stärken und den Blick für die Möglichkeiten des Bauens nach dem Nachhaltigkeitsprinzip zu schulen - nicht als Lehr- oder gar Rezeptbuch, das Standardlösungen suggeriert und dem Planer das Denken abnimmt, sondern im Gegenteil: als interaktives Werkzeug, das die Kreativität eher fördert als einschränkt und vor allem dem engagierten Planer neue Potenziale und Marktpositionen erschließen hilft.

Der NAVIGATOR soll auf breiter Basis verfügbar sein. Daraus ergeben sich folgende Anforderungen und Strategien für die zukünftige Entwicklung:

- Das Internet als Plattform für den bedarfsgerechten Zugriff durch den Planer.
- Die Praxisimplementierung wird als freie und kostenlose Planungshilfe konzipiert.
- Die Nutzung sieht das download vom Internet vor sowie einen für mindestens zwei Jahre geplanten online-support durch die Projektentwickler.

Nähere Informationen zum NAVIGATOR und der Planungsguideline sind erhältlich bei:

<b>Günter Löhnert, Dr.-Ing. Architekt</b> Sol°id°ar Planungswerkstatt Deutschland  D-12163 Berlin Forststraße 30, Tel.: +49-30 8270 419-0/-1 Fax: +49-30 8270 419-0/-2  e-mail: <a href="mailto:solidar@t-online.de">solidar@t-online.de</a>	<b>Pierre Jaboyedoff</b> SORANE SA Switzerland  1018 LAUSANNE Rte du Chatelard 52 Tel: +41 21 647 11 75, 646 17 74 Fax: +41 21 646 86 76  e-mail: <a href="mailto:pierre.jaboyedoff@sorane.ch">pierre.jaboyedoff@sorane.ch</a>
---	---

Weitere Informationen zur IEA Task 23 sind unter [www.task23.com](http://www.task23.com) erhältlich.

## 7 Die Planung größerer solaroptimierter Gebäude in Österreich: ein Stimmungsbild

Wie steht es mit der Planung ressourceneffizienter, solaroptimierter größerer Gebäude in Österreich? Welchen Stellenwert nimmt die teamorientierte Planung ein? Welche Hemmnisse gilt es zu überwinden? Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Rahmen der IEA Task 23 die Rahmenbedingungen für die Planung im Hochbau analysiert, Fallbeispiele untersucht und leitfadengestützte Interviews mit Architekten, Planern und Auftraggebern geführt. Die Bandbreite der Interviewpartner reichte vom privaten und öffentlichen Auftraggeber über den Bauphysiker, Energieplaner, erfahrenen und renommierten Solararchitekt bis zum eher konservativ geschulten Architekt, der traditionelle Sichtweisen einbringt.

Um die Hemmnisse für den Bau solaroptimierter Gebäude zu erfassen, konzentrierten sich die Interviews auf die wesentlichen Planungsphasen „Voraboptimierung“, „Klärung der Rahmenbedingungen“ und „Vorentwurf“.

In den folgenden Kapiteln wird die Rolle der wichtigsten Planungsbeteiligten im Planungsprozess, ihre Haltung gegenüber ressourcenschonenden, emissionsarmen Gebäuden, die Rahmenbedingungen der Planung sowie Hemmnisse für die Planung im Team dargestellt.

### 7.1 Die Rolle der Auftraggeber (Bauherrn)

Wer sind die Auftraggeber und wie beeinflussen sie den Planungsprozess? Größere Gebäude, insbesondere Büro- und Verwaltungsgebäude, werden in der Regel von Unternehmen oder öffentlichen Institutionen in Auftrag gegeben.

- **In öffentlichen Institutionen** übernimmt ein Sachbearbeiter die Koordination von ArchitektIn und FachplanerInnen. Für die Begutachtung der Arbeit der FachplanerInnen werden Spezialisten, vor allem für den Haustechnik-Bereich einbezogen. Dies geschieht jedoch oft erst zu einem recht späten Zeitpunkt und nur, wenn die öffentliche Stelle über dieses Personal verfügt. Bei der Bauausführung geht das Projekt unter Umständen in andere Hände - einem eigenen Bearbeiter für diesen Projektabschnitt und einem Zuständigen vor Ort - über.
- **Private Organisationen**, die ein Gebäude für den eigenen Bedarf errichten, setzen zur Begleitung des Bauprojektes oft ein Gremium mit mehreren Mitgliedern ein. Manchmal gehören diesem nicht nur die Geschäftsführungsebene, sondern auch Arbeitnehmervertreter an. Die wichtigsten Entscheidungen (z.B. bezüglich Entwurf und Kosten) müssen von höchster Ebene bewilligt werden.
- Schließlich gibt es immer mehr Projekte, in denen **Generalunternehmer** den Bau errichten. Zum Teil übernehmen sie die gesamte Organisation und haben unter ihren Angestellten auch den Architekt des Projektes. In anderen Fällen sind sie nur für die Finanzierung zuständig (Leasing-Modelle) und der erste Nutzer, z.B. auch die öffentliche Institution, die diese Finanzierungsform gewählt hat, spielt de facto die Rolle des Bauherrn.



Der Aspekt der Flexibilität des Gebäudes erhält dann natürlich einen hohen Stellenwert.

### **Die Auswahl des Entwurfes**

Mehr als alle anderen Entscheidungen ist die Auswahl des Entwurfes eine Entscheidung darüber, ob und wie weit das Gebäude bei seiner Nutzung die Umwelt beeinträchtigen wird.

Die Nutzung passiver Solarenergie ist in verschiedenen Formen bereits im Entwurf vertreten (geplante Atrien, verglaste Veranden, Zonierung des Gebäudes, etc.) bzw. fehlt dort bereits.

Bei topographisch nicht ganz einfachen, also unebenen Bauplätzen ist mit dem Entwurf auch die Orientierung des Gebäudes weitgehend festgelegt. Dies wiederum hat einen weitreichenden Einfluß auf das energetische Verhalten des Gebäudes. So einfache Regeln wie beim Einfamilienhaus - im Norden geschlossen, nach Süden geöffnet - gelten jedoch im Bürohausbau nicht. Abhängig von den internen Wärmegewinnen und den solaren Einträgen aus den verschiedenen Richtungen kann es auch sinnvoll sein, große Glasflächen nach Norden anzuordnen.

Aber auch indirekte Entscheidungen fallen mit dem Entwurf: Will der Bauherr eine massive Bauweise oder eine leichte? Legt der Auftraggeber Wert auf ein bestimmtes Erscheinungsbild (z.B. repräsentative Fassade, traditionelle Formen oder Holzbau als innovatives Signal in Richtung Ökologie)? Ist der Kostenrahmen sehr eng? In diesem Fall wird kein Architekt Solararchitektur vorschlagen, schon weil der Preis des Glases noch immer rund zehnmal höher ist als der einer opaken Wand. Elemente, die eine mehrdimensionale solare Optimierung ermöglichen, werden nur dann in dem Entwurf angelegt sein, wenn dieser Wunsch vom Auftraggeber ausdrücklich so geäußert wurde.

Bei Juryentscheidungen werden energetische Aspekte nicht berücksichtigt. Nur in Ausnahmefällen werden zum Wettbewerbsentwurf auch Angaben zum Energieverbrauch oder Überlegungen zur Tageslichtnutzung verlangt, beides Voraussetzungen für die Beurteilung der energetischen Qualität des Entwurfes. Auch einfache Energiebedarfsrechnungen, erst recht Energiekonzepte, die bereits Vorstellungen zu den Bereichen Heizung, Lüftung und Kühlung enthalten, werden von den Architekturbüros nicht selbst durchgeführt, sondern "dazugekauft".

Für eine diesbezügliche, objektive Entscheidung der Jury wären genauere Darstellungen allerdings notwendig. Leider sind sie relativ aufwendig und auch für die folgende Planung meist nicht weiter verwendbar. Im Laufe der Planung ändern sich Geschosßflächen, Bauteilflächen, etc. noch so oft, daß die Berechnungen mehrmals auf den aktuellen Stand gebracht werden müßten. Dazu sind die beauftragten Haustechnikplaner üblicherweise nicht bereit, wenn diese zusätzliche Leistung nicht abgegolten wird und Energieplaner sind nur selten engagiert.

Auch andere ökologische Konzepte, wie Wassersparkonzepte, Innenraumqualität, umweltschonendes Baustellenmanagement etc. werden auf spätere Planungsstadien verschoben, sofern sich dann nicht aus Zeitdruck und strapazierten Kostenrahmen alles weitere erübrigt.

Jedoch werden zu jedem Entwurf Kostenschätzungen abgegeben, die es der Jury ermöglichen, die finanziellen Möglichkeiten des Auftraggebers als eine Rahmenbedingung zu berücksichtigen. Diese Kostenschätzungen ziehen sich durch alle Planungsphasen und werden auch vom Architekten bzw. der Architektin immer wieder aktualisiert.

### **Exemplarische Aussagen der Interviewpartner zur Wahl des Entwurfes (sinngemäß redigiert)**

"Alternative Sonnenenergienutzung haben wir gar nicht erst in Betracht gezogen, da vom November bis Januar/Februar hier im Grazer Feld viel Nebel liegt."

„Wir wollten einen einfachen Zweckbau errichten, den man flexibel nutzen kann. Was hätten wir verwenden sollen? Wir haben offenbare Fenster und genug Tageslicht auf allen Arbeitsplätzen. Eine weitere Vorgabe war, daß 10% Fensterfläche (der Außenoberfläche) nicht überschritten wird, das hat im Sommer positive Auswirkungen.“

„Wir haben uns von mehreren Architekten Skizzen und Angebote vorlegen lassen. Die Architektur war aber eher untergeordnet und spielt, wie Sie gesehen haben, keine große Rolle, außer vielleicht im Eingangsbereich. Es war ja viel vorgegeben von uns und ließ gar nicht viel Spielraum: die Quadratmeter, die Zahl der Arbeitsplätze und so weiter.“

„Der beauftragte Architekt hat einige Varianten als Vorentwürfe vorgeschlagen, auch verschiedene Standorte wurden noch untersucht... Unsere Vorgaben an ihn waren außer dem Raum- und Funktionsprogramm, die Größe, die Kosten und auch die Massivbauweise und natürliches Licht in den Büros. Auch die Gesamthöhe war an diesem Bauplatz schon vorgegeben... Der Schallschutz - wir befinden uns in unmittelbarer Nähe des Flughafens - wurde erst später berücksichtigt.“

„Das Land Steiermark baut sicher nicht "ökologisch". Wir haben mit Ach und Weh die Mittel aufgetrieben. Zusätzliche Aufwendungen werden erst gar nicht in Erwägung gezogen. Es gibt ja Beispiele, wo Bauten deswegen fallen gelassen wurden.“

„Innovative Energietechniken passen doch eher dort, wo dies auch inhaltlich nahe liegt, z.B. bei Innovationszentren. Natürlich ist es auch für normale Verwaltungsbauten super, aber eigentlich unnötig.“

„Wenn wir schon eine Wettbewerbsausschreibung machen und eine Jury einsetzen, wird deren Entscheidung akzeptiert... Für die Besetzung der Jury gibt es Vorschriften, die Wettbewerbsordnung. Aber natürlich kann man schon steuern... Kostenrahmen spielen immer mehr Rolle bei den Wettbewerbsentscheidungen. Für den ganzen Prozeß spielen natürlich auch Vergaberichtlinien eine Rolle. Ab einem gewissen Honorar für den Architekten muß EU-weit ausgeschrieben werden, das wird schon bei einem Bauvolumen von 40 Mio ATS erreicht.“

„Informationen zu den Wettbewerbsentwürfen wären schon wichtig, aber die Entscheidung trifft die Jury. Der Architekt des Siegerprojektes läßt dann nicht mehr viel ändern... Genaue Vorgaben für den Wettbewerb wären möglich, als Planungsinformation.“

„Die wichtigste Entscheidung ist die Wahl des Architekten. Die Landesbaudirektion war früher Promotor der "Grazer Schule". Das war eine Philosophiefrage.“

„Ökologisches Bauen ist bei Schulen in Wien zur Zeit kein Thema.“

„Viele ökologische Maßnahmen rechnen sich nicht, solange z.B. das Wasser so günstig ist, wird sich eine Brauchwasseranlage nicht rechnen, bzw. solange die Heizbetriebe Wien so günstige Fernwärmertarife in Rechnung stellt, werden sich Wärmepumpen nicht durchsetzen.“

„Was ist wirklich ökologisch? Sollen wir Holzfenster oder Aluminiumfenster oder eine Kombination von beiden einsetzen? Einmal gilt das als ökologisch, einmal was anderes, solange bis es eine Studie gibt, die wieder einmal das Gegenteil belegt.“

„Geld wäre da, aber von den Planern kommen ja keine innovativen Konzepte!“

### **Die Auswahl der Energieträger**

Schon bei den ersten Konzepten (Vorentwurf) und bei der Ausschreibung der Fachplaner sind auch zur Energieversorgung einige Gedanken enthalten. Gedanken deshalb, weil sie noch keinen verbindlichen Charakter haben, allenfalls die Entscheidung etwas präjudizieren.

Die leitungsgebundenen Energieträger Fernwärme und Gas werden in diesem Stadium gerne bevorzugt, da sie ein sauberes und umweltfreundliches Image haben. Die eigentliche Entscheidung fällt aber oft erst sehr spät, mit der Erstellung der Leistungsverzeichnisse der Haustechnik. Eine schnelle Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur auf Basis der Anlageinvestitionskosten, etwaiger Anschlußkosten und der Brennstoffkosten für den Betrieb kann dann die bisherige Wahl leicht zugunsten von Heizöl zu Fall bringen.

In Wien stehen im wesentlichen die Energieträger Fernwärme und Gas zur Verfügung. Wenn Fernwärme vorhanden ist, wird automatisch Fernwärme eingesetzt, wenn keine Fernwärme verfügbar ist, wird Gas eingesetzt. Der Spielraum der Planung beschränkt sich daher im wesentlichen auf Zusatzheizungen wie beispielsweise Wärmepumpen und Solaranlagen sowie auf Wärmeverteilungssysteme.

Thermische Solarenergie zur Heizung oder Warmwasserbereitung ist in Bürogebäuden sehr unüblich. Architekten berichten (Architekteninterviews, siehe erster Zwischenbericht), daß Bauherren ihnen gegenüber Ängste geäußert hätten, z.B. daß niemand wisse, was im Falle eines Ausfalls zu tun sei, daß kein Personal für die Wartung vorhanden ist, etc. Diesen Befürchtungen muß durch das Anbieten von attraktiven Wartungs- und Dienstleistungsangeboten begegnet werden.

Ängste bestehen auch hinsichtlich der erzielbaren Amortisationszeiten.

### **Exemplarische Aussagen der Interviewpartner zur Wahl der Energieträger (sinngemäß redigiert)**

„Bei Solaranlagen werden Amortisationszeiten zwischen 3 und 5 Jahren geplant, tatsächlich amortisiert sich eine Solaranlage jedoch meist erst nach 8 bis 10 Jahren und dann sind schon wieder die ersten Reparaturen notwendig.“

„Fernwärme hätte sich über Jahrzehnte nicht amortisiert. Daher haben wir eine Ölheizung gewählt, wegen der billigeren Betriebskosten... An Warmwasser haben wir einen minimalen Bedarf, wir haben aber nicht überprüft, ob es wirtschaftlich wäre, es mit Sonnenenergie zu erzeugen.“

„Fossile Energien sind für das Land als Großabnehmer sehr günstig. Wir bekommen z.B. das Heizöl Leicht um 2 ATS (0,14 €) da lohnt sich nicht einmal ein Umbau des Brenners auf Heizöl Extraleicht.“

„Bei einem Neubau, da wird man sich an die Fernwärme anschließen, wenn sie vorhanden ist. Aber es gibt keine Vorgaben dazu.“

### **Der Umgang mit alternativen Lösungsvorschlägen und Varianten**

Nach der Fertigstellung des Vorentwurfes werden erstmals Belange der Fachplanungen in groben Zügen angesprochen, wie notwendige und vorhandene Technikräume, mögliche Plazierungen der Radiatoren in den Büros, etc. Zum Teil erfolgen die Ausschreibungen der Fachplanungen erst jetzt, zum Teil sind schon die Bestbieter bekannt, werden zu einem Treffen eingeladen und erhalten die Vorentwurfpläne.

Der Bestbieter ist meist der Billigstbieter oder ein bekannter Fachplaner mit entsprechender Reputation. Oft wird auch ein bereits bekanntes Team von Fachplanern eingesetzt. In diesen Fällen steht das Fachplanerteam eigentlich von Anfang an fest.

Nachdem das haustechnische Konzept zu diesem Zeitpunkt erst wenig angedacht ist, wäre noch genügend Spielraum, um noch solare Beiträge einzuplanen und Energiesparstrategien, betreffend die Dämmung der Außenflächen und/oder Gebäudeautomatisation, zu entwerfen.

Viele Fachplaner sind jedoch nicht bereit, in dieser Phase detaillierte Konzept- und Variantenerstellungen einzubringen und warten lieber auf den Einreichplan, der die Flächenangaben und Bauteilaufbauten genauer enthält. In diesem Stadium drängt die Zeit aber bereits sehr.

Variantenvorschläge können von den **Fachplanern** eingebracht werden. Ein Vorstoß in diese Richtung führt erfahrungsgemäß dazu, daß Bauherr oder Architekt nach mehr Informationen und genaueren Kostenabschätzungen fragen und eine überschlägige Rechnung schon bald nicht mehr genügt. Im Gegensatz dazu wird die rasche Entscheidung und Festlegung auf eine bestimmte Lösung als kompetent wahrgenommen. Das Planungsteam wird nicht mit Fragen belastet, bei denen ein Großteil der Mitglieder ohnehin nicht mitreden will.

Variantenvorschläge können vom **Architekt** eingebracht werden. Generell bevorzugen Architekten haustechnische Systeme, die entweder (weitgehend) unsichtbar sind, z.B. in einer abgehängten Decke verborgen werden können, oder die sich möglichst einfach und klar in die Struktur des Gebäudes fügen. Damit wird nicht unbedingt die für die Nutzer komfortabelste und behaglichste Lösung gewählt.

Bei großen Fensterflächen kann sich häufig ein Konflikt ergeben, da ein thermisch ausgewogenes Raumklima im Winter am ehesten durch Strahlungsquellen (Radiatoren) vor dem Fenster realisiert werden kann, der Architekt jedoch in den Boden eingelassene Konvektoren (überwiegender Luftheizungsanteil) präferiert, die das Fenster nicht verstellen.

Auf Vorschläge vom **Bauherren** wird am genauesten eingegangen. Für Bauherren besteht die Gefahr, daß ihm die Planer aufwendigere und teurere Systeme vorschlagen, sobald er ernsthaftes Interesse an innovativen Lösungen zeigt. Technische Details (beispielsweise Wärmeverteilsystem, wo werden die Radiatoren angebracht, etc.) werden meist vom Bauherrn bzw. vom Projektmanagement vorgegeben. In Wien ist der Energieträger meist vorbestimmt (Fernwärme oder Gas). Der Spielraum der Planer ist damit eingeschränkt.

### **Exemplarische Aussagen der Interviewpartner zum Umgang mit Variantenvorschlägen (sinngemäß redigiert)**

„Bezüglich der k-Werte des Gebäudes halten wir uns an die Bauordnung. Wie sehen sie also als fix definiert und nicht als zu optimieren.“

Interviewer: „Wollen die Fachplaner überhaupt verschiedene Varianten vorschlagen, z.B. um die Sonnenenergienutzung zu verbessern?“ Antwort: „Das stimmt. Kein Fachplaner wird sagen, Sonnenenergie wäre da eine gute Lösung. Das wird er dem Bauherrn überlassen.“

„Wir haben ein Gebäudemanagementsystem, also Bussystem, überlegt. Aber das war doch sehr teuer und ist außerdem nicht leicht zu handhaben. Da muß man wissen, was man eingeben will.“

„Wenn wir etwas besonderes wollen, dann würden wir uns am ehesten Referenzprojekte zeigen lassen.“

„Man könnte unseren Standpunkt so umschreiben: Wir sind allem Neuen aufgeschlossen, sofern es sich um eine erprobte, alt eingeführte Technik handelt.“

„Es gibt keine generellen Vorgaben zu den Beiträgen der Planer, die sollen vorschlagen, z.B. welche Heizung genommen wird. Betriebskosten sind bei Land und Bund immer eher egal gewesen. Die Summe Herstellung plus Betrieb wird nicht hergestellt.“

„Wenn man nur 400.000 ATS (29.069,13 €) für die Planung hat, wird man nur drei Planer, also das Minimalprogramm, einladen und nicht mehr.“

„Als Sachbearbeiter versucht man, Einfluß zu nehmen im Rahmen dessen, was man selbst für wichtig hält, was man glaubt für den Nutzer oder den Bauherrn, also das Land, tun zu müssen. [...] Jeder hat seine Präferenzen, sein Steckenpferd. Es liegt oft nicht an den Informationen, eher am Interesse oder der Zeit. Ich zum Beispiel will keine Klimaanlage in deinem Bau haben. Wenn der Bauherr ein besonderes Interesse hat, wird das der Sachbearbeiter sicher berücksichtigen, wie z.B. beim Finanzamt Hartberg“ [Anmerkung: Beim Finanzamt Hartberg waren holographisch optische Elemente zur Verschattung vorgesehen. Da es als EU-Demonstrationsprojekt nicht bewilligt wurde, wurde das Gebäude nicht gebaut.]

### **Der Stellenwert der Kosten**

Das Kostenbewußtsein der Bauherren und die fehlende Forderung nach Sonnenenergienutzung und Energiesparen hemmen die breite Umsetzung ressourcenschonender und emissionsarmer Gebäude massiv. Der Wunsch nach Sonnenenergienutzung und Energiesparen ist bei den Bauherren de facto nicht vertreten; der Kostenrahmen steht bei Entscheidungen im Vordergrund.

Auch bei vorhandenem Interesse sind die Kosten ausschlaggebend für eine negative Entscheidung.

Die Entscheidungen für oder gegen Maßnahmen orientieren sich an den Zielsetzungen: Der Bauherr gibt die Grenzkosten vor. Es soll mit möglichst wenig Technikaufwand unter Einhaltung der Grenzkosten das gewünschte Innenklima (Temperaturen) erreicht werden. Ob zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung gesetzt werden, hängt von den Mietpreisen ab, die erzielt werden sollen.

Im Wohnbau sind Gemeinden und Genossenschaften extrem konservativ gegenüber neuen Technologien; im Bürobau sind Investoren oder Nutzer gewinnorientiert und eher aufgeschlossen. Sie können zumindest mit Berechnungen überzeugt werden. Das Kostenargument ist aber in beiden Fällen schlagend.

### **Bauherren treffen Entscheidungen voreingenommen**

Es besteht eine grundsätzliche Skepsis der Bauherren gegenüber neuen Technologien. Entscheidungen bezüglich Materialien werden durch Präferenzen des Bauherrn beeinflusst.

### **Entscheidungen des Bauherren verhindern die Beauftragung eines erfahrenen Fachplanerteams**

Die Entscheidung über die Fachplaner fällt üblicherweise der Bauherr, der Architekt macht dazu - eher selten - Vorschläge. Es werden meist keine Teams beauftragt, sondern der Bauherr beauftragt die Planer einzeln.

### **Die Forderung nach möglichst hoher Flexibilität erschwert die Gebäudeoptimierung**

Bauherren nutzen entweder das geplante Gebäude selbst oder treten als Investoren mit dem Ziel auf, die Räume möglichst gewinnbringend zu vermieten. Eine Anforderung dieser Bauherren ist eine möglichst hohe Flexibilität hinsichtlich der nachträglichen Raumaufteilung zu geringstmöglichen Kosten. Gewünscht ist eine Hülle mit möglichst gutem Raumklima, da zur Zeit der Planung noch keine Klarheit über die spätere Raumaufteilung sowie über den technischen Ausstattungsgrad besteht. Die fehlenden Nutzeranforderungen erschweren die Gebäudeoptimierung.

## **7.2 Die Rolle der Architekten**

Der Architekt ist durch die Abgabe einer ersten Kostenschätzung maßgeblich an den wichtigsten Weichenstellungen beteiligt: er hat die Idee, in welche Richtung sich das Projekt entwickeln soll.

Das Berufsbild des Architekten erweitert sich. Eine Möglichkeit ist die Entwicklung in Richtung einer stärkeren Spezialisierung: der Architekt ist einer der Fachplaner und ausschließlich für den architektonischen Entwurf

zuständig. Eine andere mögliche Entwicklung des Berufsbildes ist es, den Architekt als Schaltstelle zu sehen, die alle Fachplanungen verknüpft.

### **Der Architekt als Künstler**

Architekten, die ihre Rolle als Künstler definieren, fühlen sich durch ökologische Forderungen in der gestalterischen Freiheit eingeschränkt. Andererseits ist die Architektur ein Kunstzweig, bei dem es eine Vielzahl an Randbedingungen gibt. Es existiert immer eine Nutzung, die man nicht ausklammern kann. Architektur ist somit eine Kunst, die auf Gegebenheiten reagieren muß: es gibt eine städtebauliche Determination, eine Determination des Bauherren, das Budget.

Eine Determination aus ökologischen und solartechnologischen Überlegungen ist eine Einschränkung mehr, die jedoch noch immer ausreichenden Gestaltungsspielraum läßt. Die Maßnahme Wärmedämmung schränkt die architektonische Freiheit am wenigsten ein, mehrere cm Wärmedämmung ändern nichts am Erscheinungsbild eines Gebäudes.

### **Der Architekt als Manager**

Die derzeit typischen Vertragsformen sind folgende:

- Generalplaner: eine Planungsfirma steht im Vertragsverhältnis mit dem Bauherrn und deckt alle Funktionen ab bzw. nimmt einzelne Fachplaner unter Vertrag.
- Alle Fachplaner haben einen Vertrag mit dem Bauherrn. Der Architekt ist zusätzlich mit der Koordination beauftragt und damit der Hauptansprechpartner für den Auftraggeber.

Übernimmt der Architekt die zentrale Rolle des Teamleiters im Integralen Planungsprozess, so ist die Erweiterung des Berufsbildes um das umweltrelevante Querschnittswissen zuwenig; für das Management von Teams müssen auch die sozialen Kompetenzen geschult werden. Weiters ist das Eingeständnis von Kompetenzgrenzen eine Voraussetzung, die eine Teambildung erst ermöglicht. Der Architekt sollte erste Berechnungen durchführen und dann einen Fachplaner beiziehen; er benötigt allerdings soviel Querschnittswissen, daß er mit den Fachplanern fachlich diskutieren kann. Derzeit passiert das de facto nicht; meist operiert der Architekt mit dem Wissen, über das er als Haustechnik-Laie verfügt. Dieser Umstand ist einer der Gründe, warum die Möglichkeiten für innovative Gebäudekonzepte begrenzt sind.

## **7.3 Kommunikation**

### **Sprachprobleme**

Verschiedene Sprachen von Bauherr, Planer und Nutzer bedingen Kommunikationsfehler bei der Planung. Folgende Beschreibung von „Flexibilität“ soll als Beispiel für eine Kommunikationfalle dienen: Für den Kunden bedeutet eine flexible Wand die leichte Veränderbarkeit der Raumaufteilung im Büro. Für den Hersteller bedeutet eine flexible Wand, daß er auf jedes Kundenanliegen mit den gleichen Bedingungen antworten kann. Für den Architekten bedeutet ein flexibler Bau, daß die Schächte



strukturbestimmend sind, aber Wahlmöglichkeiten im Hinblick auf das Mauerwerk (Ziegel, Gips,...) bestehen.

Für den Bauherrn bedeutet Flexibilität das Verschieben von Wänden ohne Produktivitätsausfall.

### **Der Nutzer ist nicht optimal informiert**

Der Planer geht von einem optimal informierten Nutzer aus; der Nutzer seinerseits wird in ein System hineingestellt, über das er keine Informationen hat und das er nicht handhaben kann. Erforderlich wäre ein „Handbuch zur Gebäudebedienung“.

## **7.4 Kosten**

### **Integrale Planungsprozesse sparen Geld**

Die meisten Kunden orientieren sich am Quadratmeter-Preis eines Gebäudes. Übersehen wird, daß auch für nicht nutzbare Quadratmeter bezahlt wird.

Durch die Einsparung von Volumen durch Erhebung der tatsächlichen Bedürfnisse und eine erste Optimierung nach Fläche und Komfort wird soviel Geld eingespart, daß Mehrkosten für höheren Komfort etc. kein Problem mehr darstellen. Durch die Festschreibung der Nutzeranforderungen kommt es darüber hinaus allein dadurch, daß sich der Bauherr über seine Wünsche klar ist, zu einer radikalen Beschleunigung des Planungsablaufes und damit zu beträchtlichen Kosteneinsparungen.

### **Teure Planung im Team?**

Das Argument zu teurer Teamsitzungen als Hemmnis für integrierte Planungsprozesse ist nicht immer zutreffend: Integrierte Planungsprozesse bedingen das frühzeitige Einbeziehen mehrerer Fachplaner; als Argument gegen eine Planung im Team werden oft die hohen Kosten von Teamsitzungen angeführt. In der Praxis gelingt es jedoch, daß eingespielte Teams zu konkurrenzfähigen Gesamtkosten anbieten und durch hausinterne Optimierung rentabel arbeiten. Die Einsparungen an Energie-, Betriebs- und Reparaturkosten, die im Gebäudebetrieb durch die bessere Qualität erreicht werden, sind hier noch gar nicht berücksichtigt.

### **Zu wenig Kostenklarheit beim Einsatz von Solarenergietechnologien und Energieeffizienztechnologien**

Architekten betrachten Simulationen als hilfreich für das "Verkaufen von Entscheidungen"; auf Grund der hohen Kosten bei der Vergabe nach außen oder der langen Einarbeitungszeiten verwenden sie Simulationen aber de facto nicht.

**Amortisationszeiten**

Auf die Frage nach der Amortisationszeit der Investition können mittels Berechnungen und Simulationen unter Annahme der zukünftigen Entwicklungen der Energiepreise Garantien ausgesprochen werden.

Eine Amortisationszeit von 20 Jahren wirft die Frage auf, ob die Teile überhaupt so lange halten und ob Nebenkosten durch Reparatur und Wartung entstehen. Die Kosten für eine etwaige Nachrüstung gehen in die Risikoabwägung bei der Entscheidung für eine Technologie ein.

### **Erweiterung des Kostenbegriffs zur Erreichung von Kostenwarheit**

Derzeit werden als Grundlage für die Entscheidungsfindung lediglich Investitionskosten herangezogen. Betriebskosten, Reparaturkosten, Rückbaukosten etc. werden nicht berücksichtigt, sollten aber ebenfalls in die Entscheidungsfindung einfließen. Würde man Entscheidungen auf der Grundlage der Lebenszykluskosten treffen, so würde die Qualität des Planungsprozesses massiv an Bedeutung gewinnen.

Mit dem Trend zur Flexibilisierung von Gebäuden werden Informationen über Gebäudebestandteile erforderlich. Wenn bestimmte Umbauten vorgenommen werden, muß bekannt sein, mit welchen Rückbau- und Entsorgungskosten ein Bauherr rechnen muß. Produktdeklaration zur Abschätzung von Rückbau- und Entsorgungskosten sind daher erforderlich.

## **7.5 Hemmnisse für die Integrale Planung solaroptimierter Gebäude**

Es folgen zusammengefasste Aussagen zu Aspekten, die als wesentliche Hemmnisse einer integrierten Planung erachtet werden.

### **Bei kooperativen Planungsverfahren sind auch die Kriterien für den Städtebau von Bedeutung**

Für eine ökologische Optimierung von Gebäuden ist eine enge Koppelung zwischen einzelnen Bauvorhaben und Bebauungsplanung erforderlich. In Niederösterreich findet zwar eine Beratung der Gemeinderäte durch die Organisation Ortsbildpflege statt. Aspekte wie Beschattung oder Lärm sind aber derzeit kein Thema der Beratung.

### **Viele Verantwortliche und eine Vielzahl unterschiedlicher Interessen erschweren die Planung**

Meist gibt es nicht einen Verantwortlichen seitens des Auftraggebers, sondern viele verschiedene Beteiligte: den Vorstand, der den Beschluß faßt, den Direktor, der das Budget errechnet, den Projektleiter, der mit der Abwicklung betraut ist. Der Vorstand erwartet, daß er einen Auftrag vergibt, damit ihm "etwas" geliefert wird; übersehen wird häufig, daß es sich um ein komplexes System mit Untersystemen handelt, die alle unterschiedliche Ziele verfolgen: Beleuchtung, Akustik, Verkabelung, Brandschutz, Klimatechnik, etc..

Dazu kommt ein Räderwerk von Interessen: Architekten und Fachplaner, die um den Auftrag kämpfen, Interessen des Bauherrn, politische Entscheidungen, Standortbestimmungen und Entscheidungen für bestimmte Technologien auf Grund persönlicher Präferenzen. In der Praxis wird so in der Vorphase eine Vielzahl von Weichenstellungen vorgenommen, die jedoch wenig hinterfragt werden.

### **Die Jurierung von Entwürfen stellt eine Barriere für die Realisierung ökologisch optimierter Gebäude dar**

In den Gremien, die über Entwürfe entscheiden, sind meist keine Umweltexperten vertreten. Energie- und Umweltaspekte generell werden daher meist vollkommen vernachlässigt.

### **Die verschärften Rahmenbedingungen der Baubranche drängen umweltrelevante Aspekte zurück - bei öffentlichen Bauvorhaben sollte aus Gründen der Vorbildwirkung eine integrale Planung gefordert werden**

Die Lage in der Bauwirtschaft hat sich verschärft, wodurch die Honorare für Planer auf Grund des Konkurrenzprinzips geringer werden. Nicht das beste, sondern das billigste Angebot wird akzeptiert. Ausgeschrieben wird eine Leistung mit einem Minimalstandard, der billigste Anbieter bekommt den Zuschlag. Ökologie ist kein Thema; bei der Spezifizierung der Leistungen gibt es üblicherweise keine ökologischen Vorgaben.

### **Gesetzliche Rahmenbedingungen des Baurechts behindern den Durchbruch ökologischer Bauweisen**

Normen und Bauordnungen stellen in manchen Bereichen Hemmnisse für eine breite Umsetzung ökologischer Bauweisen dar. Der Holzbau beispielsweise wird durch entsprechende Regelungen massiv behindert. Mit entsprechendem Aufwand können innovative Lösungen trotzdem durchgesetzt werden, wenn die Lösungen die Grundanforderungen an Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz und Statik erfüllen.

Manche Rahmenbedingungen sind fix, wie z.B. U-Werte; andere, wie beispielsweise geringere Massen, können durchaus argumentiert werden, sofern sie nicht aus statischen Gründen benötigt werden.

### **Zukünftige, nicht vorhersehbare Entwicklungen gestalten langfristige Entscheidungen schwierig**

Trends wie Desktop Sharing oder Teleworking weisen darauf hin, daß sich die Arbeitswelt im Umbruch befindet. Klar ist, daß sich vieles verändern wird, unklar ist, in welche Richtung. Damit wird der Planungsprozess um eine weitere Unbestimmtheitskategorie erweitert.

### **Es gibt keinen Anreiz für Architekten, energiesparend zu bauen - niedrige Energiepreise verhindern die breite Durchsetzung der Solarenergie**

Energiesparendes, integrales Planen stellt für den Architekten einen Mehraufwand dar, der nicht erwünscht und kaum bezahlt wird. In den meisten Fällen ist eine integrale Planung kein Wettbewerbsvorteil, da kein Bedarf nach energieoptimierten Gebäuden seitens der Bauherren vorhanden ist.

### **Die geltenden Honorarrichtlinien verhindern energieoptimierte Gebäude**

Das Honorar der Haustechniker ist an den Planungsumfang gebunden. Es besteht daher kein Anreiz für den Haustechniker, so energiesparend wie möglich zu planen. Notwendig ist es, daß der Bauherr diese Anforderung stellt.

Für den Architekt ist die Phase der „Klärung der Rahmenbedingungen“ laut Honorarordnung im Planungsprozess nicht vorgesehen: Die Honorarordnung für Architekten beginnt mit der Phase des Vorentwurfs. Gerade für die solare Optimierung eines Gebäudes ist aber die Abklärung der Standortbedingungen wichtig, denn damit wird die Grundlage für die energetische Ausrichtung des Gebäudekonzepts gelegt.

### **Die Zusammenarbeit von Architekten und Planern wird durch das Gesellschaftsrecht behindert**

Ziviltechniker können mit Nicht-Ziviltechnikern keine GmbH gründen, sondern müssen auf andere Konstruktionen, wie beispielsweise die Formierung einer Arge (Projektpartnerschaft), ausweichen.

### **Schlechte Bauprozesse machen Ergebnisse der Planung zunichte**

Schlechtes Baustellenmanagement und schlechte Bauausführung machen die durch eine integrierte Planung erreichten Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen wieder zunichte. Die Relation zwischen Planungsaufwand und Perfektion der Bauausführung muß stimmen: die oft mangelnde Qualität der Arbeit am Bau führt Berechnungen ad absurdum.

### **Mangelnde Weiterbildung behindert die Umsetzung von Innovationen**

Die Weiterbildungsmöglichkeiten sind mangelhaft, vor allem für Haustechniker. Architekten steht mit dem Lehrgang für Solararchitektur in Krems eine gute Weiterbildungsmöglichkeit zur Verfügung.

Hinsichtlich der Weiterbildung von Haustechnikern wird großer Handlungsbedarf gesehen. Vorbild könnte das diesbezüglich sehr innovative Berufsbild des "environmental engineer" Großbritanniens sein. Dieses Berufsbild umfaßt sowohl die klassische Haustechnik wie auch darüber hinausgehend Know-how bezüglich Solarenergienutzung und Energieeffizienztechnologien.

Als großer Mangel wird weiters die fehlende Vermittlung sozialer Kompetenz für das Management größerer Gruppen betrachtet. An den Universitäten sollten alle Fachrichtungen, deren Absolventen in Gebäudeplanungsprozesse involviert sind, fachübergreifendes Planen im Lehrplan vorsehen.

Auf Grund der fehlenden Weiterbildung wird geschätzt, daß der Standard der Gebäudeausstattung neu errichteter Bürogebäude in Österreich dem Stand von vor 20 Jahren entspricht.

## 8 Schlussfolgerungen für die Auftraggeber (Bauherrn)

### Auswahl des Entwurfes

Der Bauherr sollte im eigenen Interesse die verschiedenen Entwürfe im Detail und in einer für ihn verständlichen Sprache mit einem Sachverständigen seines Vertrauens durchdiskutieren. Diese Person kann ein anderer Architekt, besser aber ein Bauphysiker sein oder auch die Jury selbst. Die Entwürfe sollten nach den ihm wichtigen Anforderungen, wie Funktionalität, Flexibilität und auch energetische Gesichtspunkte, bewertet werden.

Einen groben Vergleich der eingereichten Entwürfe hinsichtlich ihrer Energieeffizienz ermöglicht beispielsweise die Beschreibung mittels LEK-Wert, welcher im Wesentlichen das A/V-(Oberfläche-Volumen)-Verhältnis widerspiegelt.

Das Verlangen allzu detaillierter Rechnungen bei den ersten Projektskizzen bzw. dem Wettbewerbsentwurf kann dazu führen, daß die Architekten dem nicht nachkommen - mit Hinweis auf ihr dafür zu kleines Honorar.

### Umgang mit Variantenvorschlägen

Im üblichen Planungsprozess sehen sich die Planer nicht als Planungsteam, sondern als mit definierten Einzelaufgaben beauftragt. Eine gemeinsame Diskussion der Grundlagen und der Möglichkeiten im Rahmen eines Bauprojektes gehört zu den Ausnahmen. Dies ist offenbar nur dann gewährleistet, wenn entweder eine eigene Energieplanung angefertigt wird oder zumindest eine Tageslichtplanung, die auch weitreichende Auswirkungen für die anderen Planungen (Haustechnik und Elektro) mit sich bringt. Ansonsten wird vom Auftraggeber erwartet, daß dieser sich äußert, wenn ihm mehr Planungsvarianten vorgelegt werden sollen.

Durch ein offenes Gesprächsklima bei den Planungssitzungen können die Erfahrungen der verschiedenen Planer mit verschiedenen Systemen aus vergangenen Bauvorhaben für den Auftraggeber verfügbar gemacht werden. Dazu ist es aber nötig, die einzelnen Fragen für alle verständlich aufzubereiten und in der Diskussion alle anzusprechen. Das sollte als spezifische Aufgabe wahrgenommen werden, die an eine Person delegiert werden sollte. Oft wird sie dem Architekten zugedacht, der jedoch eigene Interessen im Team vertreten muß und daher nicht immer die beste Besetzung dafür ist. Für ihn spricht, daß er wahrscheinlich den größten Überblick und die größte Erfahrung mit den Fragen der zeitlichen Koordination und den finanziellen Rahmenbedingungen des Projektes hat.

### Planungskosten

Die oben beschriebenen Aspekte zeigen bereits deutlich, dass in den Planungsprozess investiert werden muss, wenn ein optimiertes Gebäude entstehen soll.

Das größte Hemmnis besteht, wenn Bauherren die Planungskosten generell als „unproduktiv“ ansehen und dem nur geringe Bedeutung beimessen wollen.

Das Gegenteil ist der Fall: Es ist klar, daß ein Haustechnikplaner, der aufgrund der Ausschreibung als Billigstbieter die Heizungsplanung übertragen bekam, nicht aufwendigere Berechnungen zur Nutzung passiver solarer Gewinne bei gleichzeitiger Vermeidung von Überhitzungsproblemen anstellen wird. Ein Architekt, der mit seinem Honorar kaum auskommt, wird konstruktive Details zur Vermeidung von Wärmebrücken nicht besonders genau durchdenken können.

Genau dadurch kommt es aber zu Folgeproblemen beim Gebäudebetrieb wie etwa durch hohe Energiekosten und Emissionen aber auch zu Verwertungseinbußen beispielsweise infolge von Schimmelbildung.

## 9 Optimierung der frühen Planungsphasen

In diesem Kapitel werden Vorschläge für die Optimierung der frühen Planungsphasen aus den Ergebnissen der Interviews abgeleitet. Dargestellt werden die Phasen „Vorabplanung-Voraboptimierung“, „Klärung der Rahmenbedingungen“ und „Vorentwurfsphase“, je nach Ist-Zustand und Soll-Zustand.

### 9.1 Vorabplanung - Voraboptimierung

Unter Vorabplanung wird die projektunabhängige Optimierung von immer wieder einsetzbaren Komponenten und Standardlösungen verstanden. Ziel ist es, dem Architekt die Entscheidungsfindung in der Planung zu erleichtern und zur Qualitätssicherung bei der Bauausführung beizutragen.

#### **Derzeit übliche Situation - Einschätzung des Ist-Zustands**

Derzeit werden zwar Standardlösungen eingesetzt, diese sind jedoch nicht vorab optimiert, im Gegenteil: gerade im Bereich der Haustechnik versuchen Betriebe, eine einmal erarbeitete Lösung so oft wie möglich zu verkaufen, auch wenn sie den Anforderungen nicht entspricht. Grund dafür ist der herrschende Konkurrenzkampf am Markt; im Bereich der Haustechnik sind Preisnachlässe um 80% keine Seltenheit.

#### **Optimierte Version - Vorschläge für den Soll-Zustand**

Eine Vorplanung als Aspekt der integrierten Gebäudeplanung bedeutet eine Optimierung von immer wieder gleichen Problemstellungen: Anschlüsse und konstruktive Details können voroptimiert werden. Das Ergebnis einer Voroptimierung ist eine Reihe guter Standardlösungen, von denen einzelne je nach Anforderungen in den verschiedenen Bauvorhaben zur Anwendung kommen. Das Ausoptimieren von Bauteilen und Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung (TGA), die Vorplanung und in einigen Fällen auch Vorfertigung führt zu einer Entwicklung in Richtung Baukastensystem, mit dem optimierte Teile relativ risikoarm, einfach und schnell und damit kostengünstig auf der Baustelle zusammengefügt werden können. Dieser Ansatz ist im Fertigteilhausbau vorhanden, darüber hinausgehend nur angedacht.

Hinsichtlich der Erarbeitung flexibler Lösungsbaukästen bestehen aber auch Bedenken gegen die Anpassung fertiger Lösungen, die die Anforderungen doch nicht ganz erfüllen. Als Argument dagegen wurde weiters angeführt, daß die Entwicklung einer neuen maßgeschneiderten Lösung nicht mehr Zeit erfordert als das Adaptieren fertiger Sets.

Zu überlegen ist daher, welche Komponenten sinnvollerweise voroptimiert und vorgefertigt werden sollen, um einerseits eine tatsächliche Unterstützung im Planungsprozeß zu leisten und andererseits die Qualitätssicherung der Bauausführung zu erleichtern.



Zur Umsetzung dieses Vorhabens besteht weiters Bedarf an einem Katalog, der anführt, welche Kriterien voroptimierte Komponenten erfüllen sollen. Mögliche Anforderungen sind: einfache Bauweise, geringer Materialverbrauch, leicht kontrollierbar, leicht reparierbar, leicht auswechselbar.

## 9.2 Klärung der Rahmenbedingungen

Die Planung eines Gebäudes ist ein komplexes Entscheidungsproblem. Das Spektrum an Möglichkeiten kann jedoch bereits im Vorfeld des eigentlichen Planungsbeginns beträchtlich eingeeengt werden.

Für jede Gebäudeplanung existieren Determinationen bzw. Rahmenbedingungen. Durch die Klärung dieser Rahmenbedingungen können Zielkonflikte unter Umständen aufgelöst und Richtungsentscheidungen vorgegeben werden.

Abgesehen von gesetzlichen Vorgaben existieren im Hinblick auf eine Optimierung der Sonnenenergienutzung folgende Determinationen im Vorfeld der Gebäudeplanung:

- **Städtebauliche Determination:** Gebäudeorientierung und zu erwartende Nachbarbebauung wirken sich auf die Möglichkeiten der passiven Solarnutzung aus und sind daher bei der Planung zu berücksichtigen.
- **Nutzeranforderungen:** Arbeitsplatzqualität und Arbeitsabläufe bedingen die Raumaufteilung und Verbindung von Räumen, wodurch sich Anforderungen an die Statik ergeben. Die Art der Raumnutzung stellt Ansprüche an die Beleuchtung und damit an die Haustechnik sowie an das architektonische Konzept hinsichtlich Tageslichtnutzung.
- **Determinationen aus solartechnischen und ökologischen Überlegungen:** Für die Optimierung eines Gebäudeenergiekonzeptes ist die Kompatibilität von architektonischem, statischem und haustechnischem Konzept zu gewährleisten.
- **Budget:** Der vorgegebene Kostenrahmen muß eingehalten werden.

Die Phase „Klärung der Rahmenbedingungen“ im Vorfeld der Planung ist entscheidend, da hier die Weichenstellungen für die weitere Planung erfolgen. Problematisch ist, daß für den Bauherrn bis zum Ende der Vorentwurfsphase große Unsicherheiten bezüglich des Bauvorhabens bestehen; zum Teil wird die Entscheidung, ob das Gebäude überhaupt gebaut werden soll, erst mit dem Vorentwurf gefällt. Die Bereitschaft zur Investition finanzieller Mittel in diese Phasen ist daher gering.

### Derzeit übliche Situation - Einschätzung des Ist-Zustands

- **Städtebauliche Determination:** Gebäude werden in der Regel isoliert betrachtet, das Umfeld wird nicht berücksichtigt.
- **Nutzeranforderungen:** Bauherren geben Gebäude in Auftrag, ohne genau zu wissen, was sie wollen. Gebäude müssen oft „repariert“ werden, bevor

sie noch fertig gebaut sind, weil sich herausstellt, daß die Planung nicht mit den Nutzeranforderungen übereinstimmt.

In vielen Fällen möchte der Investor ein möglichst flexibles Gebäude, das sich der jeweilige Nutzer nach seinen Bedürfnissen adaptieren kann, da zum Zeitpunkt der Planung meist unklar ist, wer das Gebäude mieten wird.

Maximale Flexibilität ist jedoch mittlerweile auch bei Bauherrn wichtig, die das Gebäude selbst besiedeln, da sich sowohl Firmenstrukturen wie auch technische Möglichkeiten rasch ändern (während Tageslichtnutzungssysteme beispielsweise bei Arbeitsplätzen mit Zeichentischen zweckmäßig sind, können sie bei Umstellung auf Computerarbeitsplätze Probleme bereiten). Genauere Anforderungen werden meist jedoch nicht gestellt.

- **Determinationen aus solartechnischen und ökologischen Überlegungen:** Eine Berücksichtigung findet aus folgenden Gründen meist nicht statt: mangelndes Wissen, Widerstand gegen die Einschränkung der künstlerischen Freiheit, keine Notwendigkeit auf Grund fehlender Anforderungen seitens des Bauherrn.

#### **Optimierte Version - Vorschläge für den Soll-Zustand**

- **Städtebauliche Determination:** Erster Schritt einer solaren Planung ist die Klärung der Besonnung des Grundstückes. Geht es um die Gesamtoptimierung, so müssen weitere Rahmenbedingungen wie lokale Knappheit natürlicher Ressourcen (z.B. Wasser) und lokale Umweltbelastungen (z.B. verseuchter Boden, Lärm, gasförmige Emissionen) wie auch Infrastrukturfragen (z.B. Verkehrsanbindung) berücksichtigt werden.

Als zweckmäßig wird eine Besprechung zur Klärung dieser Fragen erachtet, bevor die eigentliche Planung beginnt. Teilnehmer dieser Sitzung sollten sein: Architekt, Statiker, Energieplaner, Materialplaner, Umwelttechniker und ein Vertreter der Gemeinde (Bebauungsplanung). Inhalt der Besprechung ist eine sehr grobe Machbarkeitsanalyse, deren Ergebnis eine stichwortartige Darstellung der Für und Wider verschiedener Optionen ist.

Mit geringem Aufwand können so in engem Wechselspiel mit der Bebauungsplanung von Anfang an die richtigen Weichen gestellt werden, noch bevor der Auftrag an den Architekten erfolgt. Ein Beispiel für eine Vorgangsweise dieser Art ist der Gestaltungsbeirat in Krems.

- **Nutzeranforderungen:** In diesem Schritt wird ein Pflichtenheft als Arbeitsgrundlage (Anforderungsprofil) für den Architekten und weitere Fachplaner erarbeitet. Bene Consulting beispielsweise bietet dem Bauherrn die Ausarbeitung von Anforderungsprofilen für den Architekten als Dienstleistung an. Gemeinsam mit dem Bauherrn werden die Arbeitsplatzstandards der Firma heute und in Zukunft festgelegt. Ausgehend vom einzelnen Arbeitsplatz werden dann die Räume und deren Verbindungen für Gruppen und Abteilungen den Arbeitsabläufen und Organisationsformen entsprechend geplant.

Folgender Prozeß führt zum Planungshandbuch für den Architekten:

- Erheben von Bedürfnissen (Workshops zum Herausarbeiten der Kundenbedürfnisse) mit dem Bauherrn

- Aufbereiten der Ergebnisse
- Festlegen von Standards für das Unternehmen (Festschreiben in Maßen; bestimmte Arbeitstische bedingen Mindestraumgrößen)
- Optimierungsprozeß anhand folgender Faktoren: Fläche, Komfort, Kosten (führt bis zur Empfehlung des Achsmaßes)
- Bewertung von Optionen anhand eines Punktesystem (zur Überprüfung der Effizienz)

Ergebnis ist ein Planungshandbuch mit folgendem Inhalt: Angaben zur Firma, Strategie, Unternehmenskultur, Zweck des Gebäudes, Angaben zum Baukörper, Lage, Rahmenbedingungen, Zielsetzungen (in welche Richtung sind Kompromisse möglich), Achsmaßempfehlung, Raumprogramm, Ergebnisse von Besiedlungssimulationen.

Das Planungshandbuch ist das Anforderungsprofil für den Architekten, auf dessen Grundlage er seinen Vorentwurf erarbeitet. Energetische Aspekte werden nur auf Wunsch des Bauherrn besonders berücksichtigt.

- **Determinationen aus solartechnischen und ökologischen Überlegungen:** Für die Optimierung eines Gebäudeenergiekonzeptes ist die Kompatibilität von architektonischem, statischem und haustechnischem Konzept zu gewährleisten. Dazu ist die möglichst frühzeitige Zusammenarbeit der Fachplaner erforderlich. Eine Möglichkeit der Herstellung von Nahtstellen wird in der Erarbeitung von Pflichtenheften der Fachplaner gesehen, in denen sie - vergleichbar den Nutzeranforderungen - ihre Kriterien für eine energetische Gebäudeoptimierung festlegen und an den Architekten richten.

### 9.3 Vorentwurfsphase

Der Vorentwurf wird im Maßstab 1:200 erarbeitet und beinhaltet folgendes:

- Festlegung der Gebäudegröße
- Einhaltung der baurechtlichen Bestimmungen
- Flächen- und Raumprogramm
- Statisches Konzept
- Grundsätzliche haustechnische Überlegung

#### **Derzeit übliche Situation - Einschätzung des Ist-Zustands**

In der Vorentwurfsphase sind viele Unsicherheiten der Regelfall; oft fällt erst jetzt die Entscheidung, ob ein Gebäude überhaupt gebaut werden soll. Darauf ist der Wunsch des Bauherrn zurückzuführen, diese Phase möglichst billig zu gestalten. Er beauftragt daher einen Architekt mit Erfahrungen auf diesem speziellen Gebiet, die jedoch nicht mehr unbedingt aktuell sein müssen.

Auf Basis seines Erfahrungshintergrundes erarbeitet der Architekt den Vorentwurf praktisch allein. Berechnungen und Simulationen zur energetischen Optimierung werden aus Kostengründen meist nicht durchgeführt. Erst in den späteren Planungsphasen wird gewöhnlich ein Bauphysiker und TGA-Experte

zugezogen. Diese Vorgangsweise ist relativ unbedenklich bei sich wiederholenden Standardlösungen (z.B. bei großem Erfahrungshintergrund mit Reihenhausanlagen); sie ist jedoch problematisch bei allen Vorhaben, die auf spezifische Erfordernisse eingehen müssen, was bei Bürogebäuden üblicherweise der Fall ist.

Eine typische Vorentwurfsplanung könnte wie folgt ablaufen:

- Die Phase „Klärung der Rahmenbedingungen“ wird meist übergangen, Nutzeranforderungen fehlen.
- Um ein komplexes Problem zu strukturieren, legt der Architekt relativ schnell eine Struktur fest. Damit teilt er sein Gebäude ein und kann besser agieren. Werden keine Anforderungen an ihn gestellt, an denen er sich orientieren kann, kommuniziert er dazu im besten Fall mit dem Statiker. Dieser weiß üblicherweise ebensowenig wie der Architekt über die Anforderungen an ein Bürogebäude Bescheid.

Bewehrung, Abstände zwischen den Stützen und Stärken der Stützen werden von der Höhe des Gebäudes bestimmt, aber auch von der Tiefgarage: in Ermangelung anderer Kriterien werden Bürogebäude daher häufig nach ihren Tiefgaragen optimiert. Hauptkriterium ist damit das Management der Autos.

Der Architekt entscheidet dann das Säulenmaß und entwirft die Büros „darum herum“. Die Art der Nutzung wird erst später überlegt, wodurch bei der Raumverteilung und Arbeitsplatzgestaltung viel nicht genutzter Raum (monetäre Größenordnung: 10 m<sup>2</sup> pro Büro, bei 100 Büros und 15.000 ATS / m<sup>2</sup> bzw. 1.090,09 € / m<sup>2</sup> sind das 15 Mio ATS bzw. 1.090.092,50 €) entsteht. Überdies werden Arbeitsabläufe durch Fehlplanungen behindert und verursachen damit weitere Kosten.

### **Optimierte Version - Vorschläge für den Soll-Zustand**

Soll ein energetisch optimiertes Gebäude geplant werden, so müssen dem Architekt im Vorentwurfsstadium neben den Nutzeranforderungen unter anderem folgende Informationen vorliegen:

- Wieviel Platz benötigen bestimmte technische Einrichtungen (z.B. Wärmerückgewinnung)
- Was ist bei Leitungsführungen zu beachten
- Dimensionen der Leitungsführungen (Platzbedarf)
- Baurechtliche Rahmenbedingungen (Schall- und Wärmedämmungen, Brandabschnitte)

Dazu benötigt der Architekt im Grunde Experten aus den relevanten Fachplanungsbereichen. Die Festlegung auf ein statisches System kann erfolgen, weil es mit dem Raumprogramm gut übereinstimmt, die Kosten niedrig sind und den baurechtlichen Anforderungen entsprochen wird: allerdings kann durch die Wahl dieses statischen Konzepts die für ein sinnvolles Energiekonzept erforderliche haustechnische Leitungsführung verhindert werden.

Werden keine Fachplaner zugezogen, so operiert der Architekt im Vorentwurfsstadium mit seinem Laien- und Erfahrungswissen im Bereich Statik, Bauphysik, Haustechnik und Lichtplanung. Auch bei großer Erfahrung werden damit aber neuere technische Entwicklungen nicht umgesetzt, da der Architekt nicht alle Berufsfelder und die jeweiligen Entwicklungen überblicken kann.

Aus diesem Grund ist es für die Planung eines energetisch optimierten Gebäudes erforderlich, alle Konsultanten von Beginn an in die Planung einzubeziehen. Da es sich um Entscheidungen handelt, die in gegenseitiger Abhängigkeit in schnellem Wechselspiel fallen, besteht die einzige Lösungsmöglichkeit darin, die relevanten Fachplaner in den Prozeß zu holen.

Derzeit besteht ein Nahtstellenmangel zwischen den in die Planung involvierten Berufen: es ist wenig Bewußtsein dafür vorhanden, daß es sich um Nahtstellen handelt, daß diese gestaltet werden müssen und wie eine solche Gestaltung aussehen könnte. Pflichtenhefte der Fachplaner, in denen sie Anforderungen an den Architekt aus ihrer Sicht festlegen, wären eine Möglichkeit zur Gestaltung dieser Nahtstellen.

Positiv hervorgehoben werden sollen Planungsteams, die Planungen gemeinsam (Architekt, Statiker, Bauphysiker, etc.) anbieten und durchführen. Damit wird gewährleistet, daß in frühen Planungsstadien keine Entscheidungen fallen, die eine energetische Optimierung behindern bzw. verhindern. Diese Vorgangsweise wird jedoch durch eine Vielzahl von Barrieren behindert, die hier nur stichwortartig angeführt werden sollen:

- Der Bauherr schreibt den Haustechnikteil separat aus
- Der Bauherr arbeitet seit Jahren mit bestimmten Kooperationspartnern und gibt dem Architekten Fachplaner vor
- Haustechnik-Firmen legen billige Angebote (bis zu 80% Preisnachlaß)
- Vertragsgestaltung und Gesellschaftsrecht erschweren die Kooperation zwischen Architekten und Fachplanern

#### **9.4 Umsetzung der Optimierung der frühen Planungsphasen**

Die Voraboptimierung ist ein strategischer Bereich, der nicht ein spezifisches Bauvorhaben betrifft. Die „Klärung der Rahmenbedingungen“ ist allerdings für jedes einzelne Bauvorhaben wichtig. Problematisch für die Umsetzung ist, dass diese Phase laut Honorarordnung in Österreich nicht als eigene Planungsphase vorgesehen ist, während das in Deutschland beispielsweise schon der Fall ist (Abläufe nach HOAI Deutschland und GOA Österreich siehe Anhang). Der Auftraggeber muss sich über die Bedeutung dieser Phase im Klaren sein und die entsprechenden Leistungen explizit beauftragen. Praktisch gibt es dafür jedoch eine massive Barriere, die auch die Phase des Vorentwurfs gleichermaßen betrifft: meist fällt die Entscheidung, ob gebaut wird, erst nach dem Vorentwurf und aus diesem Grund sind die Auftraggeber selten dazu bereit, viel Geld in die Phasen davor zu investieren.

Angesichts dieser Planungspraxis wird derzeit aufbauend auf den Ergebnissen der IEA Task 23 das Konzept der „Vernetzten Planung“ entwickelt, eine Art

„abgespeckte“ Version der integralen Planung, die den Anspruch erhebt, an die derzeitige Planungspraxis in Österreich anschlussfähig zu sein. Im Forschungsprogramm „Haus der Zukunft“ wird ein prozessorientierter Leitfaden für die Zusammenarbeit in der Vorentwurfsphase erarbeitet. Der Leitfaden richtet sich an innovative Projekte und soll unter den derzeitigen Praxisbedingungen leicht anwendbar zu sein. Weitere Informationen: [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at).

## 10 Quellen

FHE Fachtagung 1993: Integrale Planung II. SIA-Dokumentation D 0115, Zürich

Löhnert G. (2001): Leitfaden und NAVIGATOR für den integralen Planungsprozess. Beitrag im Rahmen der Tagung „Integrierte Planungsprozesse“ im Juni 2001. Tagungsband: Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf

Löhnert G., (2001a): Nachhaltige, integrale Gebäudeplanung für eine umweltgerechte, kosteneffiziente Baukultur. Sustainable Building 2000. Sonnenenergie, Zeitschrift für regenerative Energiequellen und Energieeinsparung 1/2000, S. 34-39.

Löhnert G., (2000): Chancen für eine neue Planungs- und Baukultur, in Westfälischer Turnerbund e.V. und Initiative „Sport und Umwelt“ (Hrsg.) Die Turnhalle der Zukunft: Praxisbeispiele und Perspektiven von umweltgerechten und multifunktionalen Sportstätten C.F. Müller Verlag, Heidelberg, ISBN 3-7880-7656-9

Löhnert G., Sutter W., Jaboyedoff P., Schuler M., (2001): Internes Arbeitsmaterial im Rahmen der IEA SHC Task 23, Subtask B, Integrated Design Process Guidelines and NAVIGATOR, weitere Information: [www.task23.com](http://www.task23.com)

Stulz, R. (1991): Integrale Planung – mehr als ein Schlagwort? In: FHE Fachtagung 1991: Integrale Planung. SIA Dokumentation D 083, Zürich

Voss K., Löhnert G., Wagner A., (2000), Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnungsbau – Konzepte und Bauten, SolarBau:MONITOR Journal 2000, Bezug: Informationsdienst BINE, Mechenstr. 57, D-53129 Bonn, [bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de), 14,- Euro, weitere Information: [www.solarbau.de](http://www.solarbau.de)

Architect's Progress Record

Development		Building Design / Planning Phase					Construction / Realisation Phase				Operation
	1 Vorentwurf	2 Entwurf	3 Einreichung	4 Ausführungsunterlagen	5 Ausschreibungsunterlagen	6 Geschäftliche Oberleitung	7 Technische Oberleitung	8 Künstlerische Oberleitung	9 Bauaufsicht		
Step	Schematic Design	Design Development	Building Documents	Executive Design	Mass Records and Advertising	Negotiation and Contracting	Negotiation, Contracting (technical aspects), construction supervision	Art Director - Artistic Supervision	Construction Supervision		Step
Fee according to Austrian Fee Structure for Architects and Engineers	13%	17%	10%	30%	15%	5%	5%	5%			100%
Percentage calculated from the total of fees for planning and construction supervision	8%	11%	7%	19%	10%	3%	3%	3%	36%		100%
Basic Tasks	(Vorentwurf) - Analyse basics - Conceptual design including alternatives - Define and describe the essential context of functional, physical technical, economic, energetic and environmental factors - Estimate building cost - Summary report, scale 1:200	(Entwurf) - Execution of design concept - Building description - Execution of drawings of scale 1:100 (floor plans, elevations, sections, etc.) - Cost calculation and control - Summary of building design documents	(Einreichung) - Elaboration of building documents according to applicable codes, regulations, standards and mandatory requirements except building documents that have to be provided by other designers / engineers - Submit all building documents (drawings, calculations and descriptions)	(Ausführungsplanung) - Elaboration of results of design phases 3 - 4 - Draw up executive design drawings relevant for building construction, taking into account the contributions of all other designers involved in the planning of the building	(Kostenermittlungsgrundlagen) - Ascertainment and collection of building masses - Elaborate work descriptions including records according to trades - Settle and coordinate the work description among other planners	(Geschäftliche Oberleitung) - Completion of advertising papers for trades - Invitation of tenders - Examine / assess bids including price review assisted by all planners - Settle all work of all contractors - Negotiation to bidders - Cost review from bids - Cost control by comparison of cost review and calculation - Assist contracting with successful bidders - Release of invoices for payments, based on the cost control done by the construction supervisor	(Technische Oberleitung) - Technical advice in all respects during the whole planning and construction process - Negotiations with authorities and others involved in the construction of the building - Elaborate schedules for the construction phase - Final commissioning after completion of the building	(Künstlerische Oberleitung) - Artistic Supervision of construction, control with respect to correspondence with concept and design, final decisions with respect to details relevant under functional and artistic aspects	Construction supervision is not part of the fee charged for planning. The fee for construction supervision is a percentage of production cost, varying dependent on the construction project (estimation: 50 - 60 % of planning cost). Tasks of the construction supervisor: - Negotiations with enterprises - Supervision of building construction execution according to building documents, specifications, contracts and other information from the field of Artistic Supervision and Technical Supervision, conformity to regulation/standard - Coordination of all planners and enterprises - Elaboration / control of time schedules - Construction recording - Inspection of building construction / masses - Commissioning and deficiency report - Billing records - Final cost control, update and report - Contact appropriate authorities for legal commissioning - Schedule warranties - Cost control by checking final invoices		Basic Tasks
	Extra Tasks (extra charge, not included in fee)	(Grundlagenermittlung Z1) Elaborate basics: clarify task; investigation of different requirements; site analysis; building operations planning; room programme; functional programme; assessment of environmental relevance	(Zusätzliche Planungsleistungen Z2) Other planning tasks: complete preliminary design due to specific demands; prepare presentations by means of special methods such as models, ...; contribute to elaboration of documents necessary for negotiations with building authorities; contribute to elaboration of documents necessary for negotiations with other authorities such as water, ...; changes of planning results that are beyond the responsibility of the architect; elaborate alternative specifications; assess and approve drawings of others not involved in the planning process with respect to correspondence with executive design; assess of executive drawing of other experts involved in the planning process; (Raumbuch Z6) Room programme: elaborate a room programme taking into account and integrating contributions of other designers involved in the planning process	(Zusätzliche organisatorische Leistungen Z4) Other administrative tasks: assistance in negotiations with building authorities; assistance in getting the approval of other authorities; assistance in getting neighbour approval; elaboration of documents for specific examinations, audits and investigations; support of client in case of objection and legal action; administrative tasks according to law (Bundesvergabegesetz, Landesvergabegesetz); additional effort due to production of data medium according to specific demands; project coordination tasks according to law; elaborate time schedule and management plan; (Vereinfachtes Baubewilligungsverfahren Z5) Simplified building permit negotiations; make the necessary arrangements for simplified building permit negotiations;	(Bestandsplanung Z7) Record drawings: elaborate record drawings based on building documents and executive design drawings; (Brandschutzplanung Z10) Fire protection planning: elaborate fire protection planning according to legal obligations, using basics provided by other designers involved; (Übergabepläne Z11) Handing over drawings: elaborate handing over drawings scale 1:50 based on executive drawings, integrating drawings provided by other designers involved that are relevant for building operation and maintenance; (Orientierungspläne Z12) Orientation drawings: describe fire escape ways in simplified record drawings	(Zusätzliche geschäftliche Leistungen Z3) Other financial tasks: elaborate financing plans; elaborate cost-benefit-analysis; support with loans; investigation of cost efficiency detailed cost calculation by drawing up mass structures or building component catalogue; examine and assess bids from work descriptions requirements; elaborate and supervise specific time schedules, cost schedules and capacity schedules; (Nutzwertgutachten Z9) expert's opinion on utilisation value according to law (Wohnungseigentumsgesetz)	(Fertigstellungsanzeige Z8) Advice of completion; written confirmation for building authorities with respect to the building's completion according to building permit; (Objektbetreuung Z13) Building supervision; inspection of building construction and deficiency report; control of deficiency compensation; (Dokumentation Z14) Building documentation: equipment manuals; develop operation and maintenance plans; observation and administration of the building; facility management; site inspection after handing over; Supervision of maintenance and operation tasks; preparation of data for data base; ascertainment and cost fixing according to reference cost; examine building analysis and operation-cost-benefit analysis			Extra Tasks	

HVAC Engineer's Progress

Development		Building Design / Planning Phase					Construction / Realisation Phase			Operation		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Step	Schematic Design	Design Development	Building Documents	Executive Design	Prepare Contracting	Participate in Contracting	Construction Supervision	Commissioning	Cost Control		Documentation	Step
Fee: Phases of planning tasks according to the Austrian Honorarrichtlinien Technischer Büros - Leistungsbild Technische	18%	24%	5%	33%	12%	8%						100%
Fee: Phases of supervision tasks according to the Austrian Honorarrichtlinien Technischer Büros - Leistungsbild Technische							75%	15%	15%			100%
Basic Tasks	Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung); Erarbeiten der wesentlichen Teile einer Lösung der Planungsaufgabe; Elaborate the key elements of planning task; Settlement of design and objectives; investigation of basics; elaborate planning concept including the analysis of alternative solutions with estimation of costs; elaborate functional scheme; define and describe the context of functional, physical, technical etc. factors; contribute to negotiations with authorities; contribute to cost estimation; compile results of planning phase	Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung); Erarbeiten der endgültigen Lösung der Planungsaufgabe; Elaborate the final solutions for the planning task; Execution of design concept, elaborate drawings; define systems; design and description; coordination with pre-structural design regarding assumed load and other information needed; contribute to negotiations with authorities and other experts involved; contribute to cost calculation	Bewilligungsplanung (Einreichplanung); Erarbeiten der Vorlagen für die erforderlichen Bewilligungen; Elaborate documents for submission; Elaboration of building documents according to applicable codes for submission; completion and adaptation of specifications, descriptions and calculations; contribute to negotiations with building authorities	Ausführungsplanung (Führungspläne, Projektpläne); Erarbeiten und Darstellen der ausführungsfähigen Planungsvarianten; Draw up executive design drawings; Elaborate results of phase 2 and 3 taking into account specific requirements aiming at providing the basics for installation planning; elaborate drawings of systems (dimension); elaborate slot drawings	Vorbereitung der Vergabe (Ausschreibung); Ermitteln der Mengen und Aufstellen von Leistungsverzeichnissen; Collect numbers / amounts and elaborate specifications; Collect numbers and amounts as basic information for the elaboration of specifications and coordinate with other designers involved; elaborate specifications	Mitwirkung bei der Vergabe; Prüfen der Angebote und Mitwirkung bei der Auftragsvergabe; Assess bids and assist contracting with successful bidders; Assess bids; contribute to negotiations with tenderers regarding technical aspects; contribute to contracting regarding technical aspects	Fachbauaufsicht (Bauüberwachung); Überwachung der Ausführung der Anlagen; Supervision of building construction execution; Supervision of building documents, installation plans and specifications; contribute to the elaboration and supervision of the time schedule; contribution to cost control	Abnahme; Commissioning; Commissioning and deficiency report; participation in legal commissioning; check protocols, drawings and other building information provided by executing companies for completion; warranties; control of deficiency compensation	Rechnungsprüfung; Control of invoices; Check quantity surveys done by executive companies; control of invoices; contribute to cost statement		No basic tasks according to HRI	Basic Tasks
	Extra Tasks	Tests and computer simulations; systems analysis; energy analysis; data collection and compilation; analyses and optimization processes aiming at energy saving and environmentally sound construction; analyse basics; revise plans according to changing requirements	Elaborate data to be used by other experts involved; calculation of economic efficiency; calculation of operating cost; elaborate the technical part of the room programme; calculation and detailed comparison of emissions; detailed documentation of economic efficiency	Revise and adapt building documents due to requirements that are beyond the responsibility of the designer; contribute to appellate procedures	Control formwork drawings of structural engineer; elaborate drawings for junctions and connections; elaborate power supply drawings; elaborate conduit drawings; contribute to the elaboration of wall views; lay in drawings for pre-fabricated components or site concrete	Specifications with utilization programme; elaborate drawings for tendering; cost calculation	Assess other alternatives	Conduct measurements; supervision of producing companies (commissioning); elaborate and control time schedule; presence at the building site; assess installation plans with regard to compliance with project; other assessment tasks	No extra tasks according to HRI	No extra tasks according to HRI	Site and construction inspection for deficiency control according to warranty schedules for contractors; supervision and control of deficiency compensation; contribute to opening of security performances; elaborate plans for maintenance management; education of staff; technical control of energy consumption and airborne emissions;	







# **Zielkonflikte im Planungsprozess**

## **Langfassung**

Autorinnen

Susanne Geissler  
Wibke Tritthart

am 31.05.2002

## Zielkonflikte im Planungsprozess

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
2	<b>BAUPROJEKTE UND IHRE ZIELSETZUNGEN .....</b>	<b>3</b>
3	<b>BEISPIELE FÜR ZIELKONFLIKTE .....</b>	<b>5</b>
4	<b>MÖGLICHKEITEN DES UMGANGS MIT ZIELKONFLIKTEN .....</b>	<b>8</b>
5	<b>ANMERKUNGEN AUS DER SICHT DER PRAXIS: ARCHITEKTEN UND ENERGIEPLANER ZU ÖKOLOGISCHEN ZIELEN UND ZIELKONFLIKTEN .....</b>	<b>10</b>
6	<b>DEFINITION VON PLANUNGSZIELEN ALS VORAUSSETZUNG FÜR DIE GESAMTHEITLICHE OPTIMIERUNG.....</b>	<b>36</b>
7	<b>MCDM-23 .....</b>	<b>41</b>
8	<b>ALTERNATIVE METHODEN DER ZIELBESTIMMUNG UND DISKUSSION VON ZIELKONFLIKTEN.....</b>	<b>44</b>
9	<b>QUELLEN .....</b>	<b>47</b>

## Zielkonflikte im Planungsprozess

## 1 Einleitung

An ein Gebäude werden vielfache Anforderungen gestellt: das Raumklima soll optimal sein, der Energieverbrauch gering, die Betriebskosten niedrig und die Architektur dem Zweck des Bauwerks entsprechen. Gebäude sind nicht nur Witterungsschutz, Lebensraum, Arbeitsumgebung, künstlerischer Ausdruck und Symbol, Gebäude sind auch die größten Verursacher von Stoffströmen und Energieverbrauch und damit ein wichtiger Ansatzpunkt für eine rohstoffsparende, zukunftsfähige Wirtschaftsweise. Die Reduktion des Material- und Energieaufwands für Gebäude leistet einen wichtigen Beitrag zur Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung („sustainable development“).

Neben den ökologischen Kriterien, die Gebäude erfüllen sollten, stehen die Wünsche von Auftraggebern, Nutzern und die Bedingungen von Architekten und Fachplanern:

Für **Auftraggeber** ist das Budget ein zentraler Aspekt.

Bei den **Nutzern** stehen die Bedürfnisse nach einem behaglichen, gesunden Klima und funktionellen, auf ihre Bedürfnisse abgestimmten Räumen im Vordergrund.

**Architekten und Fachplaner** wiederum sehen die Planung von Gebäuden als eine Dienstleistung, die sie zur Verfügung stellen, aber auch als Möglichkeit der Selbstdarstellung und als Experimentierfeld für innovative Technologien.

Gebäude müssen also nicht nur mit dem verfügbaren Budget und unter Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen gebaut werden, sie sollen auch

- den Anforderungen der künftigen Nutzern entsprechen,
- architektonisch anspruchsvoll sein,
- wenig Energie verbrauchen und wenig Kohlendioxid emittieren,
- umweltfreundliche Materialien enthalten,
- eine lange Lebensdauer aufweisen,
- recyclinggerecht geplant sein.

Bei einem Bauprojekt werden somit immer mehrere Ziele verfolgt. Einige dieser Anforderungen lassen sich Hand in Hand erfüllen: Gute Luftqualität in den Innenräumen und verringerte Lüftungsenergieverluste sind durch energieeffiziente, elektrisch betriebene Lüftungstechnik erreichbar. In vielen Fällen liegt die Lösung zur Befriedigung aller Anforderungen wie beispielsweise Nutzerfreundlichkeit, Energieeinsparung und Kosteneffizienz aber nicht so klar auf der Hand:

Häufig treten zwischen zwei oder mehreren Zielen Unvereinbarkeiten auf, sogenannte Zielkonflikte. Ein Zielkonflikt liegt vor, wenn man durch eine bestimmte Maßnahme zwar einem Ziel näher kommt, sich aber dadurch gleichzeitig von einem anderem Ziel entfernt.

Folgendes Beispiel soll das veranschaulichen: Für passive Sonnenenergienutzung braucht man verglaste Flächen. Damit die solaren Gewinne nicht durch Transmissionsverluste kompensiert werden, setzt man Wärmeschutzgläser mit sehr guten U-Werten ein. Diese Gläser verringern jedoch die Lichtdurchlässigkeit auf bis zu 40%. Die solare Wärmeengewinnung steht somit im Konflikt mit der Tageslichtnutzung. Mittlerweile gibt es schaltbare Fenster, deren Wärmeschutzwert jenem von Wärmeschutzglas gleichkommt und deren Lichtdurchlässigkeit 80% beträgt. In diesem Fall wurde der Zielkonflikt durch die Entwicklung einer neuen Technologie aufgelöst.

Die Auflösung von Zielkonflikten, oder anders ausgedrückt, die gesamtheitliche Optimierung eines Gebäudes, ist wichtig, weil jedes energetisch und ökologisch nicht optimierte Gebäude auf Jahrzehnte eine ökologische Belastung darstellt, die - wenn überhaupt - nur unter hohen finanziellen Aufwendungen korrigierbar ist. In vielen Fällen ist dafür nicht unbedingt eine neue (unter Umständen teure) Technologie erforderlich, Umweltentlastungen können auch (zu geringen Kosten) durch die verstärkte Zusammenarbeit von Experten im Planungsprozess erreicht werden.

Soll eine optimierte Gesamtlösung für ein Gebäude erreicht werden, sind die beteiligten Fachplaner während des Planungsprozesses mit komplexen Entscheidungssituationen konfrontiert, die in vielen Fällen nur im Team lösbar sind. Entscheidend ist, dass sich Potenziale oft nur kostengünstig realisieren lassen, wenn sie schon früh genug im Planungsprozess mitgedacht werden.

Ein gutes Beispiel sind die Parameter „Orientierung“ und „Gestalt“ des Baukörpers, die bereits zu Beginn der Planung in der Vorentwurfsphase vom Architekt fixiert werden – meist, ohne einen Energietechniker hinzuzuziehen. Gerade diese Parameter sind aber ausschlaggebend für die Optionen, die für die Energieversorgung offen stehen. Der Haustechniker oder Energietechniker wird erst viel später ins Planungsteam geholt und macht dann das Beste aus der bestehenden Situation. Eine gesamtheitliche Optimierung ist in diesem Stadium nicht mehr möglich.

Im Rahmen der IEA Task 23 wurde MCDM-23 entwickelt, ein Tool für die frühen Planungsphasen. Es dient dazu, die Diskussion von Planungszielen und deren Wertigkeiten im Planungsteam zu unterstützen. Damit sollen Unvereinbarkeiten bzw. Zielkonflikte offen gelegt und für eine Diskussion zugänglich gemacht werden.

Die vorbereitenden Recherchen zum Thema „Zielkonflikte“ in Österreich haben gezeigt, dass das Bewusstsein für Zielkonflikte und für die Möglichkeiten der Optimierung in den frühen Planungsphasen wenig ausgeprägt ist. Zielkonflikte werden häufig ignoriert, zumindest aber nicht bewusst angesprochen und diskutiert. Damit bleiben Potenziale für die Einsparung von Energie und Emissionen ungenutzt. Dies liegt zu einem bedeutenden Teil auch daran, dass die Planung im Team auf Grund der gegebenen Rahmenbedingungen wenig praktiziert wird. Der Bereich der teamorientierten Planung wird im Task 23 Themenheft „Optimierung des Planungsprozesses“ behandelt; im vorliegenden Themenheft wird versucht, das Bewusstsein für das Thema „Zielkonflikte“ anhand praktischer Beispiele zu wecken. Abschließend wird das Instrument MCDM-23 als Ergebnis der Arbeiten im Rahmen der Task 23 vorgestellt.



## 2 Bauprojekte und ihre Zielsetzungen

Die Anforderungen an ein Bauprojekt resultieren aus gesetzlichen Vorgaben, Förderrichtlinien, Wünschen des Auftraggebers, Vorstellungen des Architekten und Notwendigkeiten, die sich aufgrund von globalen Erfordernissen ergeben, wie beispielsweise jene einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Gesetzliche Vorgaben wie die Bauordnung oder Arbeitsschutzbestimmungen, Vorstellungen des Bauherrn, aber auch globale Erfordernisse wie jenes der sparsamen Nutzung von Rohstoffen geben somit die Ziele für ein Bauprojekt vor.

Manche dieser Ziele sind mehr oder weniger vorgegeben. „Fixe“ Ziele ergeben sich etwa durch gesetzliche Bestimmungen: Vorgaben der Bauordnung, wie beispielsweise Brandschutzbestimmungen, aber auch Vorgaben bei Bundesbauten oder Wünsche des Bauherrn setzen manchem Projekt enge ökologische und energetische Grenzen. „Vorgegeben“ ist aber nicht gleichzusetzen mit „unveränderlich“, denn in Bezug auf die Bauordnung beispielsweise sind Ausnahme genehmigungen durchaus möglich (Beispiel mehrgeschossiger Holzbau in Wien), die mittelfristig wieder zu einer Veränderung der gesetzlichen Vorgaben führen, wie dies am Beispiel des mehrgeschossigen Holzbaus zu sehen ist. Auch die Festlegungen des Bauherrn sind in den meisten Fällen nicht unumstößlich.

In der vorliegenden Broschüre geht es nicht um gesetzliche Anforderungen, diese (bis auf Ausnahmefälle) von Beginn an fixen Ziele werden hier nicht behandelt. Wir befassen uns in erster Linie mit variablen Zielen jenseits gesetzlicher Vorgaben, und zwar insofern sie einerseits die Nutzerfreundlichkeit und vor allem aber andererseits Auswirkungen auf die Umwelt betreffen.

Es gibt eine große Anzahl von beispielhaften Architekturprojekten, einzelne Häuser, Siedlungen bis hin zu ganzen Stadtteilen, die unter einem Schirmthema konzipiert und realisiert wurden. Beispiele hierfür sind „kindergerechtes Wohnen“, „behindertengerechtes Wohnen“, „Frauen und Wohnen“, „Wohnen und Arbeiten“, und viele andere mehr. Auch ökologisches Bauen und Wohnen wird oft als eine weitere Facette eines solchen – aus welchen Gründen auch immer – gewählten Überthemas betrachtet. Dies ist jedoch nicht die Intention unserer Bemühungen. Uns geht es vielmehr darum, ökologische Ziele und Nutzerbedürfnisse IN JEDES BAUVORHABEN integrierbar zu machen.

Ökologische Ziele können beispielsweise den folgenden Kategorien zugeordnet werden. Diese Kategorien sind wieder in Unterkategorien unterteilt, die auszugsweise in Klammern angegeben sind:

- Ressourcenverbrauch (Flächenverbrauch, Materialverbrauch, Wasserverbrauch, Energieverbrauch, ...)
- Umweltbelastungen (CO<sub>2</sub>-Emissionen, Stickoxidemissionen, Abwasser, Abfall, ...)

Die Interessen der Nutzer bzw. Auftraggeber sind beispielsweise in folgenden Kategorien zu finden:

- Lebenszykluskosten (Baukosten, Energiekosten, Wartungskosten, ...)
- Raumklima (thermische Behaglichkeit, visuelle Qualität, ...)
- Architektonische Qualität (Identität, Proportionen, städtebauliche Integration, ...)
- Funktionalität (Flexibilität, Wartungsfreundlichkeit, ...)

Bei einem konkreten Bauprojekt stellen sich folgende Fragen:

- Was sind die Ziele für das Projekt? Ziele werden bei vielen, auch „ökologischen“ Bauten nicht exakt formuliert.
- Wie wichtig sind die einzelnen Ziele, ist eine Reihung möglich? Bestehen Minimalanforderungen bei den einzelnen Zielen? Diese Fragen können nur beantwortet werden, wenn die Ziele für das Projekt klar definiert sind.
- Welche Zielkonflikte (Unvereinbarkeiten zwischen einzelnen Zielen) und Entscheidungssituationen treten bei der Planung auf?
- Wann treten die Zielkonflikte auf? Bei grundsätzlichen Fragen (z.B. Energiekonzept) oder bei Detailplanungen?
- Wer soll die Zielkonflikte ansprechen?

Das in Task 23 entwickelte Tool MCDM-23 bietet eine Hilfestellung bei der Diskussion und Festlegung der Planungsziele für ein konkretes Projekt und deren Reihung nach der Bedeutung der einzelnen Ziele (Gewichtung). Damit können Zielkonflikte bei grundsätzlichen Fragen offen gelegt und für die Diskussion und Lösung im Planungsteam aufbereitet werden. Eine Person im Planungsteam sollte MCDM-23 bedienen können. Meist wird dies der Moderator bzw. der Teamleiter sein, jedenfalls eine Person, die eine koordinierende Funktion wahrnimmt.

Bevor wir auf das Tool MCDM-23 im Detail eingehen, geben wir einige Beispiele für Zielkonflikte. Weiters zeichnen wir ein Stimmungsbild aus der Praxis anhand von Interviews: Ist das Bewußtsein vorhanden,

- dass bei jedem Bauvorhaben konkurrierende bzw. unvereinbare Ziele auftreten?
- dass sogenannte Zielkonflikte dazu genutzt werden können, Optimierungspotenziale zu erschließen?

MCDM-23 wurde in einem internationalen Team unter Beteiligung anerkannter ExpertInnen erarbeitet. Die Rahmenbedingungen für die Umsetzung sind jedoch in den teilnehmenden Ländern unterschiedlich. Das Stimmungsbild aus der Praxis war daher auch wichtige Grundlage für die Konzeption der weiteren Verbreitung der Ergebnisse von Task 23 in Österreich..

### 3 Beispiele für Zielkonflikte

Jedes Gebäude, das errichtet, umgebaut oder saniert wird, soll gewissen Zwecken dienen und gewisse Ziele erfüllen. Unter Zielkonflikt wird hier verstanden, dass in der Planung meistens mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt werden. Da die verschiedenen Entwürfe und Konzepte diese Ziele in unterschiedlichem Maße erfüllen, kommt es zu Widersprüchen bzw. Unvereinbarkeiten. In diesem Kapitel geben wir Beispiele für verschiedene Formen von Zielkonflikten.

#### a) Zielkonflikte innerhalb eines Zieles

- Fenster ermöglichen solare Gewinne ↔ Fenster führen zu höherem Transmissionswärmeverlust (Ziel: Minimierung des Energieverbrauches)
- Fenster ermöglichen solare Gewinne ↔ Fenster führen zu Überhitzung im Sommer und damit zu Kühllasten (Ziel: Minimierung des Energieverbrauches)
- Energiesysteme bedingen einen höheren Erstinvestitionsaufwand, sparen dann aber Betriebskosten (Ziel: Kostenreduktion)

#### b) Zielkonflikte zwischen verschiedenen Zielen

- Fensterrahmen aus Aluminium sind langlebig und wartungsfrei ↔ Alu verursacht hohen Primärenergieverbrauch in der Herstellung (Ziele: Langlebigkeit / Wartungsfreiheit versus Ressourcenverbrauch)
- Architektonische Konzepte verlangen bestimmte Einblicke und Durchblicke ↔ Transparente Teile verursachen Transmissionswärmeverlust und/oder erhöhten Aufwand bei der Ausführung der Details (Heizung in kondensationsgefährdeten Ecken, heikle Ausführung von Dichtungsebenen, etc.) (Ziele: Architektur versus Ausführungsaufwand/Fehlertoleranz versus Minimierung des Energieverbrauches)
- Raumökonomische und damit ökonomische Lösungen ↔ architektonischer Entwurf (Ziele: Optimale Flächennutzung versus Architektur)
- Fenster nutzen das Tageslichtangebot ↔ Fenster führen zu Blendung und damit Schließen der Jalousien und Kunstlichtnutzung (Ziele: Visuelle Qualität versus Minimierung des Energieverbrauches)

#### c) Zielkonflikte bei einem konkreten Bauprojekt: Volksschule Münchendorf

Die Schule Münchendorf sollte neu gebaut werden, der Standort stand bereits fest. Es wurde kein Wettbewerb ausgeschrieben. Die Gemeinde beauftragte ein „ökologisches Gebäude“, quantitative Ziele und Prioritäten wurden nicht gesetzt. Der Architekt erarbeitete zwei Entwürfe zur Auswahl für den Auftraggeber (Gemeinde), von denen einer zur weiteren Bearbeitung gewählt wurde. Der Planungsprozess verlief typisch, d.h. die Zusammenarbeit mit dem Planungsteam erfolgte erst ab der Ausführungsplanung. Die Einreichplanung wurde vom Architekten allein vorgenommen, der als Vorreiter auf dem Gebiet des solaren Bauens und der Baubiologie über langjährige Erfahrung verfügt.

Von Beginn an fanden jedoch Beiratssitzungen statt, in denen die Gemeinde als Auftraggeber vertreten war.

Die Nutzer des Gebäudes, Lehrer und Schüler, waren nicht Mitglieder im Beirat, wurden aber vom Architekt zugezogen. Es zeigte sich, daß zwischen den Vorstellungen des Architekten und des Auftraggebers und jenen der zukünftigen Nutzer große Diskrepanzen bestanden, die in Diskussionen teilweise auflösbar waren.

Die Analyse des Planungsprozesses und die Analyse der getroffenen Entscheidungen zeigte folgendes:

### Schwachstellen des Planungsprozesses:

- Lehrer und Schüler als zukünftige Nutzer zuwenig einbezogen; keine klar definierten Nutzeranforderungen
- Keine quantitativen Ziele bezüglich Gebäudequalität
- Keine Prioritäten bei der Definition von Planungszielen

### Methode der Entscheidungsfindung:

- Vor allem Nutzung von Erfahrungswerten
- Entscheidungskriterien waren:
  - \* Ökologische Qualität
  - \* Kosten (Investitionskosten- und Betriebskostenvergleiche)

Wichtig war der Vergleich der Investitionskosten mit den Betriebskosten. Investitionskosten werden vom Land subventioniert, die Betriebskosten zahlt die Gemeinde als Betreiber der Volksschule. Insofern bewertete die Gemeinde die Betriebskosten als sehr wichtig.

Folgendes Beispiel zur Auswahl des Materials für die Isolierung soll die Entscheidungsfindung veranschaulichen: In Erwägung gezogen wurden Materialien, die üblicherweise für den Wärmeschutz verwendet werden. Styropor wurde aus Umweltgründen ausgeschlossen, Kork wurde aus Gründen der Kosteneffizienz gewählt.

Im Falle konkurrierender Optionen folgte der Entscheidungsprozeß folgenden Leitfragen:

- Welches Ziel oder Kriterium ist am wichtigsten
- Welches Ziel oder Kriterium ist nur durch eine Option erfüllbar
- Welche Ziele oder Kriterien sind durch mehr als eine Option erfüllbar

### Aufgetretene Zielkonflikte:

- Automatische Heizungsregelung: Energieeinsparung versus Komfort. Die Lehrer waren gegen die Heizungsregelung, weil diese als Einschränkung der Unterrichtsflexibilität und des Wohlbefindens der Schüler gesehen wurde.

Die Entscheidung liegt bei den Lehrern, ob körperliche Aktivität in den Unterricht einbezogen wird. In diesem Fall sind niedrigere Temperaturen angenehmer, im Gegensatz zum Bedarf an höheren Temperaturen bei geringerem körperlichen Aktivitätsniveau.

- Energieträger für Raumwärme: Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen versus Kosten und infrastrukturelle Rahmenbedingungen. Der Standort war bereits mit Gas versorgt, weshalb andere, erneuerbare Energieträger aus Kostengründen nicht mehr in Erwägung gezogen wurden.
- Wärmeschutz: Energieeinsparung versus Kosten. Der Heizenergiebedarf gemäß ÖNORM B 8110 wurde in zwei Versionen berechnet: einmal entsprechend den gesetzlichen Vorschriften, einmal mit den vom Architekt und Energietechniker vorgeschlagenen Werten. Die Resultate überzeugten die Gemeinde als Auftraggeber, in bessere Isolierung zu investieren und von den niedrigeren Betriebskosten zu profitieren.
- Bereitstellung von Freiräumen: Energieeinsparung versus Wohlbefinden. Unter Berücksichtigung der Bedürfnisse von Kindern war es von Beginn an klar, daß sich das Gebäude nicht durch Kompaktheit auszeichnen, sondern Freiräume anbieten sollte. Das Wohlbefinden der Kinder wurde über das Ziel der Energieeinsparung gestellt.

Thermische Solarenergie wurde vor allem aus Gründen der Vorbildwirkung für die Gemeindebürger und als Anschauungsprojekt für die Kinder genutzt (ein ökologisches Gebäude muß die Energie der Sonne nutzen); der gleiche Grund kann für die Verwendung teurer umweltgerechter Materialien angegeben werden, die trotz hoher Kosten verwendet wurden.

Alle anderen Maßnahmen wurden gewählt, weil ihre Kosteneffizienz nachgewiesen werden konnte.

Teure Maßnahmen konnten umgesetzt werden, weil Geld in anderen Bereichen eingespart wurde, beispielsweise durch die Vermeidung einer mechanischen Lüftungsanlage im Turnsaal durch intelligente architektonische Planung.

Die Analyse von Planungsprozess und Entscheidungsabläufen dieses österreichischen Projekts ist in der IEA Task 23 Veröffentlichung „Examples of Integrated Design“ enthalten sowie in einem umfangreichen Bericht, der die Dokumentation von 21 Fallbeispielen enthält. Parallel zu Münchendorf wurde das Projekt „Bank Bludenz“ als weiteres Vorhaben analysiert. Die englische Dokumentation beider Analysen ist unter dem Projekttitel als separates Dokument verfügbar.

Weitere Informationen: [www.task23.com](http://www.task23.com)

## 4 Möglichkeiten des Umgangs mit Zielkonflikten

Der Terminus „Zielkonflikt“ wird in der geschilderten Bedeutung von den Akteuren in der Praxis nicht verwendet. Dies zeigt eine Reihe von Interviews, die mit Architekten und Energieplanern aufgenommen wurde. Erst nach einer Erklärung und dem Nennen von Beispielen für Zielkonflikte konnten die Interviewpartner mit dem Begriff etwas anfangen und steuerten dann sogar eigene Beobachtungen bei, z.B. den Zielkonflikt zwischen der Vergrößerung des Tageslichtanteils durch Atrien und der Raumökonomie.

Grundsätzlich ist es jedoch so, dass ein Gebäude nicht als „Ansammlung von Zielkonflikten“ wahrgenommen wird. Auch wenn am Beginn der Planungen immer eine Abklärung der Ziele des Gebäudes erfolgt, werden in weiterer Folge Zielkonflikte nur mehr selten ausgesprochen, weder in Gesprächen mit dem Bauherrn, noch in der Zusammenarbeit mit den anderen Planern.

Jedoch: Viele der Entscheidungen, die der Architekt permanent zu fällen hat und viele der Varianten, die entworfen werden, haben Auswirkungen auf mehrere Ziele, die für den Bau formuliert wurden und sind somit Zielkonflikt-Entscheidungen, ohne dass es zu einer Abwägung bzw. „Trade-off“ dafür gekommen wäre. Da kein Bewusstsein besteht, welche Probleme als Zielkonflikt zu behandeln sind, werden ausführlichere Entscheidungsgrundlagen für deren komplexe Zusammenhänge und Abhängigkeiten oft nicht erarbeitet. So orientiert man sich beim Entwickeln von Lösungen für eine energieoptimierte Haustechnik zuerst meist an den verfügbaren Systemen und nicht an einer Auflösung von Zielkonflikten. Bestenfalls wird gefragt „Was bringt uns das System (TWD, Sonnenkollektoren, PV, Erdregister, etc.) in unserem Fall?“

Planung im Team bietet die Möglichkeit, verschiedene Sichtweisen (Ziele) einzubringen und das Gebäude als integriertes Produkt mit optimierten Lösungen in allen Bereichen (architektonische Konzept, Energiekonzept, Entsorgungskonzept, etc.) zu entwerfen. Das in IEA Task 23 entwickelte Tool MCDM-23 kann als Hilfsmittel zur Identifizierung von Zielkonflikten eingesetzt werden.

Sind die Zielkonflikte erkannt, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, mit den Konflikten umzugehen.

### **Auflösung von Zielkonflikten durch Technologieentwicklung**

Zielkonflikte sind der Initiator für die Technologieentwicklung: die Industrie überwindet Zielkonflikte mit neuen Produkten (meist im Hochpreissektor). Es werden innovative Produkte entwickelt, die neue und bessere Eigenschaften in mehreren Bereichen aufweisen. Meistens sind diese Produkte aber teurer und verursachen wiederum einen Konflikt mit dem Ziel „Geringe Baukosten“.

Ein Beispiel für die Auflösung des Zielkonflikts „Tageslichtnutzung versus Raumwärmeeinsparung“ ist die Entwicklung von Lichtlenklamellen: Früher wurde die Tageslichtnutzung durch große Außenflächen und damit große Verlustflächen gewährleistet, während eine kompakte energiesparende Bauweise mit vielen dunkle Zonen verbunden war. Mit Lichtlenklamellen können kompakte Bauten mit Tageslicht ausgeleuchtet werden.

Ein alter Zielkonflikt formuliert sich aus den gegensätzlichen Anforderungen von Wärmedämmung und passiver Sonnenenergie- und Tageslichtnutzung.

Ist das Budget kein begrenzender Faktor, kann der Zielkonflikt „Tageslichtnutzung versus Raumwärmeeinsparung“ durch die technische Entwicklung gelöst werden. Mittlerweile gibt es Gläser, die gute Wärmedämmeigenschaften aufweisen und somit diesen Zielkonflikt überwinden (drei-Scheiben-Wärmeschutzgläser, etwa dreifache Kosten im Vergleich zum Durchschnittsglas).

### **Auflösen von Zielkonflikten bzw. Kompromissfindung im Planungsteam**

Bei knappem Budget wird die Lösung des Zielkonflikts schwieriger. Nun müssen verschiedenen Überlegungen angestellt werden, wie beispielsweise: Wo werden belichtete Flächen gebraucht? Wie geht man mit sommerlichem Wärmeschutz um? Ist genügend Speichermasse vorhanden, gibt es Möglichkeiten zu Verschatten ohne Beeinträchtigung der Belichtung? Dies führt zur Frage: ist das Licht angesichts der Nutzeranforderungen überhaupt wichtig, bzw. wo ist es wichtig? Eine befriedigende Lösung kann nur in der Diskussion mit dem Auftraggeber und den verschiedenen Experten, also im Planungsteam, erreicht werden.

### **Ignorieren von Zielkonflikten**

Architekten verfügen in der Regel bereits über eine ausgedehnte Sammlung an Detaillösungen aus ihrer Ausbildung, aus Fachpublikationen, durch Werbematerial verschiedener Firmen, etc. Auch ihr Erfahrungsschatz, also oft genutzte „Lieblingskonstruktionen“ und „Lieblingsmaterialien“ sowie die „Bürophilosophie“ eines Architekturbüros führen zu frühen Festlegungen und damit Unflexibilität bei Zielkonflikten - soweit, dass der Zielkonflikt gar nicht thematisiert wird. Einzelerfahrungen mit innovativen Lösungen, deren Stand aber bereits weit überholt sein kann, z.B. die nicht funktionierende Wärmepumpe, können ebenfalls dazu führen, dass nicht nur gewisse Systeme von vornherein ausgeschlossen werden, sondern auch, dass der zugrundeliegende Zielkonflikt nicht zugelassen wird.

## 5 Anmerkungen aus der Sicht der Praxis: Architekten und Energieplaner zu ökologischen Zielen und Zielkonflikten

Heute muss ein Gebäude höheren Ansprüchen genügen als in den vergangenen Jahrzehnten: Es soll nicht nur den Möglichkeiten seines Bauherrn, seiner Funktion und seiner Umgebung gerecht werden, sondern auch die Gesundheit seiner BewohnerInnen unterstützen und negative Auswirkungen auf die Umwelt minimal halten. Mit der „Chemisierung“ des Bauens, der Flut an neuen Materialien und neuen Technologien, werden die Entscheidungen der Verantwortlichen am Bau diesbezüglich immer wichtiger und zugleich immer komplexer.

Im folgenden werden 4 Architekten (A1-A4), ein Energieplaner und zwei Energieexperten (E1-E3) zu Wort kommen. Ihre Sichtweise dieses Themas und ihr Umgang mit komplexen Entscheidungssituationen haben wir im Rahmen ausführlicher qualitativer Interviews aufgenommen. Natürlich erlaubt die kleine Zahl der Interviewten keine Aussagen mit Repräsentativität weder für eine der interviewten Gruppen und schon gar nicht für die österreichische Praxis. Wir haben uns jedoch bemüht, Personen mit einer breiten Variation in ihrer „Herangehensweise“ an das Thema „Energie und Ökologie“ als Interviewpartner zu finden um somit eine größtmögliche Breite an Meinungen zu erhalten.

A1 ist erfolgreicher Architekt mit betont baukünstlerischem Habitus und insbesondere mit Erfahrungen bei zahlreichen großen Bauprojekten, A2 ist Architekt mit fundierten Zusatzkenntnissen im Bereich Energieverbrauch und solares Bauen, A3 ist ökologisch engagierter Architekt, A4 ist Architekt mit Interesse an energiesparender Bauweise, wenn mit baukünstlerischen Ideen vereinbar. Alle Architekten haben bereits mittlere bis größere Bürobauten realisiert.

### Ökologische Ziele

Aus den Interviews geht hervor, dass die bereits genannten ökologischen Ziele mittlerweile breit akzeptiert sind. Die Wichtigkeit der verschiedenen Ziele wird aber durchaus unterschiedlich beurteilt. Daraus ergab sich, dass jeder Interviewpartner unter ökologischem Bauen bzw. unter ökologischen Bauten etwas anderes verstand. So z.B. sprach Interviewpartner E1, wenn er etwas „ökologisch“ nannte, von Haustechnik-Systemen, die Energie sparen oder erneuerbare Energie nutzen. A2 verstand darunter Solararchitektur u.a., jedoch weniger die Niedrigenergiebauweise.

A2: Dämmstoffe sind ja gewöhnlich verdeckt. Da gibt es auch Präferenzen der Bauherren, die wollen keine Mineralfaser haben oder wollen etwas Organisches, also noch Organischeres, noch Natürlicheres. Ich entscheide da gewöhnlich nach den Kosten, Kosten-Leistungsverhältnis.

E3: [...] Bauen mit der Sonne ja, aber solar hat eben das Problem, ich muss viel Glas sehen, vielleicht auch Photovoltaik, das sind alles Dinge, die man dann eher dazugibt, sondern ich würde eben das „sustainable“ so sehen, wie nachhaltig sind die Werkstoffe, wenn Sie wollen auch die Baustoffe, aus der Umgebung.



Bis auf den baukünstlerischen Architekt (A1) konnten die Gesprächspartner aber genau definieren, was für sie als „ökologisch“ galt und auf welche Grundideen sie sich stützten. A1 hingegen blieb diesbezüglich wesentlich unbestimmter: er nannte zahlreiche Planungsmerksätze (wie Auswirkung der Gebäudeorientierung auf passive Solarenergienutzung, Verschattungswirksamkeit eines Dachüberstandes, etc.) und zahlreiche Technologien – um dann einiges davon wieder zu relativieren. Auch bezüglich der Materialien war er der Einzige, der Bedenken anmeldete:

A1: Ich habe ein bisschen Schwierigkeiten, wenn man Ökologie zu sehr mit Kiefernholzmöbelromantik und Offener-Kamin-Romantik missversteht.

A1: Für mich ist Beton genauso ein ökologischer Baustoff wie es Holz sein kann, wie es ein Ziegel sein kann, weil wenn ich den Beton richtig einsetze, hat er eine enorme Speicherfähigkeit, ich habe eine sehr gute Ausgleichsfähigkeit, hier die Sommer/Winterspitzen zu puffern, also Beton als Masse einzusetzen.

A2: Je mehr man von der Energie, die am Bauort vorhanden ist, nutzen kann, desto intelligenter ist das, weil weniger Ressourcen verbraucht werden, weil die Investitionen geringer sind. Das energiebezogene Bauen beginnt für mich bei der Untersuchung, wie viel kann man von diesem Energiebedarf, das kann Kühlung im Sommer sein und Heizung im Winter, aus der Umgebung decken und unter welchen Umständen.

E2: Aber Solararchitektur heißt eigentlich, von der Wiege bis zur Bahre eines Gebäudes mit Sonnenenergie zu planen und das bedeutet auch, Baustoffe zu verwenden, die nachhaltig durch Sonnenenergie bereitgestellt werden können. Das ist z. B. Holz.

E3: Ich glaube, dass man einmal ein Bild schaffen muss, was wir unter Ökologie verstehen wollen, unter „sustainable“, und eine Art Bewertungskatalog haben muss, mit dem jeder sich Punkte geben kann.

Berechtigerweise wird vom baukünstlerischen Architekt die in vielen Fachzeitschriften oft unreflektierte Verherrlichung von fragwürdigen Großprojekten kritisiert:

A1: Es gibt tolle interessante Systeme, gerade kürzlich war es die Deutsche Bank in Frankfurt, die haben in jedem 10. Stockwerk ein dreigeschossiges Glashaus eingebaut. Sie kriegen dann wahnsinnig tolle Hochglanzbroschüren, wie unglaublich großartig das ist. Wenn sie dann genau schauen, dass die allein für diese Glashäuser wahrscheinlich 30 - 40 Leute zusätzlich angestellt haben, die dann unter irgendeinem Deckmantel laufen. Wenn Sie ehrlich sind, sind diese Dinge wieder ein bisschen fragwürdig. Da nimmt man so ein Grünmäntelchen, um den Baugrund optimal auszunutzen, dass man dann so hoch bauen kann und dann baut man alle 20 Stockwerke ein Glashaus rein, dass die Leute wenigstens noch irgendwann einmal im Laufe des Tages einen Baum sehen. Das hat dann eher andere Hintergründe. Da geht es nicht um ökologisches Bauen, da geht es darum, dass die Leute in ihrer Mittagspause weit und breit kein Grün sehen und dort wird ihnen halt ein Grün vorgespielt.

Für ihre ökologischen Anliegen waren die Interviewpartner bereit, sich stark zu engagieren. Der baukünstlerischer Architekt (A1) war der einzige, welcher sich auf die Frage zurück zog, was ist die Funktion des Gebäudes, was will der Bauherr?

Frage an A3: Sonnenkollektoren - sind das Sachen die der Bauherr fordern muss?

A3: Bei uns nicht. Bei uns muss er sagen, lasst mich damit in Ruhe, weil sonst kriegt er sie einfach aus Dach hinaufgesetzt. Er muss wirklich sagen, er will es nicht haben, sonst kriegt er sie automatisch zumindest zur Warmwasseraufbereitung, wenn wir können.

Frage an A4: Sie sagen, eigentlich ist die Rolle des Architekten sehr, sehr wichtig, der Architekt, der weiß, was er will und auch eine gewisse Erfahrung hat, was machbar ist.

A4: Ja, und eine gewisse Hartnäckigkeit.

Frage: Der vielleicht den Bauherrn in gewissen Dingen auch überzeugen kann.

A4: So ein Gesamtkonzept hat ja das Problem der Komplexheit und wer kann da den Durchblick haben, wenn nicht der Architekt. Denn der Fachplaner sieht wirklich nur seinen Fachbereich. Und der Bauherr ist, - ich meine, es ist klar, ist ja nicht sein Fachgebiet - der ist überfordert. D. h. es gibt nur eine Stelle, wo alles zusammenläuft. Das kann nur der sein, der sozusagen die Grundidee eingebracht hat und das Ganze zusammenhält.

A1: [Ökologie/Energie] Also das ist heute ein Bewertungskriterium und komischerweise bei Bauherren, die es sich leisten können, also Bauherren, die mehr als eine Minimumsumme zur Verfügung stellen für ihr Gebäude, gerade die legen auf diese Dinge besonderen Wert. Das ist auch irgendwie eigenartig. Die sagen: Durchwegs akzeptiere ich das etwas höhere Investitionsvolumen, das vielleicht notwendig ist in eine bessere Haustechnik, oder in eine bessere Gebäudehülle und dafür habe ich ein Projekt, das mir vielleicht jetzt nicht unbedingt rechnerisch in einer Fünfjahreszeit den Payback ergibt, sondern gibt es halt langfristiger, aber ich habe diese Dinge berücksichtigt. Es sind leider noch sehr wenige.

Generell wird aber hervorgehoben, dass der Bauherr eine wesentliche Rolle dabei spielt, welche ökologischen Ziele erreichbar sind.

E1: Es gibt zwei Kategorien von Bauherren. Die einen, die sich sowieso von vornherein, sei es im Wettbewerb oder auch direkt einen Architekten aussuchen, von dem sie glauben, der kann so etwas realisieren. Und wo sie sich auch Projekte anschauen, wo sie Literatur, Architekturzeitschriften sehen und die machen da etwas, das gibt uns einfach Image. Und Energie ist mittlerweile für große Bauherren, das sind Banken, z. B. Banken sind da eigentlich sehr gute Kunden für unsere Projekte, große Industrieunternehmen, die sich einen Verwaltungsbau bauen möchten, der ganze Medienbereich. Dann sind es auch manchmal spezialisierte Unternehmen aus der Elektronikbranche, die mit ähnlichen Technologien ihr tägliches Brot verdienen und für die ist das einfach sozusagen „in“. Meistens machen sie das aus Imagegründen, nicht weil sie sich die Kilowattstunde irgendeines Primärenergieträgers nicht leisten können und da geht es auch nicht unbedingt um die Ökonomie des energetischen Konzeptes.

Weil es denen im Prinzip egal ist, ob sie 500.000 Kilowattstunden Gas verheizen oder Öl, und ob das 100.000 ATS (7.267,28 €) oder 500.000 ATS (36.336,41 €) kostet. Das ist die eine Kategorie. Die andere Kategorie ist die, die meistens aus einem Wettbewerb resultiert, die dann von der Prämierung ein bestimmtes Architekturbüro aufs Auge gedrückt bekommt. Wenn sie dann einen Architekten als erste Vertrauensperson für ihr Gebäude gefunden haben, dann passiert das manchmal, dass der ein energetisch sensibler Mensch ist, dem das persönlich ein Anliegen ist, dass dieses Projekt energetisch gut wird und der dann einfach mit Energiekonzeptern zusammenarbeitet, für ein Konzept, das ökologisch und auch extrem ökonomisch sein muss. Das ist also wesentlich schwieriger. Da geht es nicht um Show, um irgendeine Photovoltaik, die an der Fassade hängt und die halt gewisse Performance bringt, sondern da geht es darum, sehr konzeptintegriert zu arbeiten. Permanent den Kostenfaktor im Auge zu behalten. Die einzelnen Gewerke kostenmäßig permanent im Prozess abzuchecken und nie die relative Position der einzelnen Gewerke zu verlieren. Da geht es dann sehr um Kompromissentscheidungen, innerhalb vom Projekt.

A2: Einleitend, ohne Bauherrn gibt es keinen Bau. Der Bauherr wird, denke ich, oft zu wenig gewürdigt, wenn es zu einem guten Projekt gekommen ist, zu einem guten Objekt gekommen ist.

Bezüglich der großen Gruppen an Bauherren gibt es recht über einstimmend folgende Einschätzungen und damit korrespondierend folgende Umsetzungsprobleme:

Öffentliche Hand:

a) Bundesbauten

A1: [Beim Investorbau,] da zählen auch ganz andere Dinge noch nicht, die bei der zweiten Gruppe mehr zählen. Die zweite Gruppe ist der öffentliche Bauherr. [...] [Aber geringer Energieverbrauch oder Nutzung erneuerbarer Energie,] das ist ein Thema, das absolut hinten angereicht ist. [...] Die legen viel mehr Wert darauf, dass die Wirtschaftlichkeit, auch auf die Lebensdauer hin gesehen, die Reinigbarkeit, dass diese Dinge in Ordnung sind und mit ihren Vorgaben der Fensterflächen und der k-Werte ist eigentlich das Thema Energie auch schon mitbehandelt. [...] Mit den Wärmeschutzrichtlinien der Republik Österreich wird generell einmal eine gute Isolierung eines Gebäudes gefordert. Und damit hat es sich. Eine Gesamtenergiebetrachtung eines Gebäudes gibt es bei einem öffentlichen Bauherrn nicht, außer es hat ein Projektleiter ein besonderes Interesse, mehr oder weniger privates Interesse daran.

E2: Mir fällt spontan kein innovativer Bundesbau ein.

A3: Am wenigsten genau weiß die öffentliche Hand, was sie will. Das ist eine ganz klare Feststellung, die wissen teilweise nicht einmal wie groß ihre Flächen sind, die sie zur Verfügung haben oder die sie eigentlich brauchen. Das muss mit denen oft in irrsinnig mühsamer beamtischer Kleinarbeit ausgesprochen werden und dann fixiert werden.

b) Gemeinden

E2: Von der Gemeindeseite her, z.B. ist es auch hier in Vorarlberg manchmal gelungen, dass es unglaublich energieinnovative Gemeinden gibt, die von sich aus, z. B. bei der Errichtung ihres neuen Gemeindehauses oder des neuen Kindergartens oder der Schule, beim Wettbewerb ausgeschrieben haben, wir wollen einen niedrigen Energiekennwert und wir tun alles dazu, damit es in diese Richtung geht.

Investoren:

a) Wohnbauten, auch gemeinnützige

A3: Mit den öffentlich geförderten Gemeinnützigen haben wir nicht viel am Hut. Wir haben zwar an die 80 Wohnungen gebaut, aber die ökologischen Ansätze, die wir dort verwirklichen wollten, sind uns alle herausgestrichen worden und aus diesem Grund machen wir etwas, was vielleicht viele andere Kollegen auch schon machen. Wir haben einen eigenen Bauträger und wir bauen selbst in Eigenregie, auf eigenes Risiko, Wohnbau und verkaufen ihn auf dem freien Markt. Da können wir teilweise einen ökologischen Ansatz durchbringen. Es ist nur interessant, dass der Markt darauf überhaupt keinen Wert legt.

E2: Schlechter schaut es aus beim Bauherrn, der am Wohnbausektor operiert, weil er zur Zeit gerade auf der politischen Ebene bei den Baukosten am stärksten angegriffen wird und billiges Bauen gefordert wird. Was ja richtig ist. Nur, dass dieses billige Bauen die Errichtungskosten betrifft und nicht die Gesamtkosten über den Lebenszyklus eines Gebäudes.

b) Büro u.a. kommerzielle Nutzungen

A1: Die Themenstellung "Ökologisch Bauen", der weite Rahmenbegriff, der stellt sich für mich einmal grundsätzlich nicht im Bereich des ganz scharf kalkulierten Investorenbaues. Da wird von Bauherrenseite das absolute notwendige Mindestmaß an Haustechnik eingebaut, die halt erforderlich ist, um dem Gesetz genüge zu tun. Viel mehr ist da nicht drinnen. Vielleicht gibt es noch den Wunsch, einen Bioteich hinzubauen, aber drinnen, ich kenne eigentlich kaum Auftraggeber in diese Richtung, die... Bis auf ein paar Aushängeprojekte, in Österreich würde mir so ad hoc niemand einfallen, der darüber hinaus sehr viel investiert.

E2: Bei den Gebäuden, wo der Großteil auf dem Investorsektormarkt funktioniert, dort spielt die größte Rolle der Architekt und nicht der Bauherr. Wenn es dem Architekten gelingt, dem Bauherrn Innovation zu verkaufen, und sehr häufig sind ja die Gebäude nichts anderes als Werbeträger für den Investor. Der sagt, damit hast du eine höhere Marktchance. Wenn es gerade bei Bürogebäuden oder Repräsentationsgebäuden dem Architekten gelingt, Dinge mitzuverkaufen, dann kann er Energie mitverkaufen.

E3: Da wird es darauf ankommen, weil das ja dann private Investoren sind, ihr Image etwas aufzupolieren, einen Preis zu geben, solche Häuser mit Ökoprotit auszuzeichnen, wie es auch in der Industrie üblich ist. Ich könnte mir durchaus vorstellen, dass man auch bei Gebäuden, genauso wie in einem Betrieb, eine Art Umweltzeichen vergibt, wenn es diese Bedingungen erfüllt.

Eigene Nutzung (Private):

a) Büro und private „Häuslbauer“

A1: Also die Erfahrungen, die wir gemacht haben, je mehr er drinnen leben muss desto wichtiger, und bei kleineren Projekten ist es ihm viel wichtiger als bei anonymen Projekten.

A1: Ich kenne eigentlich kaum einen Bauherren, der mir sein Niedrigenergiehaus gezeigt hat, der sagt: Ich habe das Haus so als Niedrigenergiehaus bestellt, sondern der war immer dabei. Der muss mit der Philosophie mitleben. Das verlangt auch ein größeres Engagement des Bauherrn, muss man ganz ehrlich sagen. Dieses Engagement ist fast nur zu finden bei dieser Personalunion mitplanender Bauherr und nutzender Bauherr, nicht bei der Konstellation Bauherrn, der ein Gebäude errichtet, es dann einen Dritten nutzen lässt, also dort wird es schwierig.

A1: Dort [bei einem Gebäude der Bank Austria] hat der private Bauherr gesagt: Ich will es [Einsatz von Heliostaten] versuchen. Ich will es versuchen, damit ich weiß, wie kann ich mit dieser Technologie umgehen. Ich möchte meine Erfahrungen mit dieser Technologie haben, weil ich habe soundsoviele Gebäude, die kommen jetzt alle in den nächsten Jahren dran, die müssen wir energietechnisch optimieren, wir müssen da etwas verbessern, wir müssen etwas erneuern und ich will einfach wissen, wie funktioniert das und ich nehme das in Kauf.

b) Wohnungen

A3: Wir haben in Wien, mitten in der Innenstadt, einen - so haben wir geglaubt - wirklich ökologischen mehrgeschossigen Wohnbau zu errichten begonnen, bzw. wir sind in der Planung gewesen und wir haben dort Regenwasserwiederaufbereitung, Lehmputz, Sonnenenergie am Dach für die Warmwasseraufbereitung, Holzböden drinnen gehabt. Das ist überhaupt nicht angekommen. Wir haben dort nach 2 oder 3 vergeblichen Anläufen der Vermarktung die Notbremse ziehen müssen, weil sonst wäre uns das Geld ausgegangen. Wir haben gesagt, ok. Herunterschrauben auf normales Niveau, die 4 - 5.000 ATS (290,69 – 363,36 €) [pro m<sup>2</sup>], die wir gebraucht hätten um wirklich ökologisch zu bauen. Der Wohnungswerber, auch wenn er selbst drinnen wohnen will, ist nicht interessiert an diesen Dingen. Das heißt, wir haben also unsere ökologischen Erwartungshaltungen echt zurückschrauben müssen und haben dann versucht das, was man halt mit absoluter Not noch vertreten kann, zu realisieren.

### **Ziele und Zielkonflikte**

Im Gegensatz zu Entscheidungen im allgemeineren Sinne sollen Zielkonflikte hier Situationen benennen, die sich auf die grundsätzlichen Ziele des Gebäudes beziehen und wo auch Abwägungen mit anderen Zielen vorgenommen werden. Bei ökologischen Gebäuden werden folgende Ziele häufig genannt: hohe Ressourcenschonung, minimale Umweltbelastung, hohe Innenraumqualität (v.a. Gesundheit der BewohnerInnen).

Die Ziele eines Gebäudes können nur zusammen mit dem Auftraggeber (Bauherrn) festgelegt werden. Der Bauherr erwartet sich dann natürlich von den Planern, dass sie etwaige Zielkonflikte aufzeigen und eigentlich auch, dass sie diese lösen, bzw. derart aufbereiten, dass er sie lösen kann. Die Auswirkungen einer Lösung (z.B. einer Technologie, etc.) auf die

verschiedenen Ziele können aber oft nur abgeschätzt werden oder müssen aufwendig quantifiziert werden.

Dies stellt jedoch hohe Anforderungen an die FachplanerInnen, u.U. müssen SpezialplanerInnen herangezogen werden. Leider verlässt sich das Planungsteam eher auf das „Gefühl“ oder auf lange Jahre zurückliegende Erfahrungen der Mitglieder.

A2: Das ist eine Lücke hier bei uns. Ich weiß nicht, wie man es quantifiziert. Ich müsste mich da eines Fachmannes bedienen. Den hätte ich dann als Planer noch vergessen. Die Vielzahl dieser Planer erhöhen natürlich das Honorar und dann beginnt der Bauherr stutzig zu werden. Eigentlich auch mit Recht. Weil es bei jeder Investition mit ihrem Nutzen, nach meiner Auffassung nach, korreliert werden müsste.

A2: Mit Regenwassernutzung, Grauwassernutzung haben wir uns noch nicht beschäftigt.

Frage: Trotzdem hätte mich interessiert, wie ist da das Gefühl dazu. Ist es eher etwas, was die Sache verteuert, oder nicht?

P2: Verteuert natürlich.

E3: Wenn jemand einen komplizierten Wintergarten oder so ein Problemhaus hat, mit viel vorgebauten Glas, dass man dann schon Programme braucht, um zu simulieren, was passieren kann und könnte. Das ist aber nicht die Aufgabe einer Einzelplanung, das ist ein Teilprojekt, das der Planer dann nach außen geben kann.

A3: [...] das muss man dazusagen, die Bauphysik bitte wird ja immer mehr von den Architekten mitverlangt. D. h. der Bauherr, der öffentliche Bauherr zahlt ja den Bauphysiker nicht. Das sollen wir von unserer Gage mitzahlen.

Frage an A3: Jetzt noch zu den Fachplanern bei ökologischen Bauten. In welcher Hinsicht würden Sie sich da noch zusätzliche Expertisen wünschen.

A3: Wenn wir wen kriegen könnten, wunderbar. Aber wir kriegen keinen. Wenn wir wirklich etwas haben wollen, müssen wir uns in Berlin oder irgendwo, z. B. den Katalog über die Energiekennzahlen von einzelnen Baustoffen holen, weil es das in Österreich derzeit [zur Zeit des Interviews, Anm.] noch nicht gibt. Wie viel Energie braucht ein Baustoff in der Erzeugung, im Verbrauch, in der Entsorgung.

Frage an A4: War das von Anfang an klar, das Honorar vom Tageslichtplaner, wie viel das ist und dass das zusätzlich zu zahlen ist?

A4: Ja, und dann hat die Bank gesagt, ja das ist kein Problem, wir zahlen gerne zusätzlich, aber was bekommen wir dafür? So ungefähr.

Das Nicht-Wahrnehmen bestimmter Alternativen, die im Zuge der Diskussion eines Zielkonfliktes genannt werden, könnte zu unangenehmen Fragen des Bauherrn führen („Wieviel kostet bzw. bringt das? Warum haben sie das nicht herausgefunden?, etc.). Bei diesen Alternativen stehen oft hohe Investitionskosten niedrigeren Betriebskosten gegenüber. Ob sich die Investitionskosten amortisieren, hängt wesentlich davon ab, wie geschickt das System in den Entwurf integriert wird, wie hart die Preisverhandlungen geführt werden, welche Synergien genutzt werden, wie geschickt das System ausgelegt wird, etc. Einfacher ist es, diese Alternativen von vornherein als „zu teuer“ auszuschließen.

Im folgenden werden unterschiedliche Herangehensweisen bei Tageslichtsystemen aus den Interviews deutlich:

A1: [In einem öffentlichen Bürobau]...wir wollten so ein Tageslichtsystem installieren, das mit Heliostaten, also sprich mit einem gesteuerten Spiegelsystem die gesamten öffentlichen Bereiche mit Tageslicht ausleuchtet. Das ist zu weit gegangen, das wollte der Bauherr nicht.

A2: [Tageslichtsysteme] kosten 18.000 ATS (1.308,11 €) pro m<sup>2</sup>. Jetzt greife ich mir ans Hirn, wieso man so was verwenden kann, weil der Nutzen in keinem Verhältnis stehen kann zu dem Thema. Und dazu brauche ich jetzt einen Tageslichtplaner, [...]

A4: [Bei dem Bauvorhaben Sparkassa Bludenz] Dann war der nächste Planungsschritt, vom Bartenbach [Tageslichtplanung, Aldranz, Tirol] eine Hochrechnung gemeinsam mit unseren Architekten. Wir konnten ja auch einiges gegenrechnen: Wegfall von Jalousien, Wegfall von das und das usw. Dann hat es eine zweite Hochrechnung gegeben, rein über die Betriebskosten. D. h. weniger Licht, braucht weniger Strom, weniger Lüftung braucht eine 50 % geringere Lüftungsanlage und geringere Betriebskosten. Das wurde auch hochgerechnet und der Investition des Ganzen gegenübergestellt. Da ist man daraufgekommen, dass es wieder eine annähernde Amortisationsrechnung gibt. 8 bis 12, 14 Jahre, je nachdem, was man da hineinnimmt. Stehen bleibt immer noch die perfekte Arbeitsplatzqualität. Das war dann der ausschlaggebende Punkt.

Manche Probleme werden nicht als Zielkonflikt gesehen, sondern als eindeutig zu entscheidende oder sogar entschiedene Fälle. Von uns in den Interviews angesprochen wurde zum Beispiel der Zielkonflikt „Kontrollierte Belüftung versus natürliche Belüftung“.

Es zeigt sich insbesondere in der sehr ausführlichen Antwort des Interviewten E1, dass die Entscheidung in einem Zielkonflikt durch das Know-How der Spezialplaner erleichtert wird. Ansonsten werden Architekten in der Regel auf ihre Erfahrungen bzw. eine einmal geprägte Meinung zurückgreifen (A2, A1).

A2: Bei größeren Objekten muss sie kontrolliert sein. Egal, ob sie mechanisch bewerkstelligt wird oder mit baulichen Maßnahmen. Weil der Lüftungswärmeverbrauch ja einen wesentlichen Anteil haben kann.

E1: Eine natürliche Belüftung, sagen wir bei großen Projekten, geht dann, wenn man es jetzt irgendwie schafft, die Zuluft halbwegs vorzuwärmen. Mit -15° kann ich nicht ins Gebäude. Ich bin zwar nicht der Freak, der sagt es muss unbedingt +18° haben, aber mit -15° ist es schwierig. D. h. ich brauche jetzt irgend etwas, was die Luft vorwärmt. Das kann z. B. eine Doppelfassade bewerkstelligen. Dann brauche ich natürlich irgend etwas, das mir jetzt die Belüftung sicherstellt, die natürliche. D. h. ich brauche irgendwo einen Unterdruck, der das wieder absaugt. Das kann jetzt z. B. die Doppelfassade auf der anderen Seite sein, je nachdem wie es konzipiert ist, oder ein Atrium oder irgend so etwas bedeuten. Jetzt habe ich einmal die Grundvoraussetzungen drinnen, die mir höhere Kosten verursachen. Das ist die Doppelfassade und das Atrium. Das ist natürlich schon klar.

E2: Im Bürobau kenne ich mich nicht aus. Was dort immer wieder vermutet und behauptet wird in verschiedenen Fachbüchern, dass man damit natürliche Belüftung und Sommertauglichkeit schafft. Ich kenne mich aber nicht aus damit,

und es gibt zu wenige, nach einem gleichartigen Schema untersuchte Bürogebäude.

A1: Grundsätzlich bei den meisten unserer Bauaufgaben schauen wir, daß wir generell Lüftungstechnik, sprich Klimatisierungen im weitesten Sinne überhaupt nicht brauchen. Es gibt gewisse Bauaufgaben, da sind sie unumgänglich. Ich muss be- und entlüften, wenn wir innenliegende Räume haben. [...] Aber heute, im Bürohausbau, im Schulbau, im Universitätsbau, wenn das notwendig ist, dass ich dort klimatisiere, ist es für mich eine Fehlplanung.

### **Zielkonflikte im Planungsablauf**

Entscheidungen in der Planungsphase fallen oft nicht rational, sondern „aus dem Bauch“. Bei den ersten Entwurfsskizzen muss das wohl auch so sein, da ansonsten kein Gebäude mit individuellem Charakter entstehen kann, weil dieser Planungsschritt ansonsten viel zu viel Zeit kosten würde.

Wenn der erste Entwurf, sei es als Wettbewerbsentwurf oder als konkreter Vorschlag für den Bauherrn, steht, sollten Fragen der Energieversorgung und andere ökologisch relevante Ziele aber angesprochen und vereinbart werden, die dann im Vorentwurf auch bereits Gestalt annehmen.

A1: In den letzten Jahren haben wir bei einigen Auftraggebern schon eine gewisse Sensibilisierung, oder Sensibilität dieses Thema betreffend, festgestellt. Wir merken heute immer mehr bei großen Wettbewerben, dass Themen der Energie bereits im Wettbewerbsverfahren, das ist das für uns früheste Verfahren, für uns Architekten, dass bereits im Wettbewerbsverfahren dieses Thema ganz dezidiert angesprochen wird und auch Bewertungskriterium ist.

E1: Bei größeren Wettbewerben findet es durchaus statt, dass man sich vor dem Wettbewerb einmal mit dem Architekten zusammensetzt und so die prinzipiellen Umweltfaktoren durchgeht.

A1: [...] wenn es nicht ein Wettbewerbsverfahren war, wo bereits verpflichtend ein Energiekonzept vorzulegen war, wenn also ein herkömmliches Verfahren war, also ein quasi baukünstlerischer Wettbewerb, dann wird sofort, noch bei Weiterbearbeitung, das Energiekonzept durchskizziert. Das kriegt sofort nach dem Wettbewerb der Haustechnikplaner, genauso wie der Statiker die Unterlagen kriegt. Ein Statiker kriegt das auch schnell, daß er mir die Konstruktion konzipiert oder schaut, wo wird es Problempunkte geben bei dieser Konstruktion. Genauso wie es der kriegt, genauso kriegt es die Haustechnik, genauso kriegt es der Bauphysiker.

An den Vorentwurf schließt meist eine Planungsphase an, in welcher Diskussionen immer noch breiten Raum gegeben werden kann und soll. Allerdings kann dann auf einige Faktoren der übergeordneten Ziele kein Einfluss mehr genommen werden, z.B. oft die Form, die Bauweise, etc.

Mit fortschreitender Entwurfsplanung steigt der Entscheidungsdruck (Zeit-, Handlungsdruck). Er wird erzeugt durch den Terminplan, durch eigenen Kostendruck, durch Angst vor möglichem Autoritätsverlust (verschiedener Personen gegenüber verschiedenen anderen Personen), etc. Dies resultiert darin, dass eine Unwilligkeit entsteht, sich mit grundlegenden und komplexeren Zielkonflikten zu beschäftigen. Aber auch in der Detailplanungs- und Ausschreibungsphase bestehen natürlich noch immer Entscheidungsspielräume. Jedoch nimmt der Zielkonflikt mit dem Ziel



möglichst geringer Kosten, bzw. eher dem Ziel der Einhaltung gewisser Kosten, stark zu.

Manchmal bewirkt der Kostendruck, dass gewisse Lösungen nochmals in Frage gestellt werden, da vielleicht nur hier überhaupt noch ein Spielraum besteht und die Kosten nun gravierender zählen als der Nutzen.

Frage an A4: [Bei der Tageslichtplanung] Ihr Büro musste zusätzlich auch den Kostenvergleich mit anderen Optionen bringen. War das sehr aufwändig?

A4: Sehr aufwändig. Vor allem begleitend sehr aufwändig. Wir haben manche Dinge doch zweimal ausgeschrieben, wir haben manche Dinge umkonstruiert, nur auf Grund der Kostensituation. Wir haben z. B. solche Dinge ausgenutzt wie bei der Decke: Wir haben nicht einfach den ganzen Raum mit der gleichen Decke durchgezogen, sondern nur diese Bereiche, die raumakustisch und lichttechnisch die Aluminiumdecke erforderlich gemacht haben. Da ist alles optimiert worden.

Steht das Gebäude erst einmal knapp vor der Realisierung oder wird gar schon genutzt, so sind Änderungen natürlich nicht mehr möglich. Oft genug werden dann teure technische Systeme nachträglich eingebaut, ohne dass deren Einsatz optimiert hätte werden können, geschweige denn, dass Alternativen im Entwurf gesucht worden wären.

E2: Ich kenne das aus Seibersdorf, das war das größte Problem, die Südseite, da wurde alles verdunkelt, weil sie brauchen einen dunklen Schirm und da haben die Architekten gesagt, das ist kein Problem, wir bauen halt dann eine Lüftungsanlage ein.

### **Komplexität verschiedener Zielkonflikte**

Zielkonflikte sind zumeist unterschiedlich schwierig gestaltet. Zum einen sind die Ziele selbst unterschiedlich komplex, weiters sind auch die Lösungswege für die Zielkonflikte unterschiedlich. Zum Teil sind sie bereits auf einer allgemeinen Ebene formuliert, wie z.B. die „Gesamtkosten über den Lebenszyklus“ für den Zielkonflikt von „Betriebskosten“ mit „Investitionskosten“. Oft aber gibt es noch keine vorgegebenen Instrumente für eine Lösung. Zum anderen sind aber auch die Bauaufgaben unterschiedlich komplex.

Manchmal wird es eine eindeutige Entscheidung in einem Zielkonflikt geben, aber oft genug stehen sich „Für“ und „Wider“ gegenüber. Normen und Wertsysteme erleichtern die Entscheidung wesentlich, da sie gewisse Lösungen bevorzugen und andere vielleicht gar nicht zulassen. Eigene Erfahrungen und (Bau-)Traditionen erleichtern die Lösung ebenfalls.

E2: Und so ähnlich wird es sich auch auf dem Sektor, der zur Zeit irrsinnigen Flut an Materialien herauskristallisieren. Sobald man diese Gesamtbilanzen, diese Lebenszyklusanalysen vernünftig am Tisch hat und mehrfach analysiert hat, dann kann man von vornherein ein paar Dinge einfach ausschließen. Dann kommen die einfach nicht mehr in Frage. Dann reduziert sich garantiert die Anzahl der Baustoffe.

Im folgenden wird eine grobe Unterscheidung eingeführt für einige spezielle Zielkonflikte, die auch in den Interviews angesprochen wurden. Sie erfolgt in Hinblick darauf, wie eng die Erreichung eines Ziel mit Entwurfsaspekten ge-

koppelt ist. Damit verbunden ist auch, welche an der Planung beteiligten Personen in diesem Zielkonflikt beteiligt sind:

- 1.) Das Ziel ist isoliert verfolgbar, z.B. durch Einsatz einer speziellen, zusätzlichen Technologie.
- 2.) Das Ziel ist integriert im Entwurf. Wenn dem Ziel besser entsprochen werden soll, muss dies durch Änderungen des Entwurfes geschehen.

#### Optimierung bei isoliert zu realisierenden Zielen

Im Fall 1 ist die Optimierung „relativ“ einfach. Der Lösungsweg, zumeist die Einführung des zusätzlichen technischen Systems, steht im wesentlichen nur mit dem Ziel geringer Baukosten im Widerspruch. Beispiele für diesen Fall sind Regenwassernutzung, Photovoltaikmodule auf dem Dach, etc. Im Grunde genommen kann auch die Ausführung von Bauteilen mit bestimmten Baustoffen zu dieser Kategorie gezählt werden, da der Entwurf unabhängig von dem Ausgang der Entscheidung gleich bleiben kann.

Der Vorschlag für die Installierung des technischen Systems kommt entweder vom Architekt, dem Bauherr oder dem Haustechniker. Die Entscheidung fällt der Bauherr auf Basis des haustechnischen Konzeptes und auf Basis von Kosten-Nutzen-Überlegungen. Die Rolle des Haustechnikers ist entscheidend: Vorschlag, Erfahrung einbringen (Betrieb des Systems), Konzepterstellung, Planung/Ausschreibung. Wenn der Optimierungsdruck hoch ist, ist die Arbeit des Haustechnikers besonders anspruchsvoll. Dies wurde auch in einer bereits zitierten Textstelle des Interviews mit E1 zur Rolle des Bauherrn (siehe Abschnitt „Ökologische Ziele“) deutlich:

E1: Man kann es schlicht einmal so einleiten, dass man sagt es gibt vielleicht einmal zwei Kategorien von Bauherren. Die einen, die sich sowieso von vornherein, [...]. Die Bauherren sind ja meistens die aus der zweiten Kategorie. Die wollen Effizienz, die machen Investment. Die wollen einen Output. Und wenn sie etwas Ökologisches machen, dann muss das einfach ökonomisch etwas bringen. Man kann nicht mit Komfort argumentieren – sondern mit Betriebskosteneinsparungen oder Effizienzsteigerung am Arbeitsplatz und solchen Dingen.

A4: Wir haben einen Haufen guter Beleuchtungstechniker in Wien. Manchmal nimmt es der Bauherr, manchmal sagt er, es ist überbestückt, da hat er vielleicht nicht unrecht. Ist auch sehr teuer mit solchen Beleuchtungsplanern zu arbeiten weil die also wirklich nur das Schönste, das Beste und das Tüchtigste da hinein bauen wollen, das will jeder. Es ist unser Job dann zu sagen, so und jetzt aber an die kurze Leine, bitte wir wollen etwas Gutes, aber es darf nicht zu teuer sein.

#### Optimierung bei integriert zu realisierenden Zielen

Im Fall 2 ist die Optimierung ein komplexer Prozess. Beispiele für diesen Fall sind alle Entscheidungen,

- die das Tageslicht in den Räumen betreffen,
- die Möglichkeiten für passive Sonnenenergienutzung,
- natürliche Lüftung,
- die Gebäude-Umfeldgestaltung (Bepflanzung, Wasserflächen, etc.), und

- wenn Technologien mehrere Funktionen übernehmen sollen, wie Photovoltaikmodule als Sonnenschutz.

Der Vorschlag wird hauptsächlich vom Architekt kommen, eventuell auch vom Bauherr, weniger vom Haustechniker.

Der Entwurf wird oft sukzessive erarbeitet, unter Rücksprache mit dem Haustechniker oder Bauphysiker. D.h. der erste Entwurf des Architekt wird aus haustechnischer Sicht kommentiert; dann führt der Architekt eine neue Idee ein, die wiederum in ihren Auswirkungen kommentiert wird, etc. Der Bauherr entscheidet dann auf Basis des ihm vorgelegten Entwurfes.

Für die ersten Überlegungen reichen das praktische Wissen von Haustechniker bzw. Bauphysiker aus:

A1: Oder bei der Glasfassade. Wiederum das Thema Sonnenschutz. Muss er innenliegend sein? Schaffen wir das außenliegend? Schaffen wir es mechanisch? Schaffen wir es fix? Da gibt es schon sehr viele Dinge, die man diskutieren kann und wenn man sich dann ein bisschen festlegt, das, dort und dort soll so sein, das wäre die Vorgabe des Planens, dort muss ich so rausschauen können, weil dort ist ein wichtiger Blick in eine Eingangssituation oder Zugangssituation, dann kann der [Haustechnikplaner] schon reagieren, daß er sagt: Na gut, dann versuchen wir das wegzulüften, dafür bauen wir wieder diese Speichermassen ein. Das ist genauso wie ein Entwurf, da braucht er noch nicht viel rechnen. Das sind Erfahrungen, Grundparameter in der Bauphysik.

Für eine Optimierung des Funktionieren des Gebäudes müssten aber komplexe Instrumente zum Einsatz kommen, wie z.B. dynamische Gebäude-Simulationen, Strömungsrechnungen, Visualisierungen, etc. Der Entwurf wird gegenüber herkömmlichen Entwürfen insofern verteuert, als dass für die Lukrierung der Effekte (was das Ziel ist), meistens zusätzliche Aufwendungen nötig sind wie z.B. zusätzliche technische Systeme (z.B. tageslichtlenkende Systeme, gesteuerte Lüftungsklappen, o.ä.), aber beispielweise auch ein großzügigeres Flächenangebot (z.B. Atrium oder Park- statt Parkplatzflächen).

A1: Das ist natürlich von der Raumökonomie her nicht die ökonomischste Lösung, aber im Mittelbereich, dort wo sich die Leute doch sehr stark aufhalten, dort haben wir Tageslicht.

A1: Wenn man richtig lüftet, kann ich mit einer Nachtabkühlung ganz ordentlich arbeiten. Da ist ja dann eine Philosophiefrage, ist das jetzt ein Mangel, dass  $\Delta T = 1^\circ$  ist oder ist es kein Mangel. Für mich ist es kein Mangel. Dass wir nicht Kunststücke machen können, ein Gebäude nicht zu klimatisieren, nicht zu kühlen und es ist trotzdem drinnen kühler, das bringen wir nicht zusammen. Das geht nicht, das würde gegen die Physik sein.

Frage an A1: Es gibt ja Leute, die behaupten sehr wohl, dass sie solche Kunststücke zusammenbringen, auch in der Architektur.

A1: Ja. Aber da haben sie einen gewissen technischen Aufwand. Entweder sie haben gesteuerte Lüftungsklappen oder sie haben Pumpen mit denen sie mit Grundwasser kühlen, oder was auch immer, oder wo sie speichern. Das müssen sie entweder als Hobby betreiben oder automatisieren. Wenn es automatisiert wird, kostet es wieder einen ziemlichen Aufwand.

A2: Die Freaks, die betrachten dann dieses Haus oder ihren Raum als etwas, das betreut, beobachtet und behandelt werden muss. Andere wollen nicht einmal aufdrehen, sie wollen es komfortabel haben. Da klaffen die Haltungen natürlich weit auseinander.

E1: Aber wie gesagt, ich meine, wenn ich dann die Lüftung drinnen habe, dann brauche ich keine Doppelfassade, kein Atrium. Dann habe ich automatisch mehr Quadratmeter am Grundstück stehen.

Dann habe ich eigentlich auch - kommt darauf an wie man mit den Quadratmetern rechnet - weniger Kilowattstunden pro m<sup>2</sup>. Insgesamt würde ich jetzt sagen, dass es in puncto ökologisch meistens ökologischere Projekte sind. Das müsste man im Detail rechnen, aber ich bin mir da schon ziemlich sicher.

Aus diesen Interviewpassagen ist ersichtlich, dass statt teurer technischer Systeme auch engagierte Benutzer die geforderten Funktionen erfüllen können (z.B. Fenster oder Sonnenschutz öffnen bzw. schließen). Es kann auch Repräsentativität ein Grund dafür sein, die zusätzlichen Aufwendungen zu akzeptieren (z.B. bei Atrien, etc.).

Es ist von Architekt zu Architekt verschieden, wie mit den Zielkonflikten im Planungsteam umgegangen wird. Oft werden die Ziele, die über einzelne Technologien „zugekauft“ werden können, gar nicht thematisiert. Zum einen mag dies daran liegen, dass der Architekt den Entwurf als Ganzes vor Augen sieht und nicht – modulartig – verschiedene Systeme (ohne expliziten Auftrag des Bauherrn) im Planungsteam zur Disposition stellen und gegebenenfalls dazu addieren will. Zum anderen besteht sicher auch die Befürchtung, damit den finanziellen Spielraum für den Entwurf zu reduzieren. Oder die komplexen Zielkonflikte stehen nicht zur Diskussion, da der Architekt die „Oberhoheit“ über den Entwurf nicht abgeben will.

So wünscht sich einer der befragten Architekten folgende Inputs von einem Energieplaner:

A1: Wenn aus einer Entwurfsüberlegung an der Stelle gerade eine große Glaswand notwendig ist, wie reagiere ich, damit ich aus dieser Glaswand etwas Positives herausziehen kann. Wie reagiere ich, was gebe ich dem Architekten für Vorschläge, wie kann er mit einer Speichermasse umgehen, wie kann er mit einer Lüftung umgehen, wie kann er aus dem Thema des Räumlichen, aus dem Thema des Gestalterischen, wie kann ich aus diesem Thema etwas machen, dass mir den Organismus des Gebäudes verbessert.

Im Gegensatz zu dem befragten Energieplaner, der seine Vorstellungen vehement in den Entwurf einbringen will:

E1: Wenn wir einen Architekten haben, dem das wurst ist, was wir eigentlich so wollen, das ist unmöglich. Da legen wir gleich den Auftrag zurück. Das wird nichts.

Frage: Der muss sozusagen auch damit rechnen, dass ihr ihm einfach einen Teil der Fensterfläche wegstreicht und sagt, es wird zu heiß.

E1: Sicher. Es kann sogar sein, dass man drauf kommt, das Gebäude steht überhaupt falsch. Wenn das ein Büro ist, das den energetischen Faktor wirklich ernst nimmt, dann ist der bereit seine Ideen zu verwerfen. Das muss ihm klar sein. Es kann sein, das Gebäude steht falsch oder das wäre städtebaulich zwar jetzt so optimal, aber es ist halt energetisch komplett daneben. Da muss er ein anderes Projekt machen.

Wie und wie weit sollen im Planungsteam Zielkonflikte und verschiedene mögliche Lösungen nach der ersten Idee und einer ersten Runde über die Implikationen für das Gebäude weiter verfolgt werden?

Wie weit sich die Planer auf innovative Lösungen einlassen oder ob sie recht bald Diskussionen darüber abblocken, hängt auch sehr von ihrer Kompetenz ab.

E1: Die [Energieplaner] haben oft nicht die wirkliche Ahnung von der Umsetzung und können es gar nicht de facto so wirklich umsetzen - wie soll man sagen - ohne jetzt ein Risiko dabei einzugehen. Du musst ja einem Haustechniker sagen können [z.B. bei der Betonkernaktivierung], na leg deine Betonrohre in der Mitte von der Decke ein. Du kannst damit heizen und kühlen. Du hast 30 oder 20 cm Betondecke und in der Mitte die Rohre. Das muss man sich erst einmal trauen, auch wenn es von den Simulationsergebnissen her so stattfinden sollte. Weil bis das alles umgesetzt ist, gibt es einen Haufen Schritte dazwischen und im Endeffekt ist man dann doch verantwortlich, oder teilverantwortlich, wie auch immer, dass das dann funktioniert.

A3: Den Haustechniker, wenn wir können, bestimmen wir selber, wobei wir in Kärnten irrsinnige Probleme haben, weil die meisten Haustechniker nicht in der Lage sind, z. B. den Flächenbedarf von Sonnenkollektoren auszurechnen.

### **Umgang mit Zielkonflikten, Trade-off Analyse**

„Trade-off“ von Zielkonflikten bedeutet das Abwägen zwischen den Zielen, d.h. zum einen also das Bewusstmachen und zum zweiten das Entscheiden. Hierfür sollten – wie dies im Kapitel „MCDM-23“ ausgeführt wird, Alternativen aufgestellt werden mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen, ihren Kosten und Nutzen in bezug auf die verschiedenen Ziele.

Keiner der Interviewpartner ging bei seinen Projekten auch nur ansatzweise derartig vor. Im Folgenden werden daher nur einzelne Überlegungen geschildert, wie sie unsere Gesprächspartner während des Entwerfens angestellt haben oder anstellen, um zu ihren Lösungen zu kommen. Diese Überlegungen haben keinen bestimmten „Platz“ in der Planungsphase; sie sind zum Teil im Architekturbüro angesiedelt, zum Teil beschreiben sie die persönliche Vorgangsweise des Interviewpartners in der Zusammenarbeit mit den anderen Akteuren bei der Planung.

Explizit haben wir in den Interviews immer wieder nach quantitativen Abschätzungen gefragt, mit denen Entscheidungen untermauert werden. Die Antworten lassen darauf schließen, dass quantitative Abschätzungen zu diesem Zweck – also nicht die üblichen technischen Berechnungen bzw. Auslegungen – selten sind. Wenn, dann werden Kosten und (Jahres-)Energiebedarf genannt.

A1: Es ist nicht einmal so direkt zu rechnen. Wenn Sie heute ein Auto rechnen, beim Auto sehen Sie die Energiekosten viel direkter. Ein mittleres Auto kostet mich heute in der Abschreibung oder im jährlichen Wertverlust 60.000 ATS (4.360,37 €). Die Energiekosten bei einer mittleren Fahrtätigkeit kosten mich 20.000 ATS (1.453,46 €), d. h. ein Drittel bis ein Viertel der Kosten sehe ich immer so direkt in der Lebensdauer und wenn wir ein Gebäude sehen, sind vergleichbar die Energiekosten, ich will nicht sagen irrelevant, aber sie sind bei weitem nicht in dieser Reihung ganz vorne. Also wie teuer ist die Wartung eines Gebäudes, die Instandhaltung und Reinigung.

A2: In England gibt es Profis, die sich nur mit Kosten beschäftigen. Das ist ein wunderbarer Partner. Wir müssen das alles mühsamst selber konzipieren, Informationen aus zahlreichen Städten holen, sehr aufwändig.

Die Kosten sind nicht nur wichtig, um vorher zu wissen, was es kosten wird, sondern um verschiedene mögliche Entscheidungen auch nach ihren Kosten zu bewerten.

A2: [Luftdichtheit des Gebäudes] ist keine unbedingte Bedingung. Je nach Nutzungsstruktur ist ja mehr oder weniger ein gewisser Luftwechsel erforderlich. Da kann es durchaus sinnvoll sein, die Fugenlüftung mitzukalkulieren und dort nicht auf Null zu gehen, sondern sensibel einzugehen. Wenn ich sowieso einen mehr oder weniger ständigen Luftwechsel brauche, so kann man sehr wohl von einer extremen Abdichtung der Fugen mit dem entsprechenden Aufwand absehen und dadurch Einsparungen machen und das mitkalkulieren.

Frage: Damit verliere ich aber die Möglichkeit, die Wärme zum Teil aus der Abluft wieder herauszuholen.

A2: Ja, das ist dann aber eine quantitative Frage. Um welche Werte handelt es sich, um welche Massen handelt es sich dabei.

Frage: Macht der Haustechniker diese Abschätzung?

A2: Die macht der Energieplaner.

E2: Wenn er einen schlaunen Architekten hat, der ihm eine gute Architektur bietet, die dennoch kompakt ist, die einfach ist, die zurückhaltend ist und dennoch gut ist; denn damit spart er auf der Seite unglaublich viel Geld, das er dafür in die Gebäudequalität einerseits und in verbesserte, und verbessert heißt nicht mehr, sondern es ist vielleicht sogar weniger, Haustechnik hineinsteckt. Vielleicht auch bereit ist, mehr in die Hirnarbeit hineinzustecken als in Hardware.

A3: Gesamtwärmebedarf rechnen wir oft selber zur Kontrolle mit einem eigenen Programm. Schall, Wärme, Baustoffe werden sowieso bei uns gerechnet. Die Unterlagen kriegt er von uns als Vorgabe. Speziell was die Dämmqualität von einem Projekt betrifft, geben wir ihm die Vorgabe, er muss mit dem dann in die Heizlastberechnung hineingehen. Dann machen wir die Details, das fließt dann immer alles ein, zum Schluss werden die Details, der Polierplan, Ausführungsplan wird dann bei uns erstellt und dann Ausschreibung raus.

Frage: Und sonst? Gerade im Hinblick auf die Energie beispielsweise: Große Fenster, kleine Fenster, große Vorhallen?

A3: Da haben wir überhaupt keine Konflikte, weil da redet man so lange, bis man zu einem Ergebnis kommt, dass wir alle miteinander vertreten können. Letzten Endes müssen wir ja alle zu dieser Geschichte stehen können. Also Konflikte haben wir da eigentlich noch nie gehabt. Oder ganz, ganz selten.

Frage: Bei Programmen, Software ist natürlich auch immer, allein von der Mathematik her, eine gewisse Distanz da. Gibt es andere Instrumente, oder Mittel, die adäquater wären? Ich denke an Checklisten oder an irgendetwas ähnliches?

A3: Das Gefühl. Man bekommt ein Gefühl mit der Zeit, wenn man so etwas macht. Das ist das billigste.

A4: Wenn man ein komplexes System überlegt, dann gibt es Mehrfacheffekte. Über diese Überlegung und über diese Andeutung der Mehrfacheffekte hat das dann natürlich bei der Bank [dem Bauherrn eines aktuellen konkreten Projektes]

sofort gelautet: „Ok, Zahlen auf den Tisch.“ Entschieden worden ist wirklich alles letztendlich über den Rechenstift.

Eines der häufig genannten Probleme bei der Frage nach genaueren Entscheidungsgrundlagen sind die Kosten für zusätzliche Planer, die diese erarbeiten können. Insbesondere genannt wurden als zusätzliche Planer, an denen Bedarf besteht, der Energieplaner und der Tageslichtplaner. Einige der Interviewpartner meinten, dass die Kosten der Bauherr tragen muss – er stellt die zusätzlichen Anforderungen bzw. steht hinter ihnen. Der „Öko-Architekt“ unter den Befragten bringt so viel eigene Motivation in die Projekte ein, dass er zusätzliche Fachleute auch selbst bezahlt.

A2: Ich weiß nicht, wie man es quantifiziert. Ich müsste mich da eines Fachmannes bedienen. Den hätte ich dann als Planer noch vergessen. Die Vielzahl dieser Planer erhöhen natürlich das Honorar und dann beginnt der Bauherr stutzig zu werden. Eigentlich auch mit Recht.

A3: Wir sagen ihm [dem Bauherrn] gar nicht, dass wir einen Lichtplaner nehmen, weil das würde er nicht verstehen. Die meisten verstehen es nicht. Die professionellen Bauherrn, die sich einer Bauabteilung befleißigen, haben Verständnis dafür, sagen aber, du das ist dein Problem, musst ihm halt was zahlen dafür und fertig aus.

Die im Kapitel „Komplexität der Zielkonflikte“ eingeführte Unterscheidung zwischen Zielkonflikten, wo zusätzliche Systeme die gewünschte Lösung bringen („Fall 1“) bzw. wo Änderungen im Entwurf erst zur gewünschten Auflösung führen („Fall 2“), zeigt sich auch in einem unterschiedlichen Umgang mit dem „Trade-off“ der Zielkonflikte.

Bei Fall 1 wird üblicherweise als einzige Alternative die Variante „ohne“ System herangezogen, jedoch kein anderer Entwurf, der es erlaubt das System zu behalten und dennoch das andere gewünschte Ziel – zumeist Kosteneinsparungen – zu erreichen. Daher ist oft Reduzieren, „Abspecken“ angesagt.

A2: Wir reduzieren jetzt. Wir versuchen eigentlich ein Optimum zu nehmen. Wir versuchen das Glas zu minimieren, weil es sehr teuer ist und nehmen damit schwankende Bedingungen in dieser Wintergartenpufferzone in Kauf. Dass die eben im Sommer an gewissen Tagen und Wochen nicht benutzbar ist. Weil der Aufwand zu groß wäre, um ganzjährig ..., und im Winter ähnlich.

A4: ...bei den Läden und bei den Prismen war zuerst die volle Fassade vom Bartenbach. So wie er es halt optimal und üblicherweise macht. Dann sind zwei Probleme aufgetaucht. Einmal die Kosten - wir haben bis 50 % eingespart, die halbe Fläche weggelassen - dann hat es die Aufgabe gegeben an den Bartenbach: Rechne aus, was nur noch unbedingt notwendig ist, damit die Tageslichtumlenkung funktioniert und alles andere lassen wir grundsätzlich einmal weg. Das war einmal eine Riesenherausforderung, so einfach war das nicht umzusetzen und zweitens wollten wir 50 % Kosten einsparen.

Heikler ist die Situation im Fall 2, wenn die Überlegungen entwurfsbegleitend erfolgen. Aber auch hier werden nicht verschiedene alternative Entwürfe einander gegenüber gestellt. Es erfolgt eine sukzessive Festlegung bzw. Einengung des einen Entwurfes durch die Rückmeldungen der anderen Fachplaner, insbesondere der Bauphysiker bei Fragen der Sonnenenergie und der Haustechniker bei Fragen des Energiekonzeptes.



A1: Es ist ein stufenweises Vortasten. Man hat einen Entwurf und diesen Entwurf diskutiert man einmal nach grundsätzlichen energietechnischen Rahmenbedingungen durch. Das kann so ein halbwegs vifer Planer sehr schnell analysieren. Da braucht man gar nicht viel rechnen. Dann kann man sich sehr schnell vortasten, ist das ein Konzept, das überdurchschnittlich viel Energie braucht, sprich ist das ein Konzept, das braucht viel Lüftungsenergie, das braucht viel Wärme, die ich ins Gebäude bringen muss, oder es braucht, was das Schlimmste ist, viel Kühlenergie.

A3: Wenn der Statiker kommt und sagt, du, pass auf, das könnten wir eigentlich anders auch lösen. Dann schauen wir uns das an und dann überlegen wir uns das so lange, bis wir eine wirtschaftliche Lösung finden, dem Bauherrn vielleicht sogar ein oder zwei Alternativen auf den Tisch hinlegen und ihm den schwarzen Peter zuschieben, wenn er sich für eine entscheidet. Wenn wir eine besonders schöne Lösung haben, - aber das ist ganz selten, dass wir so davon überzeugt sind, dass das wirklich nicht anders gehen kann, das gibt es vielleicht in 100 Fällen 10 mal. Es gibt sicherlich ein paar Details oder ein paar architektonisch wirklich wichtige und wertvolle Sachen, wo man sagt, da steige ich jetzt nicht herunter, aber das gibt es relativ selten. Ansonsten redet man eben so lange bis man zu einem Ergebnis kommt, und dann geht er heim und rechnet und wir schauen uns das an, wie das aussieht und dann treffen wir uns nach einer Woche wieder und dann sagen wir, so zu welchem Ergebnis kommen wir jetzt? Ok, das wird festgelegt, dann wird es ausgearbeitet und gemacht.

Auf unsere Fragen zum Umgang mit Zielkonflikten oder zu möglichen Hilfsmitteln oder „Tools“, über die im Interview gesprochen wurde, wurde uns jedoch immer wieder gesagt, dass die angesprochenen Zielkonflikte durch die Erfahrung der Planer bewältigt werden. Insbesondere bestätigen die Energieexperten, dass die Architekten Erfahrungen brauchen und diese oft bereits schon gemacht haben.

E1: Nein, bei uns gibt es kein Tool. Es läuft eigentlich so, dass die Architekten, mit denen wir viel arbeiten, einfach über die realisierten Projekte schon so viel Erfahrung haben, dass sie praktisch dieses Tool verinnerlicht haben. Würde ich einmal so sagen. Ich komme mit irgendeinem Projekt hin und die wissen schon, wo es heiß wird und wo nicht. Das ist das Wichtige bei jedem Planungsprozess. Von mir aus können sie eine Glaswand hinmachen, aber die Konsequenzen müssen ihnen klar sein. Das finde ich ungeheuer wichtig. Es gibt andere, die machen eine Glaswand hin im Büro und denken, damit können sie prächtig passiv solar heizen.

E1: Dann schickt er [der Architekt] uns Pläne und dann sitzen wir zwei, die da die Konzepte machen, einmal zusammen und schauen, wo steht der eigentlich. Das sieht man ja an seiner Arbeit praktisch. Da sieht man dann schon: hat er jetzt grundsätzlich komplett falsche Sachen gemacht, sind die irgendwie so, dass man bei dem Projekt etwas energetisch Vernünftiges zusammenbringen kann. Das sind Dinge, die wir aus unserer Erfahrung nehmen.

E2: Das heißt im Prinzip, die paar Handbücher, die es gibt, gelesen zu haben und dann in erweiterter Form, mit einem Fachmann für thermische Gebäudesimulation kompliziertere Fälle anzuschauen und mit ihm zusammen eine Strategie zu entwickeln, wo man Verglasungen zurückfährt, wo man andere Verglasungen einsetzt, wo man gewisse Verschattungseinrichtungen in der oder in anderer Form einplant und durch diese Maßnahmen mechanische Kühlungssysteme vermeidet.

Aufwendigere Planungen, wie dynamische Gebäudesimulationen, werden von den Gesprächspartnern als für ihre Entwürfe als zu aufwändig und gar nicht nötig angesehen.

Frage: [Natürliche Belüftung] bei großen Gebäuden, extrem tiefen, extrem hohen Gebäuden?

A3: Da wird es schwierig.

Frage: Da glaube ich, da bedarf es dann doch entsprechend genauer Planungen?

A3: Möglicherweise, das glaube ich gerne, aber ich habe da kein Problem insofern, weil so ein Gebäude haben wir nicht.

A3: Das ist dieses befruchtende Nebeneinander, das es gibt, wenn die Bauaufträge in der Größenordnung da sind. Dann kann man natürlich Forschungen betreiben, kann sich hineinsteigern. Was wollen Sie bei unseren klitzekleinen Bauvorhaben bis 100 Mio ATS (7,27 Mio €). Ist uninteressant.

### **Vorschläge für eine Verbesserung in Hinblick auf die Lösung von Zielkonflikten**

Es ist derzeit der Eigeninitiative der Architekten überlassen, sich bei ökologischen Fragestellungen, vor allem der Optimierung der Sonnenenergienutzung, etc. weiterzubilden. In den Interviews kamen als Mittel hierzu zur Sprache: Kollegen fragen, Literatur lesen, Seminare besuchen und vor allem selbst Erfahrungen machen. Im folgenden werden einige Passagen aus dem Interview mit dem „Öko-Architekten“ zitiert, wie es zu dem Aufbau dieser Erfahrungen kommt. Er sagt zum Schluss sinngemäß: „Hat man seine Linie gefunden, dann bleibt man dieser treu, man wird stur“.

A3 auf die Frage, wie er bei großen Glas-Atrien vorgehen würde: Ich müsste mich schlau machen. Ich würde den Rainer Treberspurg anrufen und fragen, was würdest denn du da machen? Ich würde mit Kollegen reden und dann schauen, was haben die für Erfahrung. Karlo Baumschlager vom Büro Baumschlager-Eberle, die haben einige Erfahrungen und zwar sehr missliche Erfahrungen in Vorarlberg in diesen Dingen und aus deren Fehlern würde ich zuerst einmal versuchen zu lernen und dann würde ich mir vielleicht irgendwo einen Kollegen suchen, der mit dem schon gearbeitet hat und dann muss man sehen, ob es einen Bauphysiker gibt, der so etwas schon einmal zufriedenstellend gerechnet hat.

A3: Da haben wir experimentiert mit dieser Lichtfassade vom Fraunhoferinstitut. Das haben wir auf einem Gebäude in Wien oben. Auf einem Altbau, Zweifamilienhaus. Das hat sich irrsinnig bewährt, eine tolle Geschichte.

Wenn wir das machen könnten und wenn der Preis halbwegs heruntergehen würde, dass es wirklich nicht zu einem Luxusgut werden würde, dann wären wir schon sehr froh. Das rechnet sich noch nicht.

A3: Wenn Sie heute eine Firma anrufen, wird jede Firma ihr Produkt preisen und die anderen Produkte schlecht machen. D. h. man hat eigentlich keine objektive Bewertung, die gibt es nicht. Es gibt kaum wissenschaftliche Arbeiten auf diesem Gebiet bei uns. Man muss sich wiederum die Informationen ganz mühsam selber zusammensuchen und dann wird man, jetzt sage ich das einmal ganz salopp, man wird stur. Wenn ich heute weiß, ich kriege einen nichtporosierten Ziegel bei der und der Firma, dann wird ganz beinhart der Ziegel ausgeschrieben. Punkt. Wenn wer mit einem anderen Ziegel kommt, dann verlange ich von ihm die Atteste oder schau sogar einmal hin, schau mir an, wie sie den erzeugen.

Aussagen der befragten Energieexperten zum Know-How von Architekten im Bereich Sonnenenergienutzung zeigen, dass es zwar zu einem erheblichen Wissenszuwachs bei Architekten gekommen ist, dass aber gerade in diesem komplexen Gebiet noch immer viel falsch gemacht wird.

E1: Da gibt es welche, die aus ihrem Umfeld und natürlich aus ihrem persönlichen Temperament heraus „Warmbauarchitekten“ sind, die in den 70er Jahren viel mit der hemmungslosen Solararchitektur zu tun gehabt haben, dann das Bürogebäudeprojekt finden, und dann zuerst einmal ziemlich viel falsch machen, kann man so sagen. Dann gibt es welche, die aus dem Industriebereich herauskommen und dort eigentlich mit dem energetischen Bereich nur insofern zu tun gehabt haben, dass sie sich Spezialisten geholt haben, die die Produktionsabläufe energetisch optimiert haben usw. Dinge, die sie persönlich nicht so betroffen haben.

E1: Eigentlich ist es brutal, die Architekten bauen eigentlich nur Prototypen. Das machen sie natürlich voll auf Kosten der Bauherren. Wenn es dann nicht funktioniert, dann... Das darf man nie einem Bauherren sagen: Sie kriegen einen Prototyp.

E2: Ich glaube, in der Anfangszeit, wenn man zunächst einmal als Architekt beginnt zu arbeiten, hat man sehr viele Fragezeichen. Man fragt sofort bei jeder Kleinigkeit, den Statiker „geht das oder geht das nicht?“, wenn man sich nicht genügend beschäftigt hat. So ist es jetzt auch mit diesen ganzen Energiedingen. Man beginnt sofort zu rechnen. Geht nicht programmatisch vor, lernt nicht aus den Erfahrungen - zur Zeit. Und jene, die es aber tun, kommen aber dann drauf, dass sie mit der Zeit immer weniger rechnen müssen, weil viele Banalitäten sich ganz klar herauskristallisieren: dass so und so nicht.

E3: Ich habe ja Gebäude gesehen, die vor Jahren gebaut worden sind, vor 10 oder 15 Jahren. Z.B. eines in der Nähe von Brüssel, ein ganz entscheidender Bau. Der war so ein offenes Haus und oben hat es im Sommer 45° gehabt. Die Leute haben es nicht ausgehalten. So ähnlich war es auch hier im Gewerbepark in Völkermarkt, wo auch so viel Glas verwendet wurde, und jetzt hat man eine Kühlanlage eingebaut.

In den Interviews kamen auch weitere Vorschläge zur Sprache, wie das Wissen zu ökologischen Belangen bei Architekten und Planern vergrößert werden kann.

Sie betrafen die Ausbildung („Zusatzausbildung für Architekten“, „Der Energieausweis ist ein Weg“), die Weiterentwicklung von Informationsinstrumenten („Architekten wissen oft gar nicht, was sie tun“) und weitere Forschung („Es gibt zu wenige nach einem gleichartigen Schema untersuchte Gebäude“) sowie Verbesserungen in der Praxis der Architekten („Kosten zurück in die Entwurfsabteilung“). Interessant ist auch der Vorschlag, Ausführende in der Planung einzubinden.

A1: Bei uns in der Architekturausbildung wird immer mehr notwendig sein, dass wir mit Kosten, Terminen, Vertragswesen, dass wir diese Dinge neben dem kreativen Bereich auch beherrschen. Das Thema ist für uns ein äußerst aktuelles. Wenn sie zwei, drei größere Projekte haben, wo diese Dinge nicht stimmen, haben sie Probleme, weitere Aufträge zu bekommen.

E1: Er muss, wenn er eine Konstruktion hat, wo er das Gefühl hat, da ist es jetzt interessant, ein bisschen abchecken bei den Ausführenden, wie ist so etwas lösbar; dann muss er die einmal holen und sie ein bisschen in den Prozess einbinden; und natürlich nicht global über das gesamte Ding diskutieren, denn dort hat er sicher nicht seine Fähigkeit, sondern seine Fähigkeit sind spezielle Dinge, er kennt die ganzen Materialien.

E2: Denn die Tools, mit denen ein Architekt überhaupt einmal entscheiden kann, was tut er denn, was macht er denn, die sind ja noch immer nicht wirklich am Tisch.

E2: [Zum Zielkonflikt „natürliche versus mechanische Belüftung“] im Bürobau kenne ich mich nicht aus. Was dort immer wieder vermutet und behauptet wird in verschiedenen Fachbüchern, dass man natürliche Belüftung und Sommertauglichkeit schafft. Ich kenne mich aber nicht aus damit, und es gibt zu wenige, nach einem gleichartigen Schema untersuchte Bürogebäude.

E3: Ich muss Ihnen noch einmal sagen, der Energieausweis, um das gleich zu sagen, ist für mich ein immenses Instrument geworden, die Architekten in die Richtung zu bringen.

A3: Die Kosten müssen einfach zurück in die Entwurfsabteilung gebracht werden. Dann muss ich sagen, was du das letzte Mal entworfen hast, das geht nicht, das können wir nicht leisten. Erstens in den Herstellungskosten nicht, zweitens in den Betriebskosten nicht. Aber die Architekten können das heute bereits nicht mehr, weil sie den direkten Draht zur Kostenschere, die ja in der Ausführungsphase passiert, verloren haben. Es gibt keinen Architekten, der heute ein Bauvorhaben nachkalkuliert und sagt, ich habe so viel verbraucht, das hat so viel gekostet, ich habe so viele Stunden auf der Teilleistung gehabt, die Fassade hat mich, der m<sup>2</sup> den ich gemacht habe, hat 1.840 ATS (133,72 €) gekostet, hätte ich eigentlich um 600 ATS (43,60 €) auch machen können, wenn ich nur ein bisschen mehr nachgedacht hätte. Das gibt es nicht, es gibt keinen mehr. Auch die großen Büros machen es nicht mehr, weil sie nur mehr vom Entwurf bis zur Einreichung arbeiten und dann macht sich der GU (Generalunternehmer) das selber.

## Beispiele für den Umgang mit Trade-Offs

### Allgemeine Überlegungen: Natürliche versus mechanische Belüftung

(I = Interviewerin, B= Befragter eines Energieplanungsbüros)

I.: Da gibt es beispielsweise den Zielkonflikt natürliche Belüftung versus kontrollierte Be- und Entlüftung. Es gibt Bauten, die das eine optimieren oder die das andere optimieren. Beide Male kann etwas Gutes rauskommen oder auch nicht. Es hat beides Vor- und Nachteile. Was ist Eure Haltung dazu?

B.: Eine natürliche Belüftung, sagen wir bei großen Projekten, geht dann, wenn man es jetzt irgendwie schafft, die Zuluft halbwegs vorzuwärmen. Mit  $-15^{\circ}$  kann ich nicht ins Gebäude. Ich bin zwar nicht der Freak, der sagt es muss unbedingt  $+18^{\circ}$  haben, aber mit  $-15^{\circ}$  ist es schwierig. D. h. ich brauche jetzt irgend etwas, was die Luft vorwärmt. Das kann z. B. eine Doppelfassade bewerkstelligen. Dann brauche ich irgend etwas, das mir jetzt die Belüftung sicherstellt. D. h. ich brauche irgendwo einen Unterdruck, der das wieder absaugt. Das kann jetzt z. B. die Doppelfassade sein auf der anderen Seite, je nachdem wie es konzipiert ist, oder ein Atrium oder so etwas bedeuten. Jetzt habe ich einmal die Grundvoraussetzungen drinnen, die mir höhere Kosten verursachen. Das ist die Doppelfassade und das Atrium.

I.: Natürlich auch viele Rechnungen, die einem zeigen, wo die Drucke sind bei welchen Windrichtungen, bei welchen Witterungsbedingungen.

B.: Ja gut, ich muss jetzt natürlich auch irgendeinen Planer haben, der mir das entsprechend rechnen kann, das ist schon klar. Der zweite Punkt ist dann, die haben dann auf jeden Fall ein wassergestütztes Heizungssystem drinnen, mit dem sie eventuell auch kühlen, je nachdem. Ich würde sagen, wenn es jetzt einen geschickten Planer gibt, dann haben die im Idealzustand bis auf die Sanitäreanlagen keine Lüftung drinnen, Be- und Entlüftung über natürliche Lüftung. Natürlich müssen sie im Sommer schauen, dass sie irgendwie eine Nachtkühlung betreiben können, oder dass sie querlüften können. Wenn sie es geschickt machen, dass sie querlüften können oder über das Wassersystem – das geht auch. Wobei, über Heizkörper geht das dann nicht mehr, dann wird das Wassersystem teurer. Wenn sie dann in die Decken oder in die Böden hineinfahren, wird das Wassersystem teurer. Das ist klar, sie versuchen es halt dann über Querlüftung und da gibt es ein bisschen einen Widerspruch, weil – na, das muss man jetzt rechnerisch vom Projekt her natürlich anschauen: wenn ich eine natürliche Lüftung habe, habe ich keine Wärmerückgewinnung. Ich kann schon vereinfacht eine Wärmerückgewinnung installieren, indem ich mir die Luft aus dem Atrium hole und mit einem Einzelkanalnetz in den Büros eine Wärmerückgewinnung mache. Das geht schon auch, aber meistens ist keine dabei.

B2.: Darum haben sie recht hohe innere Wärmegewinne und sie müssen im Sommer recht oft doch noch irgend etwas machen, dass die Speichermassen aktiviert sind. Hypocaustendecken oder so etwas, oder die Kühlung reinbauen. Meistens, ich würde sagen, bei wirklich einem signifikanten Teil von Projekten funktioniert das nicht, dass man die natürlich Lüftung übers ganze Jahr aufrecht halten kann. Aus irgendwelchen Gründen im Sommer oder im Winter, ganz heiß oder ganz kalt, rennt das dann nicht mehr.

Man muß da irgendwie ein Lüftungssystem reinbringen und hat damit natürlich die Kosten eines Lüftungssystems drinnen und das führt sich dann natürlich gewissermaßen ad absurdum.

I.: Man hat dann beides.

B2.: Die ganze Geschichte, wenn man beides hat. Wenn ich jetzt einmal das Lüftungssystem sowieso drinnen habe, dann relativ günstig machen kann, aus verschiedenen Gründen, dann bevorzugen wir den Weg, dass wir das ganze Wassersystem weglassen. Dass wir also nur über die Lüftung heizen und kühlen. Das kommt jetzt natürlich aufs Gebäude und Komfortsituation usw. an. Es gibt das Medienhaus oder das Tourismushaus. Das sind Beispiele, wo wir es über Betondeckenheizung und -kühlung machen. Dann über Quelllüftung ein ganz ein kleines Lüftungssystem drinnen haben, was aber sehr guten Komfort gewährleistet. Aber wie gesagt, ich meine, wenn ich dann die Lüftung drinnen habe, dann brauche ich keine Doppelfassade, kein Atrium. Dann habe ich automatisch mehr Quadratmeter am Grundstück stehen. Dann habe ich eigentlich auch - kommt darauf an wie man mit den Quadratmetern rechnet - weniger Kilowattstunden pro m<sup>2</sup>. Insgesamt würde ich jetzt sagen, dass es in puncto „ökologisch“ meistens ökologischere Projekte sind. Das müsste man im Detail rechnen, aber ich bin mir da schon ziemlich sicher.

I.: Ist da der Steuerungsaufwand höher? Steuerungs- Regelungsaufwand? Sensoren?

B.: Nein, das ist gleich. Der wird natürlich dann höher, wenn ich Lüftung und Heizung und ein wassergekühltes System drinnen habe und nachher noch Klappen außen an der Fassade, die sich entsprechend der Wettersituation entsprechend auf- und zumachen.

I.: Die Sensoren usw., das kann man bei beiden Systemen entweder teurer machen oder billiger.

B.: Ich meine, es geht generell natürlich in die Richtung, dass die Regelungstechnik schon eine sehr wichtige Komponente darstellt. Mir ist lieber, ich investiere mehr in die Regelungstechnik als ins Lüftungsnetz. Oder in die Kapazitäten, die etwas auf tun. Also es ist im Prinzip viel einfacher und ökonomischer, ich habe irgendein Fenster, was jetzt automatisch auf- und zugeht und mich 1.500 ATS (109,01€) kostet für das Fenster und die zusätzliche Regelung, und das hängt am Bus und macht gleichzeitig den Wetterchutz, die Nachtlüftung und weiß ich was alles.

I.: Wie schaut es mit Lichtsystemen aus? Seid Ihr da auch irgendwie aktiv?

B.: Nein, wir machen nichts.

I.: Mechanische Kühlung?

B.: Mechanische Kühlung, soweit ich das zumindest kenne, ist hauptsächlich Kälte. Bei uns wird das höchstens zur Spitzenlastabdeckung eingesetzt. Wir bauen meistens so, dass wir ein Erdkältesystem haben, Piloten im Fundament, oder ähnliches, und falls das nicht ausreichen sollte, kann man noch eine kleine Kältemaschine dazu nehmen, wenn man es überhaupt braucht. Jetzt haben wir schon lange nichts mehr mit Kältemaschinen realisiert.

### **Fallgeschichte Sparkasse Bludenz: Tageslicht versus Kosten**

(I = Interviewerin, B= Architekt)

I.: Inwieweit hat sich dieser Vorentwurf, der den Wettbewerb gewonnen hat, noch verändert durch die Tageslichtsysteme. Ich kann mir vorstellen, dass diese Glasspange in der Form wahrscheinlich noch nicht im Vorentwurf enthalten war?

B.: Doch, die Glasspange war schon enthalten und es war das Lüftungskonzept enthalten, also es war die Überlegung enthalten, dass es keine abgehängten Decken geben darf in den Obergeschossen, um die Raumhöhe zu bilden. Die Tageslichtkomponente war komplett durchgedacht, in Bezug auf die Innenhöfe und diese Dinge. Aber nicht die Umlenkung.

B.: Dann war die nächste Phase, die energietechnische Phase. Mit diesem ganzen Energietechnischen sind wir dann daraufgekommen, dass es sehr wohl rechenbar wäre, die ganze Heizung, Lüftung zu simulieren und hochzurechnen unter den Aspekten von Tageslichtumlenkung: Wenn man dann Energiegewinne, die wir nicht wollen, ausschalten könnte. Da sind die ersten Überlegungen dann schon so vielversprechend gewesen, gleich ein Drittel, dass wir gesagt haben, es lohnt sich das zu verfolgen. Dann ist mein Wunsch gekommen, da gäbe es einen Spezialisten, den Bartenbach und den haben dann wir ins Boot geholt und das war ein harter Kampf. Weil da geht es um viel Geld.

I.: War das von Anfang an klar, das Honorar vom Tageslichtplaner, wie viel das ist und dass das zusätzlich zu zahlen ist.

B.: Ja, und dann hat die Bank gesagt, ja das ist kein Problem, wir zahlen gerne zusätzlich, aber was bekommen wir dafür? So ungefähr. Und dann gab es wirklich Diskussionen in allen Richtungen.

I.: Hat Sie Bartenbach da unterstützt?

B.: Das hat Bartenbach dann natürlich, weil das hat ja Auswirkungen auf die Lüftungsanlage und auf die Heizungsanlage. Das hat ja wohl eine Wechselwirkung gehabt. Da haben wir dann folgendermaßen argumentiert: Die Planungskosten sind zusätzliche Kosten. Die lassen sich nicht amortisieren im Sinne von Energiegewinn. Sondern das sind zusätzlich Kosten, die natürlich einen Rieseneffekt haben, das ist die Arbeitsplatzqualität. Die ließe sich berechnen und jede Rechnung, die wir angestellt haben, war so gigantisch positiv, dass wir sie gelassen haben, weil es unglaublich wirkt.

I.: Auf welcher Basis haben Sie da gerechnet?

B.: Eine perfekte Beleuchtung am Arbeitsplatz verringert die Fehlerquelle bei der Bearbeitung am Computer gewaltig. Da gibt es also Fehlerquellenreduktionen von 30 - 60 %. Einfach, nur einmal hinschauen müssen und nicht fünfmal hinschauen müssen um die Zahl zu erkennen und die Zahl richtig zu erkennen, Blendungseffekt, all diese Dinge. Da haben wir gesagt, wenn nur 10 % davon stimmen würden, nur 10 % stimmen würden, wären das bei 60 Mitarbeitern, 6 Mitarbeiter weniger im Jahr. Als Leistung 4 Mio ATS (290.691,33 €). Wenn das nur irgendwie ernster genommen würde, diese 30 - 60 %, dann sind das auch wirtschaftlich ausdrückbare Fakten, die so gigantisch wären, da braucht man nicht einmal mehr diskutieren, über ein Planungshonorar. Das hat die Bank dann so akzeptiert, diese Überlegung und gesagt: Ok, es lohnt sich, das anzuschauen.

Dann war der nächste Planungsschritt vom Bartenbach eine Hochrechnung gemeinsam mit uns. Wir konnten ja auch einiges gegenrechnen: Wegfall von Jalousien, Wegfall von das und das usw. Dann hat es eine zweite Hochrechnung gegeben, rein über die Betriebskosten. D. h. weniger Licht, braucht weniger Strom, weniger Lüftung braucht eine 50 % geringere Lüftungsanlage und geringere Betriebskosten. Das wurde auch hochgerechnet und der Investition des Ganzen gegenübergestellt. Da ist man darauf gekommen, dass es wieder eine annähernde Amortisationsrechnung gibt. 8 bis 12, 14 Jahre, je nachdem, was man da hinein nimmt. Stehen bleibt immer noch die perfekte Arbeitsplatzqualität. Das war dann der ausschlaggebende Punkt.

I.: Dann ist ein Musterraum gebaut worden?

B.: Ja. Im Maßstab 1:10. Das war ein großer Raum. Irgendwo hätte ich sogar Bilder davon. Die sind insofern faszinierend, weil sie Räume zeigen, wo man fast nicht unterscheiden kann, ob es ein Modellfoto ist oder bereits die Wirklichkeit. Anhand dieser Fotostudien und des Blicks sozusagen ins Modell haben dann die Banker entschieden, dass die beste Variante gewählt wird.

I.: Genau, Sie haben gesagt, Sie haben 3 Varianten mit diesem Musterraum durchgespielt.

B.: Und gebaut, richtig.

I.: Das hat sich auch bewährt?

B.: Die Planung wäre sonst nicht genehmigt worden. Bin ich nach wie vor überzeugt.

B.: Gut, dann gab es Hochrechnungen. Bartenbach hat schon so viel Erfahrung gehabt, dass er natürlich ableiten konnte von ähnlichen Produkten. Es gab schon dort und da Überraschungen und dann sind solche Entscheidungen entstanden, wie: Die Jalousien sind händisch zu betreiben, reine Kostenüberlegungen. Als das Paket sozusagen fertig geschnürt war, da waren die Kosten noch immer zu hoch, wie immer. Dann gab es eine Optimierungsphase. Man hat da noch einmal alles durchgespielt, man hat gut 10 % der Baukosten nochmals eingespart.

I.: Was ist da alles gefallen, vom Innovativen? Ich hoffe, nicht allzu viel.

B.: Ganz essentielle Dinge Gott sei Dank nicht. Sie haben also gewankt. Ganz gewaltig gewankt und dann mussten wir sozusagen die Kosten woanders einspielen. Wir haben manche Dinge zweimal ausgeschrieben, wir haben manche Dinge umkonstruiert, nur auf Grund der Kostensituation. Wir haben z. B. solche Dinge ausgenutzt wie in der Decke. Wir haben nicht einfach den ganzen Raum mit der gleichen Decke durchgezogen, sondern nur diese Bereiche, die raumakustisch und lichttechnisch die Aluminiumdecke erforderlich gemacht haben. Da ist alles optimiert worden:

Bei den Läden und bei den Prismen war ja zuerst vom Bartenbach die volle Fassade geplant, so wie er es halt optimal und üblicherweise macht. Dann sind zwei Probleme aufgetaucht. Einmal die Kosten - wir haben bis 50 % eingespart, die halbe Fläche weggelassen - dann hat es die Aufgabe gegeben an Bartenbach: Rechne aus, was nur noch unbedingt notwendig ist, damit die Tageslichtumlenkung funktioniert und alles andere lassen wir grundsätzlich einmal weg.

Das war eine Riesenherausforderung, so einfach war das nicht umzusetzen und zweitens wollten wir 50 % Kosten einsparen. Es hat mehrere Phasen gegeben, wo das Gesamte auf Messers Schneide war.



Das Tageslichtumlenksystem. Wo die Bank gesagt hat: Schmerzgrenze überschritten, streichen wir. Dann ist das halt wieder optimiert worden. Der harte Kampf mit der Bauherrschaft, die machen nur Kostenoptimierung bis zum geht nicht mehr und wir versuchen Qualitätsoptimierung bis zum geht.

## 6 Definition von Planungszielen als Voraussetzung für die gesamtheitliche Optimierung

Die Ziele eines Gebäudes müssen zusammen mit dem Auftraggeber (Bauherrn) festgelegt werden. Sieht ein Bauherr ein Ziel als unwichtig an, wird die Argumentation für Investitionen in diese Richtung jedenfalls schwer. Oft jedoch gibt der Bauherr nur einen maximalen Kostenrahmen vor und zieht sich dann auf den Standpunkt zurück, alles übrige sei Sache der Planer. Wie uns bescheinigt wurde, wird nicht von allen Architekten eine weiterreichende Klärung der Ziele angestrebt. Ein renommierter Interviewpartner (Architekt) sagte auf die Frage, wann er Systeme zur aktiven Sonnenenergienutzung vorsehen würde:

*Zitat: „Zu 90 % können wir ja beeinflussen, schlägt man das dem Bauherrn vor oder schlägt man es ihm nicht vor. Es ist heute sehr oft, dass wir es, ich würde es vielleicht sagen, was ein bisschen heikel ist, aus Bequemlichkeit gar nicht vorschlagen. Wir wissen, wir haben soundsoviele Probleme, um ihm das auch noch klarzumachen, ist das noch ein weiterer Energieaufwand“.*

Denn der Bauherr erwartet sich – wenn Ziele gemeinsam definiert wurden - zu Recht von den PlanerInnen, dass sie auftretende Zielkonflikte aufzeigen und eigentlich auch, dass sie diese lösen, bzw. derart aufbereiten, dass sie gemeinsam gelöst werden können. Diesem Anspruch stehen nun in der Realität mehrere Hemmnisse entgegen:

- Die Auswirkungen einer Lösung (z.B. einer Technologie, etc.) auf die verschiedenen Ziele können oft nur abgeschätzt werden oder müssen aufwendig quantifiziert werden. Dies bedeutet zusätzlichen Planungsaufwand, welcher u.a. in der Honorarordnung nicht berücksichtigt wird.
- Weiters werden hohe Anforderungen an die Qualifikation der Fachplaner gestellt, unter Umständen müssen Spezialplaner, wie z.B. Lichtplaner, herangezogen werden. Damit erhöhen sich die Kosten der Planung, und die Kommunikation und das Teammanagement werden aufwendiger.
- Verlässt sich der Planer jedoch auf seine Erfahrungen, die vielleicht schon einige Jahre zurückliegen, kann er zu falschen Schlüssen kommen. Einzelerfahrungen mit innovativen Lösungen, deren „Kinderkrankheiten“ heute aber bereits längst behoben sind, z.B. die „nicht funktionierende Wärmepumpe“, können ebenfalls dazu führen, nicht nur dass gewisse Systeme von vornherein ausgeschlossen werden, sondern auch dass der zugrundeliegende Zielkonflikt nicht zugelassen wird.
- Erlaubt der Architekt überhaupt, Entwurfsaspekte in Frage zu stellen? Falls nein, werden Lösungen immer teurer, da sie dann meist nicht optimiert eingesetzt werden können.
- Nicht alle Zielkonflikte werden rein rational behandelt. Die Planer verfügen in der Regel bereits über eine ausgedehnte Sammlung an Detaillösungen aus ihrer Ausbildung, aus Fachpublikationen, durch Werbematerial verschiedener Firmen, etc. Auch ihr Erfahrungsschatz, also oft genutzte „Lieblingskonstruktionen“ und „Lieblingsmaterialien“ sowie die

„Bürophilosophie“ führen zu frühen Festlegungen und damit Unflexibilität bei Zielkonflikten.

- Nicht alle Zielkonflikte werden überhaupt zugelassen oder sichtbar. Dies mag eine Folge von Zeitmangel, Bequemlichkeit (siehe oben) oder einfach dessen sein, dass sich niemand dafür zuständig fühlt.
- Vor einer Entscheidung über Zielkonflikte steht zuerst eine Verständigung über die Begrifflichkeiten, insbesondere wenn ein „ökologisches Gebäude“ geplant werden soll. Nicht nur mit dem Bauherrn, auch unter den Planern gilt es die Ziele genau zu klären. So kann es durchaus sein, dass die Ingenieure darunter eine optimierte Steuerung der technischen Gebäudeausstattung verstehen, welche der Architekt unter Umständen als „unökologisch“ betrachtet.

Die genaue Definition von Zielen und deren Rangfolgen ist für ein Bauprojekt unbedingt erforderlich, da andernfalls keine gesamtheitliche Optimierung stattfinden wird, weil die Rahmenbedingungen für den Optimierungsprozess fehlen. Das bedeutet, dass der Bauherr eine wichtige Rolle im Planungsteam einnimmt.

### **Planung im Team für bessere Gebäude**

Planung im Team ist eine Möglichkeit, verschiedene Sichtweisen (Ziele) einzubringen und das Gebäude als integriertes Produkt mit optimierten Lösungen in allen Bereichen (architektonische Konzept, Energiekonzept, Entsorgungskonzept, etc.) zu entwerfen.

Das Software-basierte Instrument „MCDM-23“ leistet Hilfestellung bei der Definition und Offenlegung von Zielen. Ziele, Subziele und deren Wichtigkeit werden vom Planungsteam mit dem Bauherrn gemeinsam festgelegt. Weiters wird spezifiziert, welche Daten für eine Entscheidung, inwieweit ein Ziel jeweils erfüllt ist, vorliegen müssen. Die gemeinsame Diskussion und Festlegung der Ziele für das Bauvorhaben bildet die Grundlage für die gemeinsame Erarbeitung von Lösungen, welche die Ziele möglichst gut erfüllen. In weiterer Folge können verschiedene Entwürfe mit MCDM-23 dahingehend bewertet werden, inwieweit sie den zuvor definierten Zielen entsprechen.

Im Rahmen der IEA Task 23 wurden folgende Ziele und Subziele als die grundsätzlichen Ziele für solaroptimierte Gebäude identifiziert:

- Lebenszykluskosten (Baukosten, Energiekosten, Wartungskosten, ...)
- Ressourcenverbrauch (Flächenverbrauch, Materialverbrauch, Wasserverbrauch, Energieverbrauch, ...)
- Umweltbelastungen (CO<sub>2</sub>-Emissionen, Stickoxidemissionen, Abwasser, Abfall, ...)
- Raumklima (thermische Behaglichkeit, visuelle Qualität, ...)
- Architektonische Qualität (Identität, Proportionen, städtebauliche Integration, ...)
- Funktionalität (Flexibilität, Wartungsfreundlichkeit, ...)

Diese Ziele und Subziele sind in MCDM-23 als eine Art Checkliste enthalten, können jedoch projektspezifisch abgewandelt werden. MCDM-23 kann somit dem Planungsteam dazu dienen, die Ziele und Wertigkeiten für ein spezielles Bauprojekt zu definieren und sicher zu stellen, dass alle wichtigen Parameter diskutiert werden. Das Endergebnis der Bewertung eines Entwurfes zeigt die folgende Abbildung. Detaillierte Ausführungen zur Methode sind im nächsten Kapitel zu finden.

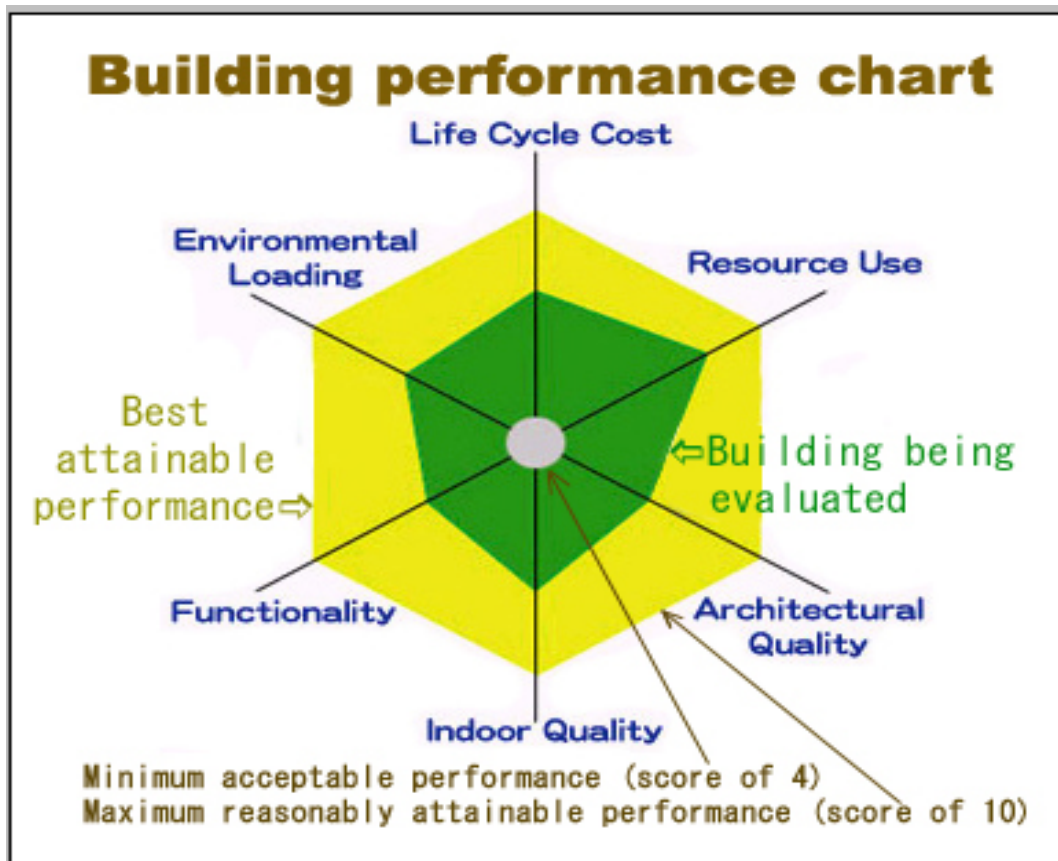


Abbildung 1: Ergebnis der MCDM-23 Bewertung von Gebäudekonzepten

Wenn es gelingt, ein allgemein akzeptiertes, übergeordnetes Ziel zu finden, erleichtert das die Entscheidung in etlichen Konfliktsituationen. Dieses übergeordnete Ziel können beispielsweise die „Lebenszykluskosten“, die „Behaglichkeit“ oder die „Nutzerfreundlichkeit“ sein.

Wenn z.B. „Behaglichkeit“ als oberstes Ziel gefordert ist, so hat das Implikationen für das Gebäude, die auf gewisse Standards hinauslaufen, die auch mit energetischen und ökologischen Zielen in Zusammenhang stehen.

Folgende Zusammenhänge gelten immer:

- Zugfreiheit: Ein Großraumbüro ist im Winter nicht mehr über Fenster zu lüften. Die für die Behaglichkeit nötige Lüftungsanlage kann auch dazu dienen, die Lüftungswärmeverluste über Wärmerückgewinnung zu verhindern.

- Strahlungskälte: Je größer die Fensterflächen, desto besser muss der k-Wert des Fensters sein, damit im Winter nicht Beschwerden auftreten. Mit besseren k-Werten treten auch geringere Transmissionsverluste auf.
- Blendung: Bei Bildschirmarbeitsplätzen ist das Problem der Blendung ein Kriterium bei der Auswahl der Beleuchtungsanlage. Der Architekt muss in seinen Plänen die Arbeitsplätze einzeichnen und sollte bei der Bearbeitung des Faktors „Blendung“ auch gleich die Möglichkeiten der Tageslichtnutzung mit bedenken.
- Sick-Building-Syndrome: Die verwendeten Materialien, die in Hinblick auf die Gesundheit der MitarbeiterInnen ausgewählt werden, sind meist auch ökologisch besser bewertet.

Die Behaglichkeit ist das stärkste Argument, denn es steht unmittelbar mit der Gesundheit bzw. Arbeitsleistung der Nutzer im Zusammenhang (und ist damit im Interesse des Eigentümers bzw. des Mieters) und mit dem „Ruf“ des Gebäudes (und damit der Reputation des Architekten).

Die Behaglichkeit ist durch Forschungen und Normen bereits relativ gut definiert; das Argument von „überzogenen Behaglichkeitsanforderungen“ gilt daher nicht. Natürlich gibt es auch eine Verhältnismäßigkeit: Wegen 3 Tagen im Sommer mit hohen Innenraumtemperaturen über 28° C wird noch keine Kühlanlage gebaut.

### **Einsatz von Simulationstools für die Entscheidungsfindung**

In manchen Fällen wird ein Zielkonflikt durch Diskussion im Team lösbar sein, in anderen Fällen wird eine Berechnung mit EDV-gestützten Tools notwendig sein: Die Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen zeigt, dass die Simulation im besonderen bei komplexen, größeren Bauvorhaben und bei extremen oder neuen architektonischen Lösungen ihre Berechtigung hat.

Simulationssoftware wird aber bei weitem nicht in dem Ausmaß eingesetzt, wie es unter Aspekten der Ausschöpfung von Energiereduktionspotentialen sinnvoll wäre:

Das Potential der Simulation liegt in der Analyse des Energiebedarfes mehrerer alternativer Designvarianten sowie den Komfortbetrachtungen in der Planungsphase und in der Auslegung und Dimensionierung von Komponenten (Wandaufbauten, klimatechnische Anlagen, Solaranlagen, Erdregister etc.). Optimierungsbereiche sind die Tageslichtversorgung und die Ausleuchtung der Raumressourcen adäquat zum Nutzungsprofil, die Bewertung solarer Gewinne und die Vermeidung von Überwärmung, die Belüftungssituation in den Räumen des Gebäudes bis hin zu strömungstechnischen Berechnungen sowie die Kosten und die Nutzerfreundlichkeit.

Ein typischer Anwendungsfall für Simulationssoftware ist die Optimierung von Kosten und Raumklima: In der Regel sind Heizungs- und Lüftungsanlagen nach der herkömmlichen Auslegung laut Norm überdimensioniert. Durch den Einsatz von Simulationstools kann der jährlich anfallende Heizenergiebedarf unter Einbindung der Nutzungsaspekte, der inneren Wärmen und der Sonneneinstrahlung wesentlich genauer berechnet werden. Ein weiterer Vorteil ist die rasche Analyse von Auswirkungen auf das Gebäude aus Sicht der Energiekosten, falls die Ausrichtung, die Kubatur oder die Fassadengestaltung geändert werden.

Im Rahmen der IEA Task 23 haben wir einen kurzen Überblick über die am Markt verfügbaren Berechnungsprogramme zur energietechnischen und wärmetechnischen Simulation von Gebäuden zusammengestellt.

Sie soll Architekten und Fachplanern bei der Entscheidung helfen, in welchen Situationen welche Programme zweckmäßig anzuwenden sind. Neben Kurzbeschreibungen der wichtigsten Tools, die in Österreich angeboten und verwendet werden, werden Grundkenntnisse vermittelt, wodurch der Leser in die Lage versetzt werden soll, selbst beurteilen zu können, welche Instrumente für das eigene Büro oder bestimmte Anwendungsfälle geeignet sind (siehe IEA Task 23 Themenheft „EDV-unterstützte Gebäudesimulation“).

## 7 MCDM-23

MCDM steht für Multi-Criteria-Decisionmaking-Method. Darunter versteht man eine Vielzahl von Bewertungsverfahren, welche für den Vergleich von Varianten verwendet werden. Sie ermöglichen die Berücksichtigung von Zielkonflikten, unterschiedliche Zielgewichtungen und die Unterstützung bei der Suche nach Kompromissen.

MCDM-23 ist ein multikriterielles Entscheidungsverfahren für die integrierte Bewertung von Gebäudekonzepten, das im Rahmen der IEA Task 23 entwickelt wurde.

Multikriterielle Entscheidungsverfahren beruhen auf der Festlegung von Zielen. Anhand dieser Ziele werden dann verschiedene Alternativen verglichen und bewertet, welche Alternative die Ziele am besten erreicht.

Je nach Anwendungsfall der einzelnen MCDM-Verfahren unterscheidet man zwischen (Munda 1995):

- MODM (multi objective decision methods; die Anzahl der zur Verfügung stehenden Entscheidungsalternativen ist unbegrenzt) und
- MADM (multi attribute decision methods; die Anzahl der zur Verfügung stehenden Entscheidungsalternativen ist begrenzt).

Sollen Gebäudeentwürfe bewertet werden, so handelt es sich um eine begrenzte Anzahl von Entscheidungsalternativen. MCDM-23 fällt somit in die Kategorie der MADM-Verfahren.

### Ziele für die Bewertung in MCDM-23

Die Ziele, die ein „sustainable building“ erfüllen soll, wurden im internationalen Team der IEA Task 23 mittels Experteneinschätzung bestimmt. Das Ergebnis wird in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Kriterien zur Beschreibung relevanter Ziele für ein „sustainable building“

Kriterien / Ziele	Kriterien / Unterziele	Kriterien / Teilziele
Life cycle cost	Baukosten	Planungskosten
		Errichtungskosten
	Betriebskosten	Energiekosten
		Wasserkosten
		Wartungskosten
		Instandhaltungskosten
	Entsorgungskosten	Abbruchkosten/Baustelle
Entsorgungskosten/Material		
Resource use	Elektrische Energie	
	Brennstoffe	

	Wasser	
	Material	
	Boden	
Environmental Loadings	CO <sub>2</sub> -Emissionen der Errichtung	
	Jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen vom Betrieb	
	SO <sub>2</sub> -Emissionen der Errichtung	
	Jährliche SO <sub>2</sub> -Emissionen vom Betrieb	
	NO <sub>x</sub> -Emissionen der Errichtung	
	Jährliche NO <sub>x</sub> -Emissionen vom Betrieb	
Architectural quality	Identität	
	Proportionen	
	Integrität	
	Städtebauliche Integration	
Indoor quality	Innenraumlufthqualität	
	Visuelle Qualität	
	Thermische Qualität	
	Akustische Qualität	
Functionality	Funktionalität	
	Flexibilität	
	Wartungsfreundlichkeit	
	Image (PR Wert)	
Security and Safety	Security (im Sinne von Einbruchssicherheit)	
	Safety (im Sinne von Barrierefreiheit)	

Diese Ziele sind im Programm MCDM-23 enthalten, können aber projektspezifisch abgewandelt und konkretisiert werden. Das gilt auch für die Indikatoren zur Messung der Zielerreichung, die der Benutzer selbst definiert.

Im Grunde bietet MCDM-23 eine Checkliste an Zielen, die als Grundlage für die Erarbeitung der gebäudespezifischen Ziele und Indikatoren für ein bestimmtes Vorhaben dient.

### **Bewertungsverfahren in MCDM-23**

Für die zur Diskussion stehenden Planungsalternativen werden die Angaben zu den Indikatoren ermittelt, in das Tool eingegeben und dann anhand des automatisierten Bewertungsverfahrens verglichen.



Im Zuge der Eingabe und des Vergleichs wird analysiert, welche Alternativen in Bezug auf die einzelnen Zielsetzungen Stärken und Schwächen aufweisen bzw. welche Alternative insgesamt am besten abschneidet. Diese Analyse bildet die Grundlage für die nachfolgenden Optimierungsschritte im Rahmen der Teamdiskussion.

Es gibt unterschiedliche Methoden der Bewertung, die bekanntesten MADM Verfahren sind:

- Multiattribute utility theory (MAUT)
- Analytical hierarchy process (AHP)
- Verfahren lexikographischer Ordnung (VLO)
- Outranking Verfahren (PROMETHEE, ELECTRE)

Detaillierte Informationen zu den Methoden sind in Andresen (2000) dargestellt. Der Nutzer von MCDM-23 kann zwischen zwei Methoden wählen, dem „Analytical hierarchy process“ (AHP) und einem sehr einfachen „Grading“, bei dem der Benutzer die Gewichtungen für die einzelnen Ziele festlegt und auch variieren kann. Bei AHP handelt es sich zwar um eine anerkannte Methode, die jedoch für den Benutzer erst nach intensiver Beschäftigung nachvollziehbar ist. Dagegen ist das „Grading“ transparent und leicht verständlich. Aus diesem Grund sind in MCDM-23 beide Möglichkeiten der Bewertung vorhanden.

MCDM-23 bietet eine automatisierte, aber flexible Grundlage für die Festlegung von Planungszielen und die Diskussion von Zielkonflikten für ein spezielles Gebäude. Es unterstützt vor allem den Auftraggeber bei der Festlegung von Prioritäten für das Bauvorhaben und damit gleichzeitig jene Person im Planungsteam, welche die Koordinationsfunktion im teamorientierten Planungsprozess wahrnimmt.

In der Entwicklungsphase wurde MCDM-23 von mehreren Teilnehmern der IEA Task 23 getestet. Das Protokoll eines Tests, der in Österreich in Kooperation mit externen Personen anhand eines realen Vorhabens durchgeführt wurde, ist als separates Dokument in englischer Sprache verfügbar (MCDM-23 Test anhand eines Bauvorhabens in Wien).

MCDM-23 ist ab Mitte 2002 inklusive Benutzerhandbuch frei verfügbar.  
Weitere Informationen: [www.task23.com](http://www.task23.com)

## 8 Alternative Methoden der Zielbestimmung und Diskussion von Zielkonflikten

### 8.1 Quality Function Deployment

Quality Function Deployment (AKAO 1990) ist eine Methode für die nutzerorientierte Produktentwicklung. Im sogenannten „House of Quality“ werden alle Anforderungen der späteren Nutzer des Produktes definiert und als Grundlage für die Produktentwicklung herangezogen.

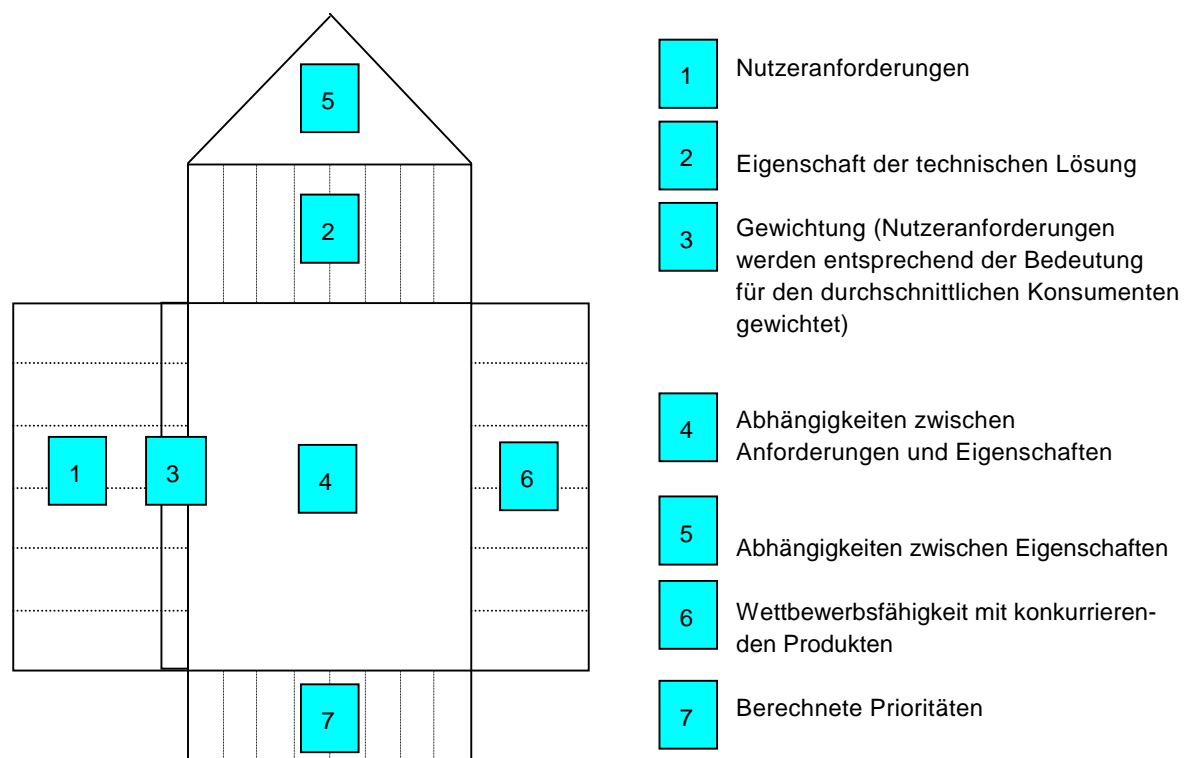


Abbildung 2: House of Quality

Der Einsatz von QFD ist vor allem im Verbrauchsgüterbereich bekannt. Die Methode wurde derzeit erstmals in Finnland in Form eines Pilotprojektes im Gebäudebereich eingesetzt (Huovila 1998). Ihr Vorteil wird in der Unterstützung der systematischen Bestimmung der Nutzeranforderungen (Ziele) und der Strukturierung entscheidungsrelevanter Information gesehen.

Folgende Abbildung zeigt eine Matrix, die im oben genannten Projekt verwendet wurde.

QFD-Laattalo		QFDINNOE.XLS																								
© VTT Building Technology Revised 1995, Version 1.0		Subject:	Spektri Trio, dining room																							
		Title:	Customer demands																							
		Compiler:	Nokkala, Koskinen, Sundell, Mikkola, Vainio																							
		Date:	11.5.1995																							
Requirements (WHATs)	Characteristics (HOWs)	Product comparison																								
		modifiability of lighting	colours, textiles, plants	acoustics; no echo	different routes for personnel	sound reproduction possibility	no fixed sections	functioning collection of dishes &	no thresholds	possibility for extra service points	dirt-resistant joints of tiles	sufficient number of trash bins	stackability of chairs	clearance in front of windows	guidance ("start here" etc.)	peaceful spots	continuous counter line	buffet service option	interior decoration reservations	electric points in floor	tables around columns	Customer importance (P1)	Present level	Competitor	Competitor	Target level (P2)
COMFORTABLE		0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0									4	3	3	4	
MODIFIABLE		0	0		0	0		1	0		0	0					0	0	0			5	1	2	4	3
FUNCTIONAL		1			0	1	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	1	0	0		4	2	2	4	5
FLEXIBLE					0		0	0	0		1	1				0	0	0	0	1		3	3	4	3	5
ATTRACTIVE		0	0	0		0					1					0					1	4	3	4	3	5
AMPLE CAPACITY					1			0	0							0						5	4	2	4	3
CLEAN, CLEANABLE		0						0	0		0	0	0	0								4	4	2	4	4
UNCOMPLICATED			1					0						0		0						5	4	2	4	4
INDIVIDUALISTIC		0	0			0									0		0	1				2	4	1	2	3
UNIVERSALLY ADAPTABLE		0	0		0	0		0	0		1	0			0		0	0	0			3	4	3	3	3
Weight factor (P1)		142	119	48	54	88	117	213	62	180	44	58	75	44	121	63	105	117	87	111	61	1908				
Weight factor %		7%	6%	3%	3%	5%	6%	11%	3%	9%	2%	3%	4%	2%	6%	3%	6%	6%	5%	6%	3%	100%				
Weight factor (P2)		131	130	51	67	77	114	216	63	171	45	63	74	45	124	66	105	123	77	114	64	1923				
Weight factor %		7%	7%	3%	3%	4%	6%	11%	3%	9%	2%	3%	4%	2%	6%	4%	5%	6%	4%	6%	3%	100%				
Selections		x						x		x				x		x		x								

Abbildung 3: QFD Matrix

## Zielkonflikte im Planungsprozess

## 9 Quellen

Akao, Y. (1990): Quality Function Deployment (QFD). Integrating Customer Requirements into Product Design. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press

Andresen, I. (1998a): Towards a Multicriteria Design Approach. Internal Report (Draft), IEA Task 23, ST C. Department of Building Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

Andresen, I. (1998b): Multi Criteria Decision Analysis. A Survey of Methods (Draft), IEA Task 23, ST C. Department of Building Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

Andresen, I. (2000): A Multi Criteria Decision Making Method for Solar Building Design, NTNU, Trondheim

Archea, J. (1997): Puzzle-making: What architects do when no one is looking. In: Computability of Design, Y.E. Kalay (eds), New York, John Wiley and Sons

Dörner, D. (1993): Denken und Handeln in Unbestimmtheit und Komplexität. In: GAIA 2 (1993) No.2

Gray, C.; Hughes, W. et al. (1994): The Successful Management of Design. A Handbook of Building Design Management. UK, Centre for Strategic Studies in Construction, University of Reading

Haller, M.; Maas, P.; Königswieser, R. (1996): Stiftung Risiko-Dialog: Entstehung, Entwicklung, Effekte. In: Risikodialog. Zukunft ohne Harmonieformel. Hrsg.: Königswieser, Haler, Maas, Jarmai. Deutscher Instituts-Verlag GbmH, Köln

Huovila, P.; Seren, K.-J. (1998): Customer-oriented Design Methods for Construction. In: Journal of Engineering Design, Vol. 9, No 3

Lawson, B. (1990): How Designers Think. The Design Process Demystified. Oxford, Butterworth Architecture

Munda, G. (1995): Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment. Theory and Applications in Ecological Economics. Physica-Verlag Heidelberg

Papamichael, K. M.; LaPorta J. et al. (1997): Decision Making through the Use of Interoperable Simulation Software. Building Simulation '97 Conference Proceedings, Prague, Czech Republic

Papamichael, K. M.; Prozen J. P. (1993): The Limits of Intelligence in Design. Focus Symposium on Computer Assisted Building Design Systems of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Systems Research, Information and Cybernetics, Baden-Baden, Germany

Schön, D.A. (1998): The Reflective Practitioner. London, Temple Smith

Von Winterfelt, D. and Edwards, W. (1996): Decision Analysis and Behavioral Research. Cambridge, Cambridge University Press



# ANHANG

## Fallbeispiele







## **Optimisation of Solar Energy Use in Large Buildings**

TO PROVIDE KNOWLEDGE ON SOLAR ENERGY USE IN LARGE BUILDINGS, 21 BUILDINGS DESIGNED USING THE “WHOLE BUILDING APPROACH” HAVE BEEN EVALUATED AND DOCUMENTED. BOTH THE PARTICULAR PROCESSES USED IN THE DESIGN OF THE BUILDINGS AND THE RESULTING BUILDING PERFORMANCES ARE EVALUATED. THE RESULTS ARE DOCUMENTED IN A REPORT FROM THE IEA SH&C TASK 23.

### ***Background***

Within the International Energy Agency (IEA) a comprehensive program of energy co-operation is carried out among the member countries. The Solar Heating and Cooling Implementing Agreement was one of the first collaborative R&D programs to be established within the IEA, and, since 1977, its participants have been conducting a variety of joint projects in active solar, passive solar and photovoltaic technologies, primarily for building applications.

### ***Task 23***

In the framework of the IEA Solar Heating & Cooling Programme, “Task 23, Optimisation of Solar Energy Use in Large Buildings” was initiated. The Operating Agent of the Task is Professor Anne Grete Hestnes, Norway.

To significantly reduce the total energy use in large buildings, it is necessary to use several technologies such as energy conservation, daylighting, passive solar, active solar and photovoltaics in combination. The designers of these buildings therefore need to find the optimum combinations of technologies for each specific case. This requires an integrated design approach, where the different low energy and solar technologies to be used are considered integral parts of the whole, also taking architectural quality and functionality into account.

The objective of Task 23 is to enable the designers to realise such integrated design processes and to carry out the necessary optimisation exercises, thereby ensuring the most appropriate use of solar energy in each building project. Providing the designers with design process guidelines and a set of design tools will do this. At the same time, the Task will ensure that the buildings designed using these tools promote sustainable development. Including criteria such as general resource use and local and global environmental impact in the analyses facilitated will do this.

### ***Evaluation and documentation of buildings***

In a part of Task 23, “Subtask A, Case Stories”, different low energy solar buildings are investigated and documented. The objective of Subtask A is to provide the knowledge needed for guidelines, methods and tools, which will be developed in other subtasks. This was done by evaluating and documenting a set of buildings designed using the “whole building approach”. Both the processes used in the design of the buildings and the resulting building performance were evaluated.

The results of these studies have been documented in the report “Description of Case Stories”. 21 different solar buildings from 12 different countries, comprising offices, schools, and conference and research centres are presented. The buildings use a number of low energy and solar techniques, including daylighting, passive and active solar systems and photovoltaics. The countries

involved are Austria, Canada, Denmark, Finland, Germany, Japan, Korea, Netherlands, Norway, Spain, Sweden, Switzerland and USA.

## ***Examples of Solar Buildings***

### *Primary School, Austria*



The primary goal was a building as ecological as possible within a budget only 10% more than usual. This resulted among other things in cork as insulation material, PVC was not used at all and wood was widely used. Prismatic plates serve as shading for direct sunlight, and mirrored shutters reduce glare and direct diffuse light on to the reflective ceiling. Thereby use of daylight is possible.

Today the building serves an example of a school with a very good performance compared to other schools, the occupants are very

satisfied and the children highly motivated.

A lesson learned during the design process was that a very close co-operation between architects and engineers from the beginning of the process was necessary to achieve good results. However, a whole building approach also implied problems: each of the planning experts involved aimed at a different goal, a specific goal according to a specific function. It turned out that a guideline was needed on how to deal with these conflicts at the very beginning of the design process.

### *Office building, Germany*

The client wished a building, which further the co-operative aspects of work like communication, discussion, relaxation etc. without hierarchy. Since the company is a software developer, the computer workplaces needed special solutions against glare. Some other important criteria were maximised use of natural daylight, minimised cooling load, low electrical and heating energy use. Furthermore, the building costs and the running costs should be low. To be able to fulfil the wishes from the client it turned out that a close co-operation between architect, client, structural engineer, building services engineer, building physicist was absolutely mandatory. And a personal engagement of the client was necessary to decide innovative solutions, sometimes out of the current norms and regulations.



And a personal engagement of the client was necessary to decide innovative solutions, sometimes out of the current norms and regulations.

It was the basic idea to give components of the building several functions. For example to use the central atrium as well as the floor integrated ducts for air-conduction and therefore reduce costs. The round form of the building with a consequent buffering of the heated rooms by a temporal heated yard atrium led to minimise the external building surface, which resulted in reduced heat loss and running costs as well as reduced investment costs for the facade. Pre-cooling by foundation channels and activation of thermal mass through open ceilings replaced a mechanical cooling device. A lesson learned during the design process was, that validation of the concept by dynamic simulation was necessary for forecasting and guarantying temperature profiles, energy consumption for heating, cooling, electricity and comfort level both thermal and visual.

### *Environmental Science Institute, Japan*

Environment-conscious and energy-efficient design and construction was an important start-point as to confirm the owner's and occupant's identity. Yamanashi Prefecture Government as owner



wished the building to be a model case of environmental conscious buildings, because the building is used for environmental science learning centre for pupils and research centre on relationship between human and nature from a global viewpoint. The scope of the building has been widely acknowledged and it serves a model of environment-conscious activities for people of the Yamanashi prefecture and others.

Energy saving target was set to reduce total energy consumption by 30% compared to a typical laboratory building. This has been reached by the installation of different solar and low energy techniques such as PV panels, solar air hybrid collectors, heat pumps etc.

### *Office and conference centre, Denmark*

The background for the building is twofold. The technical concept and design idea was based on the winning proposal of the design team for the EU competition "Working in the city". Furthermore, the client of the building was looking for an outstanding building demonstrating the technical and design solutions to achieve a 50% reduction in energy consumption. This reduction was a result of the recommendations from the UN report "Our Common Future".

The design process of the building has in all phases of the project focused on the aim of the project: Demonstration of major energy savings in a new non-domestic building, involving all professions within the building design team. The energy saving measures include, among others, building integrated PV-systems, daylighting techniques and passive solar. A very close co-operation was achieved between the engineers and the architects, which has proved to be a very positive experience for all parts.



A lesson learned was the importance of very close collaboration between the members of the design team. Even though the design team had a good level of communication a number of problems turned out to be unsolved at the time of construction start and had to be solved quickly.

### ***The report is available***

The report contains information on the design teams, buildings, mechanical and electrical parameters and the different technologies and energy saving features used. This information is given for each of the 21 buildings. Furthermore, information on the design process is included. This part contains a summary description of the design process (planning, decisions and organisation), description and motivation for the technical and architectural phenomena that have been investigated and an overview of the resources used.

The report is available from

Esbensen Consulting Engineers A/S  
att. Christina Henriksen  
Vesterbrogade 124 B, DK-1620 Copenhagen V  
Phone: + 45 33 26 73 00  
Fax: + 45 33 26 73 01  
e-mail: c.henriksen@esbensen.dk

The price is 150 DKK incl. postage excl. VAT.

The Danish Energy Agency has financed the editing and publication of the report.







## Case Story no. 1:

### Primary School, Münchendorf, Austria



#### Further information:

Susanne Geissler  
Austrian Ecology Institute  
Seidengasse 13  
A-1070 Wien  
Phone: +43 1 523 6105-16  
Fax: +43 1 523 5843



<b>0. Overall</b>	
0.1 Name of building	Primary School Münchendorf Sportplatzstraße, A-2482 Münchendorf
0.2 Type of building	primary school
0.3 Owner / Operator	local authorities of Münchendorf (in Lower Austria near Vienna)
0.4 Construction	December 1993 - March 1995
0.5 Planning time	August 1992 - March 3 <sup>rd</sup> 1993 negotiation with the building authority to receive the building permit March 3 <sup>rd</sup> 1993 - December 1993
0.6 Building costs	total: 30 263 000 ATS (2 277 000 USD) net cost of construction, no property, no design cost included per m <sup>2</sup> : 16 590 ATS (1 250 USD) net cost related to usable area; usable school area (classrooms) and usable gymnasium area: 1 824 m <sup>2</sup> school furniture: 2 367 000 ATS (178 000 USD) average for this building type (primary school): approximately minus 10%
0.7 Design costs	architect: 2 782 000 ATS (209 000 USD) structural engineer: 435 000 ATS (33 000 USD) technical facility engineer (heat, ventilation, sanitation): 281 000 ATS (21 000 USD)
0.8 Support from research funds	No
<b>1. Design team</b>	
1.1 Architect	Arch. Mag. Ing. Helmut Deubner Hochwaldstraße 37 A-2230 Gänserndorf Süd Tel. + 43-2282-70289 project manager: Arch. Dipl.-Ing. Heinrich Schuller building surveyor: Arch. Johannes Breitling
1.2 Engineers, Structural	Dipl.-Ing. Franz Tatzber Steinbruchstraße 11a A-2452 Mannersdorf/Leithagebirge Tel. +43-2168-2114
1.3 Engineers, HVAC	Ing. Peter Trenkler Trumauer Str. 3 A-2482 Münchendorf, Tel. +43-2259-2312
1.4 Engineers, Energy / Comfort	Dipl.-Ing. Roland Phillip (thermal insulation / sound insulation / acoustics) Schloßgasse 14 A-3423 St. Andrä / Wördern, Tel. +43-2242-38751



1.5 Engineers, Electrical	Ing. Manfred Zivna
1.6 Main Contractor	Contractors were contracted separately according to function and building component.
1.7 Contract form / Project organisation (see also 8.1-8.4)	<p>The architect was responsible for the architectural concept and for the co-ordination of the design process and building process; surveyor</p> <p><i>Is this the normal contract form in the country, if not describe the difference:</i></p> <p>Normal contract form in the country.</p>
1.8 Clients needs / wishes	<p>Rather vague, specified as low operating cost, room programme (how many classrooms, secondary rooms, offices, gym, etc.) and as the wish to construct a building as ecological as possible (no targets set for instance concerning energy consumption); budget only 10% more than usual.</p> <p><i>Describe the most important:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. functionality (specification very vague, wishes only concerning room programme and gym)</li> <li>2. ecology and energy efficiency (no more detailed specification)</li> <li>3. budget only 10% more than usual.</li> </ol> <p>Clients' wishes differed from users' (i.e. teachers) needs; the priorities of the teachers were as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. large classrooms, necessary in order to realise modern educational methods</li> <li>2. easy control of children during the breaks (teachers opposed long corridors)</li> <li>3. more space in the classrooms in order to stow away things.</li> </ol> <p>Teachers did not agree to free space classrooms because of difficult control and dirt problems.</p> <p>The client prioritised one central checkroom because of lower cost. Users prioritised a checkroom for each classroom, which would make it possible to utilise them twofold, as regular checkrooms and for project lessons. Architect and users put it through against the wish of the client.</p>
1.9 Motivation for use of solar, PV, daylight etc.	Low operating cost, visual instruction for the pupils.
1.10 Obstacles for use of solar, PV, daylight etc.	Cost; public servants lack ecological awareness (members of the advisory council, see also 8.1; members of the building authority).



<p>1.11 Lessons learned in the design process</p>	<p>Co-operation between architect and engineers has to be very close from the beginning in order to achieve good results.          However, a whole building approach implies also problems. Each of the planning experts involved aims at a different goal, a specific goal according to a specific function. For instance it is the target of the engineer concerned with energy planning to minimise energy consumption; however, this conflicts with an architectural conception based on a large share of windowpanes. A guideline is needed on how to deal with these conflicts at the very beginning of the design process.          It is a crucial point that the building techniques can be operated easily: the user has to be able to handle the technologies applied.          It is useful to have clearly defined targets to avoid discussions without any direction. It is necessary to be aware of differing interests of groups involved. Interests of client and users might not correspond, e.g. in case of a school. Therefore design guidelines have to consider different “settings”.</p>
<p>1.12 Problems during realisation</p>	<p>Enterprises and public servants involved in the project lack experience with ecological construction.  <i>Relate it to milestones in the design, how were initial decisions changed:</i>          Initial decisions were changed because of user requirements (teachers): final planning stage.</p>
<p><b>2. Location</b></p>	
<p>2.1 City, Country</p>	<p>Münchendorf, located in the province of Lower Austria (near Vienna), Austria</p>
<p>2.2 Latitude</p>	<p>48 N</p>
<p>2.3 Longitude</p>	<p>16.30 E</p>
<p>2.4 Altitude</p>	<p>200 m</p>
<p>2.5 Climate</p>	<p>Type: moderate          Heating degree days: 3 322 (base = 20/12 related to a year, many years' average)          3 175 (base = 20/12 related to the period 1.10. - 30.4.; according to Austrian standard ÖNORM B 8135)          Cooling degree days: - (base = )          Number of sunshine hours per year:          1 114 kWh/m<sup>3</sup> global radiation</p>
<p><b>3. Relation to Context</b></p>	
<p>3.1 Degree of exposure</p>	<p>Free standing</p>





3.2	Quality of environment	Fair conditions
<b>4. Building parameters</b>		
4.1	Number of floors	1
4.2	Size	Total usable area 1 824 m <sup>2</sup> Heated 1 824 m <sup>2</sup> Glazed spaces: recreational area 100 m <sup>2</sup> draft lobbies 30 m <sup>2</sup>
4.3	Height	Floor to ceiling classrooms 3.20 – 4.0 m gymnasium 2.00 – 7.00 m others 2.80 m  Gross m
4.4	Ceiling	Material: wooden-beamed ceilings; wooden covering in the classrooms; other rooms: partly wood and gypsum fibre boards; gymnasium: gypsum
4.5	Floor	Classrooms and gymnasium: solid wooden floor (beech) on a wooden sub-construction
4.6	Internal walls	Heavy
4.7	Construction type	Wood and brick Supporting walls: hollow bricks plastered; wooden-beamed ceilings and roofs.
4.8	Modulation	Cellular spaces: 8 classrooms  Open planned spaces: Great hall: rather large, utilised twofold for musical education and events; no central checkroom, but each classroom supplied with a checkroom, daylight and furnished with a table to be used twofold for lessons as well; recreation room: winter garden with glass pyramid in the centre.
4.9	Insulation	Walls: cork, 80 mm U-value: 0.35 W/m <sup>2</sup> K Roof: cellulose, 200 mm U-value: 0.18 W/m <sup>2</sup> K Window panes: thermal protection glass; U-value: 1.40 W/m <sup>2</sup> K U-value glass: 1.1 W/m <sup>2</sup> K
4.10	Windows	Light transmission: 76% Total energy transmission: 60%
4.11	Window fraction (wall)	North 15% South 30% East 25% West 30%
4.12	Occupancy	Number of persons, totally: 8 x 30 (8 classrooms) Number of persons, per office / classroom: 30 Typical running hours: 8 - 14
<b>5. Mechanical / Electrical parameters</b>		



5.1 Energy consumption - net total for heating and electricity	<p>Low:            Gas: 90 kWh/m<sup>2</sup> (1997)            Electricity: 12 kWh/m<sup>2</sup> (1997)</p> <p>Typical for building type: -</p>
5.2 Heating system	<p>Type: Low-temperature radiant wall heating in all classrooms supplied by a gas fired condensing boiler.</p> <p>Ceiling radiant heating in the gym: gas fired pipes with a high share of radiant heat. Because of the fast heat emission the temperature in the gym can be lowered during the non used times.</p>
5.3 Ventilation	<p>Natural, with the use of glazed spaces. Except the checkrooms and sanitary rooms of the gym according to building regulations; for ventilation of checkrooms and sanitary rooms waste air of the gym is used in order to reduce energy consumption.</p> <p>Mechanical without heat recovery in the checkrooms and sanitary rooms of the gym.</p>
5.4 Installed Office Equipment	Few
5.5 Control	<p>Individual:            Each classroom is controlled individually according to the specific needs (depending on the kind of lesson).</p>
5.6 Type of solar shading	<p>external blinds, blinds of southern windows are operated individually controlled by the users            fixed: protecting roofs</p>
<b>6. Technologies / Energy saving features</b>	
6.1 Use of passive solar	<p>Yes:            Classrooms and corridors: share of southern windowpanes is high            Recreation room: winter garden.</p>
6.2 Use of active solar	<p>Yes:            16 m<sup>2</sup> solar collector on the southern wall of the gym to supply the showers with warm water</p>
6.3 Use of daylight	<p>Yes:            Optimal distribution of daylight through additional daylight from above (roof windows), non-dazzling, daylight in all classrooms, offices and common rooms.</p>
6.4 Use of photovoltaic panels	No
6.5 Use of rainwater	<p>Yes:            Water coming down the gutter is seeped away on the site; because of the high groundwater level water for the toilet flush and irrigation comes from a well; water saving fittings and flow controllers are used.</p>



6.6	Sorting of waste	Yes: Separate waste collection (aluminium, metal, glass, organic waste, paper, toxic waste, others)
6.7	Use of environmental friendly materials	Yes: It was an important overall aim to avoid the sick building syndrome and to use ecologically beneficial materials only. External walls: bricks, cork insulation. Ceilings and roofs: wooden, cellulose insulation, no steam barriers, clay-tiled roof. Floors: in the classrooms solid wooden floors with cellulose insulation, surface treatment with vegetable oil and wax; tile pavement and cellulose insulation in secondary rooms and corridors. Wooden surfaces: treated with natural resin, wax. No PVC elements: high-grade steel fittings instead of PVC, wooden sign posting and directory. Wall painting: with natural paint.
6.8	Use of heat pumps	No
6.9	Use of BMS	No
6.10	Use of glazed spaces	Yes: Winter garden as draft lobbies; glass pyramid as recreational area which were planned to be equipped with plants, rocks and water. Teachers opposed it because of the requirement of a great deal of care. For this reason the recreation room remained empty and is used for events only. Children spend their breaks in the classrooms.
6.11	Use of energy efficient lighting	Yes: Daylight depending regulation of lighting; electric ballasts, Spiegelrasterleuchten.
6.12	Use of efficient heating technologies	Yes: Low-temperature radiant wall heating in all classrooms supplied by a gas fired condensing boiler. Ceiling radiant heating in the gym: gas fired pipes with a high share of radiant heat. Because of the fast heat emission the temperature in the gym can be lowered during the non used times.
<b>7. Real building performance</b>		
7.1	Description of building use <i>(Is it used as intended)</i>	Used as planned apart from the following changes: the recreation room was planned to be used both as recreational area and for events and actually is used for events only; one classroom was converted into a day nursery room with a kitchen in the last moment.
7.2	Performance problems, and reasons	<i>Compare objectives and actual performance:</i> Occupants had to learn the handling of oil/wax - treated wooden floors and the operation of the heating control system.
7.3	Occupancy reactions	Occupants are very satisfied, children highly motivated.



7.4 Side effects (PR, Green label etc.)	The government of the Province of Lower Austria asked for the tender documents; they were interested in the ecological performance of the building to be used as a standard for the construction of schools, however they did not follow this intention.
---	--





results of the discussions with the planning experts. Crucial decisions were discussed with the advisory council. As a member of the advisory council the client was involved in all steps of the design process. In addition meetings took place to discuss pedagogical aspects with the teachers. Conflicts raised, wishes/needs/preferences differed and went beyond the budget.

With respect to children's needs it was clear from the beginning that the building would not be a compact one but would offer outdoor spaces and green spaces which were considered to be more important than a better energy performance resulting from an improved surface/volume ratio.

To achieve the result required the experts involved in the project did their planning parallel to each other; exact planning targets and constant meetings were necessary to adjust and co-ordinate partial results.

It was the architect's task to evaluate the contribution of each planning expert concerning its accordance with the primary project goals.

The client, the advisory council and the planning experts could hardly cope with this comprehensive task: to find the optimal solution between pedagogical, ecological, energetic and financial requirements.

Especially the client's and advisory council's lack of knowledge and lack of experience with ecological construction were difficult to handle.

### 8.2.3 Decision process

Choice of technologies and materials was done based on experience. Criteria for decision-making were ecological performance and cost. Choice of wall insulation material for instance went this way: materials under consideration were materials usually used (polystyrene) as well as environmentally beneficial materials such as cork. Polystyrene was excluded because of environmental reasons, cork was chosen because of cost efficiency reasons.

In case of competing options the process followed the guideline:

- which criterion is (are) the most important one
- which criteria are met by one option only
- which criteria are met by more than one option

Decisions were done by comparing operational cost with investment cost. Investment cost are subsidised, therefore the local authority (client) is affected by the operational cost mainly.

Trade offs:

- Control system for space heating: energy savings versus comfort (see 8.3)
- Energy carrier for space heating: reduction of CO<sub>2</sub> emissions versus cost and infrastructural preconditions (see 8.3). Infrastructural preconditions are very important. Cost efficiency is a strong reason to decide in favour of a technology and often depends on the regional tariff structure. For instance, with respect to feeding into the grid this is a barrier to PV in Austria.
- Thermal insulation: energy savings versus cost. Heating energy demand calculations according to Austrian Standard ÖNORM B 8110 were done in two versions, 1) meeting the demands given by legislation and 2) using the insulation data suggested by the architect and the energy engineer. The results convinced the client to agree to higher investment cost and benefit from low operational cost.
- Provision of green / free spaces: energy savings versus well being. With respect to children's needs it was clear from the beginning that the building would not be a compact



one but would offer outdoor spaces and green spaces which were considered to be more important than a better energy performance resulting from an improved surface/volume ratio.

- Use of thermal solar for warm water despite higher cost: because of image reasons: „an ecological building has to use thermal solar“.
- Use of natural materials despite of high cost: because of image reasons: „an ecological school has to use furniture made from wood“.

All other measures were implemented because cost efficiency could be proved. Costly measures could be realised because money was saved in other places, such as avoiding mechanical ventilation by means of careful architectural planning.

#### *8.2.4 Project organisation*

The client commissioned the architect to work out the architectural concept and to coordinate the planning experts in order to achieve the result required, an ecological primary school. So the architect selected the members of the planning team on the following criteria: experience on solar and ecological technologies and construction (call for tender). The local authority of Münchendorf accepted the planning experts proposed by the architect and contracted each of them individually.

An advisory council accompanied the planning process. The council consisted of representatives of the local authorities of Münchendorf, the province of Lower Austria (engineers and experts on finance), representatives of the institution concerned with financing (a co-operative, that also does the planning and constructing of buildings in other cases), and the architect.

During the planning process the advisory council met once to twice a month at the call of the architect. The meetings took place at crucial phases in the planning process, when important decisions had to be made.

*The participants in the project were different interest groups with differing targets:*

Client: operational cost, image

Teachers (user): room temperatures have to be adjustable in a very flexible way, no trouble with dirt, easy supervision of children, rooms allowing the application of modern pedagogical methods

The client took part in the design process (the advisory council); the architect additionally involved the teachers in a later stage. It would have been useful to integrate the teachers in the team in order to optimise the planning result. The glazed space was planned to serve as a green space with rocks, plants and water for relaxing and as a place for events. Because of high effort to care for plants and water and concerns of teachers with respect to trouble with dirt and supervision of children there are no plants and water and the place is used for events only.

If the teachers' targets had been integrated at the beginning of the design process the building would look different today. However, due to the fee structure most of the time pre design is done by the architect himself. Fee structure and tendering are the most important barriers to an integrative design approach.

### **8.3 Description of and motivation for phenomena that have been investigated (technical, architectural, materials etc.)**

#### *8.3.1 The wishes of the client were specified as*

- the construction of an ecological building and
- cost efficiency, especially low operating cost.





There are several options (technologies, materials) to provide the services (for instance warm space) required by the client. According to the wishes from the client, in this case only technologies and materials meeting ecological requirements were considered (non-polluting, utilisation of renewable resources, energy efficiency, low consumption of fossil fuels, reduction of drinking water consumption).

In the very beginning it was decided that the building would not be a compact one because the creation of protected and useably free spaces was highly prioritised.

The decision for one of several options taken into consideration was based on discussions with the advisory council. The results of cost efficiency analyses stressing operational cost prepared by the architect were important criteria for the choice of technologies and materials.

Aiming at high ecological standard and low cost the architect used sophisticated architectural design instead of expensive technologies (for instance ventilation).

Another reason for this concept was the experience that design should ensure the simplest possible operation of a building.

The user accepts a technology if it is understandable. That is a crucial point also concerning energy efficient technologies: highly sophisticated technologies do not save energy if the user cannot handle them.

### *8.3.2 Lighting*

Daylight and efficient artificial lighting with daylight depending control system: cost efficiency could be proved.

### *8.3.3 Water supply*

Decision for the use of ground water use because of cost efficiency.

Warm water (showers): Solar collector despite of high cost.

Space heating: Low-temperature radiant wall heating; gas-fired condensing boiler because of existing gas supply system and low cost; the ecologically optimised alternative would have been biomass and solar heating.

In addition an emergency chimney was installed in the great hall.

### *8.3.4 Control system (space heating)*

Control of space heating was designed to ensure the simplest possible operation. It is the experience of the architect that the user for the reason of lacking understanding does not accept sophisticated control systems. Individual operation is required, however, this often accounts for sub-optimal operating conditions.

In Münchendorf classrooms are controlled individually by the teacher to meet the needs for changing temperatures according to the kind of lesson. There was a computer based self-learning system under consideration as well. The operation, however, turned out to be too complicated.

### *8.3.5 Ventilation*

There is no mechanical ventilation in the classrooms and the gym. Circulation of air is ensured as a result of careful architectural planning. Mechanical ventilation of the checkrooms and sanitary rooms in the gym according to building regulations: waste air of the gym is used in order to reduce energy consumption.





#### **8.4 Resources used (rules of thumb, simulation programmes, workshops, experts, literature etc.)**

- 1) The design process followed the guideline „TOP Teamorientiertes Planen. Schweizerischer Ingenieurs- und Architektenverein (sia), Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern 1996“.
- 2) Choice of technologies and materials was done based on experience (see 8.2 Decision process).
- 3) Heat demand calculations: engineers used software developed by themselves, EXCEL-Sheets adapted to their needs.

Pro Solar kooperative Planungswerkstatt now uses:

- WAEBED: simulation programme to determine daily heat losses and heat demand per room
- KENN 8110: programme to examine overheating in summer
- TELPHYS: U-values, sound insulation
- SHW: Dimensional analysis of solar collectors

##### *8.4.1 At which stage of the design process were the resources used?*

Resources were used during final planning stage mainly. The client started to show interest in the project after the building permit had been approved and interest in the project grew with project progress.

##### *8.4.2 Were they used as a help to design the building or used to see the consequences of the already designed building?*

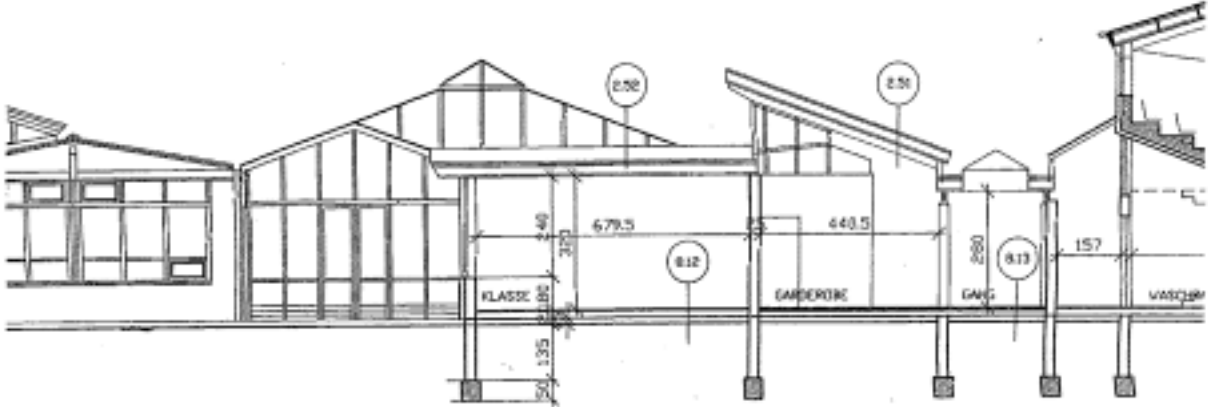
Heat demand calculations were used to see the consequences of the already designed building.

Heat demand was calculated twice according to Austrian standard: once with thermal insulation according to building regulation, once with the thermal insulation planned. The comparison of results served the justification of higher construction cost as operational cost was prioritised.

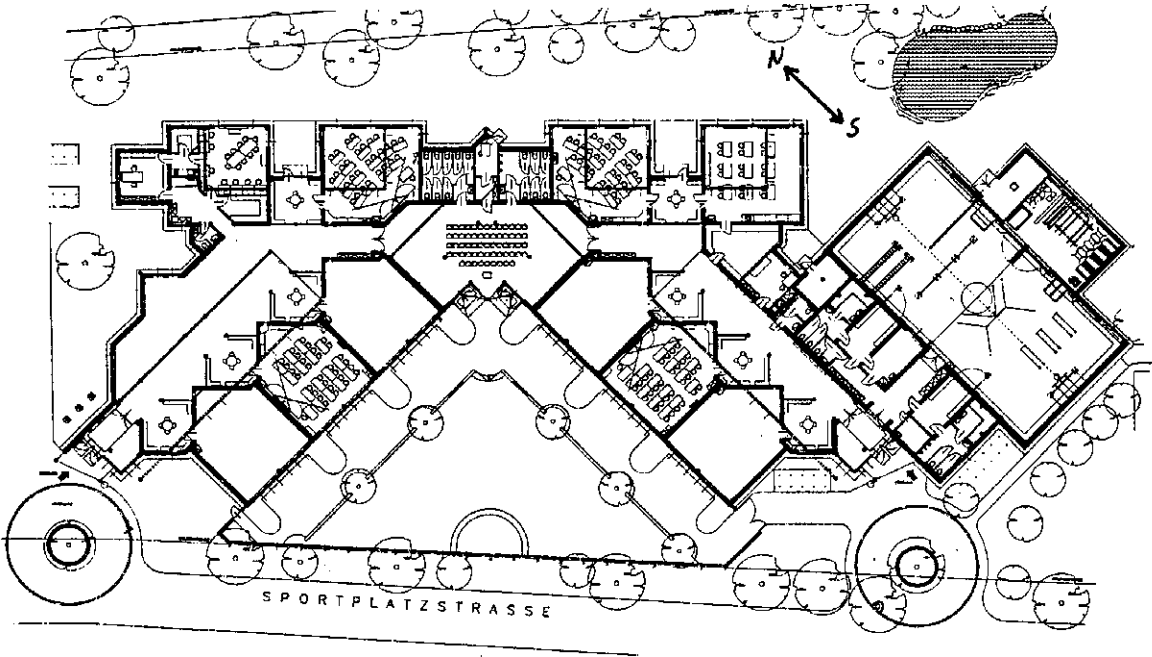


## 9. Drawings and photos

### 9.1 Typical cross-section



### 9.2 Typical floor-plan





### 9.3 Photos of the building







## Case Story no. 2:

### Sparkasse Bludenz, Austria



#### Further information:

Wibke Tritthart

Interuniversity Research Center for Technology, Work and Culture

Schlögelgasse 2

A-8010 Graz

Phone: +43 316 813 909 23

Fax: +43 316 810 274



<b>0. Overall</b>	
0.1 Name of building	Sparkasse Bludenz, Head office
0.2 Type of building	Bank and automatic multi-storey car park ("Car-safe")
0.3 Owner / Operator	Sparkasse Bludenz
0.4 Construction	Autumn 1995 - Autumn 1997
0.5 Planning time	Winter 1994 - Spring 1996
0.6 Building costs	Total: 94 000 000 ATS (7 072 000 USD) (exclusive of 20% value added tax) per m <sup>2</sup> (gross): 23 500 ATS (1 770 USD) (including car-safe) average for this building type: This is approx. the average for this building type in West-Austria.
0.7 Design costs	17 000 000 ATS (1 279 000 USD) (exclusive of 20% value added tax)
0.8 Support from research funds	No
<b>1. Design team</b>	
1.1 Architect	Arch. Dipl.Ing. Richard Nicolussi Untersteinstraße 23 A-6700 Bludenz Tel.: +43 / 5552 / 65030
1.2 Engineers, Structural	Dipl.Ing. H. Zierl, Dipl. Ing. CH. Gantner A-6700 Bludenz
1.3 Engineers, HVAC	BHM Ingenieure Langgasse 108 A-6830 Rankweil Tel.: +43 / 5522 / 461010
1.4 Engineers, Energy / Comfort	BHM Ingenieure Langgasse 108 A-6830 Rankweil Tel.: +43 / 5522 / 461010  <i>Building physics (acoustics etc.):</i> Karl Wille Auf der Ratsch 6820 Franstanz Tel.: +43 / 5522 / 51150



<p>1.5 Engineers, Electrical</p>	<p>BHM Ingenieure Langgasse 108 A-6830 Rankweil Tel.: +43 / 5522 / 461010</p> <p><i>Daylighting:</i> Bartenbach LichtLabor GmbH Rinnerstraße 14 A-6071 Aldrans Tel.: +43 / 512 / 3338-0</p>
<p>1.6 Main Contractor</p>	<p>Contractors were contracted separately</p>
<p>1.7 Contract form / Project organisation (see also 8.1-8.4)</p>	<p>The members of the design team were contracted separately by the client. The architect proposed the engineers and was the co-ordinator of the team.</p> <p><i>Is this the normal contract form in the country, if not describe the difference:</i> This is the normal contract form in Austria.</p>
<p>1.8 Clients needs / wishes</p>	<p><i>Describe the most important:</i> The old part of the bank, a building dating from 1956, had to be refurbished and a new part designed taking into account the following criteria: transparency, low energy consumption, low construction costs, optimised working conditions, environmental protection.</p> <p>The client specified his needs concerning rooms, functional aspects and organisation of the future work in a 3-year discussion process. A competition was held to choose the design best suitable for the specified purpose.</p>
<p>1.9 Motivation for use of solar, PV, daylight etc.</p>	<p>Solar energy use fulfilled all relevant design criteria. But it was nevertheless a long way to obtain the approval of the client.</p>
<p>1.10 Obstacles for use of solar, PV, daylight etc.</p>	<p>Extra costs, technoid character/appearance</p>
<p>1.11 Lessons learned in the design process</p>	<p>Close co-operation between the design team and the client was absolutely necessary. Environmentally sound features with moderate costs and high workplace quality met with the highest degree of approval.</p>
<p>1.12 Problems during realisation</p>	<p><i>Relate it to milestones in the design, how were initial decisions changed:</i> For the client it was very difficult to visualise the planned daylight components and their benefits for the working places. Therefore a "model-room" was built. Because of the daylighting the surfaces and materials had to be chosen before the use of the room was fixed.</p>



<b>2. Location</b>	
2.1 City, Country	Bludenz, province of Vorarlberg, western part of Austria
2.2 Latitude	47 N
2.3 Longitude	15.2 E
2.4 Altitude	600 m
2.5 Climate	Type: Alpine – moderate Heating degree days: 3 919 Kd/a (base = 20/12, 20°C is the norm room temperature, 12°C is the outside temperature characterising the beginning and the end of the heating period) Cooling degree days: not available (base = ) Number of sunshine hours per year: not available (Global horizontal radiation is 1 081 kWh/m <sup>2</sup> a)
<b>3. Relation to Context</b>	
3.1 Degree of exposure	Obstructions: It is in an urban area
3.2 Quality of environment	Pollution and noise: Located on a downtown main road
<b>4. Building parameters</b>	
4.1 Number of floors	5 (including basement and a partly extended attic storey)
4.2 Size	Total 4 000 m <sup>2</sup> (gross) Heated 3 000 m <sup>2</sup> (net) Glazed spaces 250 m <sup>2</sup> (net)
4.3 Height	Floor to ceiling 2.5 - 3 m Gross 18 m
4.4 Ceiling	False ceiling of aluminium / gypsum fibreboard
4.5 Floor	Terrazzo (stone), carpet
4.6 Internal walls	Light
4.7 Construction type	Concrete
4.8 Modulation	Partly Cellular spaces and open planned spaces
4.9 Insulation	Walls: 10 mm, U-value: 0.3 W/m <sup>2</sup> K Roof: 16 mm, U-value: 0.25 W/m <sup>2</sup> K Window panes: U-value: 1.1 W/m <sup>2</sup> K Glazing of the attached sunspace: single layer





4.10	Windows	Light transmission: 80% Total energy transmission: 60%
4.11	Window fraction (wall)	North 14% South 16% East 0% West 70%
4.12	Occupancy	Number of persons in total: 65 Number of persons per office: 2 – 8 Typical office hours: 8 a.m. - 5 p.m.
<b>5. Mechanical / Electrical parameters</b>		
5.1	Energy consumption - total for heating and electricity (net, secondary energy)	Low: 30 - 35 kWh/m <sup>2</sup> – including cooling, without lighting and plug loads  Typical of building type: 70 –100 kWh/m <sup>2</sup> (new)
5.2	Heating system	Type: gas-fired condensing boiler, low-temperature distribution system: Each office room has 2-3 very small radiators with a temperature of 55 degrees Celsius
5.3	Ventilation	Mechanical with heat recovery, but windows can be opened in a glazed sunspace
5.4	Installed Office Equipment	Average: 1 personal computer per work place
5.5	Control	Individual and Computer-based
5.6	Type of solar shading	Prismatic plate, situated in the attached sunspace, computer controlled, vertically rotating
<b>6. Technologies / Energy saving features</b>		
6.1	Use of passive solar	Yes: The upper parts of both central atria are used as heat collectors, where the vitiated air is sucked away. The south and west facades of the buildings are surrounded by an attached glazed sunspace
6.2	Use of active solar	No
6.3	Use of daylight	Yes: Prismatic plate as shading for direct light, mirrored window shutters reducing glare and directing diffuse light on to the reflective ceiling
6.4	Use of photovoltaic panels	No
6.5	Use of rainwater	No
6.6	Sorting of waste	Yes: Collection of metals, paper and toxic waste
6.7	Use of environmental friendly materials	Yes: Wood furniture with solvent-free varnish, cork as internal insulation material, no PVC

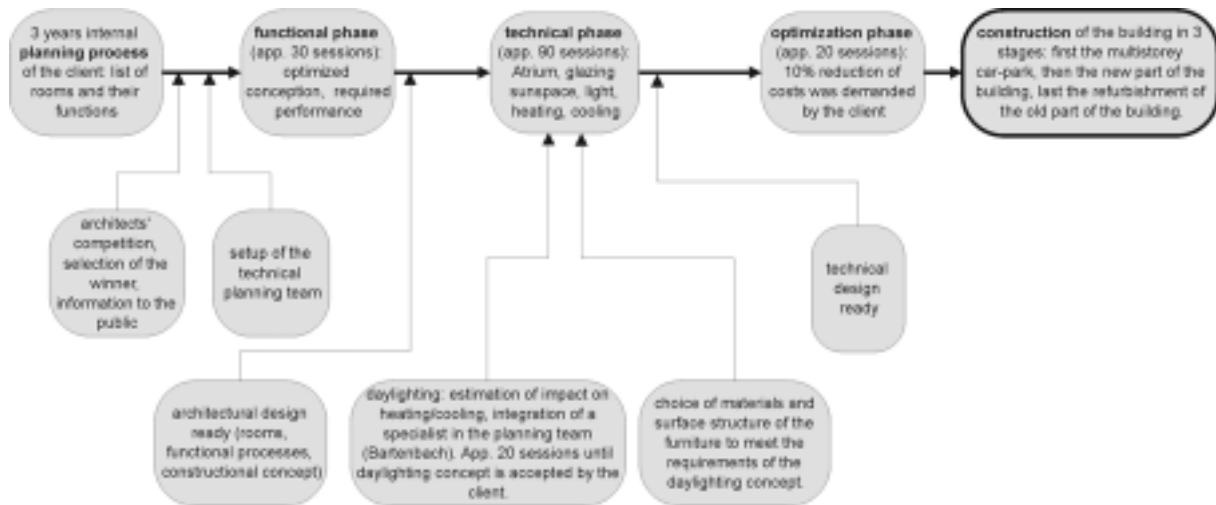


6.8	Use of heat pumps	No
6.9	Use of BMS	Yes: Installation bus system controlling ventilation, heating, lighting and safety. Artificial lights are switched off automatically after a time period, which depends on the external illumination (external sensor). 4 scenarios are defined for heating and ventilation (ordinary working day, night time, weekend,...)
6.10	Use of glazed spaces	Yes: 2 atria and an attached glazed sunspace. The function is described in 6.1
6.11	Use of energy efficient lighting	Yes: Indirect lighting (quartz lamps directed at a special part of the reflective ceiling) is used mainly because of the low ceiling height in the rooms. The energy consumption is only 7 W/m <sup>2</sup> .
<b>7. Real building performance</b>		
7.1	Description of building use <i>(is it used as intended)</i>	used as intended
7.2	Performance problems, and reasons	<i>Compare objectives and actual performance:</i> In the beginning the staff could not believe that closing the window shutters improves the lighting of the working place. Cleaning of the various components of the daylighting system might be a problem.
7.3	Occupancy reactions	The employees and the customers are very satisfied with the project. "Guided tours" have been organised for the employees and the public.
7.4	Side effects (PR, Green label etc.)	The building serves as an example of extensive and cost-effective daylighting (payback time 8 – 12 years) for the designers and the client. Until now 60 groups of visitors have shown interest in guided tours.



## 8. Design process

### 8.1 Chart describing the design process



### 8.2 Summary description of the story / the design process

#### 8.2.1 Background: Why was the building built? Context, reasons for location

An extension had to be added to the head office of the Sparkasse Bludenz (a regional bank), a building dating from 1958. In addition, the building did not meet the modern comfort requirements of employees and customers. The room height of the first and the second floor (office rooms) was only 2.60 m and 2.40 m, respectively. The floor plan was confusing and the atmosphere rather dim. The bank is situated in the centre of a small town in the Alps and was one of the few urban buildings there, remarkable also because of its marble facade, which had to be preserved.

#### 8.2.2 Planning process, alternative designs

Several architects presented different concepts at the competition, some even proposed to pull down the old part and construct an entirely new building. Low energy consumption of the building had not been formulated as a requirement for the competition.

The winning architect kept the lines of the old building to follow them in the new part. In particular the floor levels remained unchanged. This implied that no suspended luminaires could be used for lighting purposes because of low room heights. For the same reason the ventilation system could not be installed in the ceiling.

The architect suggested a glass facade, which should cover the old marble facade and the facade of the new part and lead to a uniform appearance of the whole building. Furthermore, this was a way to improve the U-value of the building shell and to reduce traffic noise in the offices. It turned out that the sunspace thus created made it possible not only to use passive solar gains, but also to accommodate the daylighting system in a sheltered place.

Concerning building costs, the client's guidelines were based on bank buildings erected in the province of Vorarlberg in the past few years. Once the idea of using daylighting strategies was introduced by the planning team, the client had to be convinced that this was a cost-effective solution. This was the beginning of a very intense communication among the architect, the planners and the client. The interdependencies of the various design elements became clear: No glazed sunspace meant no daylighting system, no daylighting system meant that the marble facade could not be preserved entirely, bigger cooling machines



were necessary, which would in its turn increase energy consumption and the price of the machines. A daylighting engineer was integrated into the planning team, and topics of future energy consumption and different heating and cooling concepts were discussed in much more detail than is usually the case during the design process. Design with or without daylighting system in the attached glass facade had consequences on the dimensioning (and thereby the investment and operating costs) of the cooling system and the operating hours of the artificial lighting. In the optimisation phase some elements of the daylighting system were reduced in area and in complexity (manually operated instead of automatically).

Nevertheless, the client was hard to convince to spend money on a daylighting system. The calculations showed that the payback time was 8 to 12 years. Even more important was the improved quality of each working place. The decision in favour of the daylighting system was taken after a visit to the Bartenbach LichtLabor, where a model of an office room was built and tested.

### *8.2.3 Decision process*

The bank set up a committee comprising two members of the management, a representative of the employees and two account managers. All solutions concerning specific design details were presented to this committee, whose questions were very critical. The advantage of this intense communication process - about 140 sessions were held - was that the client in the end really identified with the project. The client also informed the politicians and the public from time to time, which is very important for promoting an innovative building project in a small town. The enormous public interest was revealed at the opening of the new building, which attracted about 10 000 visitors (in a town of 12 000 inhabitants).

Several trade offs were already taken into account within the architectural concept, e.g. the wish to preserve the old marble facade, but improve the poor U-value. The solution in this case was the attached glass facade.

The unshaded roofs of the atria on the one hand give more light in the interior rooms, but on the other hand would overheat the corridors in the upper storeys (first and second floor) in summer. So a transparent wall (glass) separated the air volumes of the atria and of the other parts of the upper storeys. The atria are used as (warmer) buffer rooms.

Costs versus benefits of the daylighting system: The benefits are better light at the working places (enough daylight without glare problems during 85% of the office hours of the bank), more effective sun shading (the prismatic system reduces the cooling load by 50%) and the harmony with the aesthetic concept. The benefits had to be quantified for the client. The decision in favour of the concept was taken because of the enthusiasm and the persistence of the architect, who convinced the client and the design team. During the optimisation phase of the design process the daylighting system was reduced to the extent necessary to meet the basic requirements.

The indoor materials (especially the surfaces) had to meet conflicting demands (concerning acoustics, lighting and preferences of the client). Therefore the choice fell on reflecting ceilings and walls (in the counter hall) with holes punched in them. Dark colours were excluded.

Costs and benefits of the artificial lighting system: a central sensor on the roof controls the artificial lighting. It comprises four computerised scenarios with continuously dimmed areas (offices) and timer-controlled areas (corridors). During the optimisation phase cost effectiveness had to be proven by an analysis of the operation hours.

### *8.2.4 Project organisation*

The client started the project with a three-year internal planning process. The team consisted of representatives of the bank. An enlarged team (board of directors of the bank, public representatives) took major decisions. The result was a list of rooms and their functions, the basis for the architectural competition, time schedule and financial frame.



The second stage was the design process, consisting of three sub-processes ("functional phase", "technical phase" and "optimisation phase"). The team members differed in the different phases.

"Functional phase": architect, structural engineer, building physics engineer (acoustics), electrical and HVAC engineers, representatives of the client (5 persons).

"Technical phase": The composition varied depending on the subject of the meeting. The architect, HVAC engineers, daylighting engineer, representatives of the client (5 persons) were present all the time, while the electrical engineers, structural engineer, building physics engineer participated in some meetings only.

"Optimisation phase": architect, electrical and HVAC engineers, daylighting engineer, representatives of the client (5 persons).

The design process resulted in plans to be submitted to the local authorities (by the architect), detailed drawings for the constructing firms (by the architect and engineers), information on the masses of the construction materials and on the costs (by the architect).

The third stage was the construction process (first the car park, then the new part, finally the refurbishment of the existing part). The team consisted of the architect and the construction process manager (Arch. Dipl.Ing. Anton Kuthan, Bludenz). The building was constructed within the estimated costs.

*The roles of the different participants were:*

Architect: design, leader of the design team, proposal of innovative ideas, financial aspects during the design process, public relations.

Structural engineer: structural concept and details.

HVAC-engineers: design of the HVAC systems, technical in keeping to deal with the design ideas of the architect, calculation of the effects of the daylighting system on the cooling machine, calculation of the effects of the sunspaces (atria, attached glass facade),

Electrical engineers: electrical equipment of the building, artificial lighting system

Building physics engineer: acoustics.

Daylighting engineer: concepts for daylighting (3 different systems were proposed), construction of a "model room", excursions to some international projects with the design team.

Client: PR-work, request of cost benefits calculations, demanding "optimisation phase" (cost reduction).

All members: discussion of trade offs and alternatives, decisions to reduce costs in the optimisation phase.

### **8.3 Description of and motivation for phenomena that have been investigated (technical, architectural, materials etc.)**

#### *8.3.1 Sunspace (attached glass facade)*

A glass facade covers the facade of the first and the second floor of the building. The space in between provides a shelter for the daylighting system against dirt and bad weather conditions. The glass facade is connected to the wall of the ground floor by means of a grating, which acts as a sound-absorbing device and is equipped with a dust filter. A valve that is controlled by humidity and temperature provides the upper connection to the roof. Hence, natural ventilation of the office rooms in winter and summer is possible without energy losses.



### 8.3.2 Daylighting

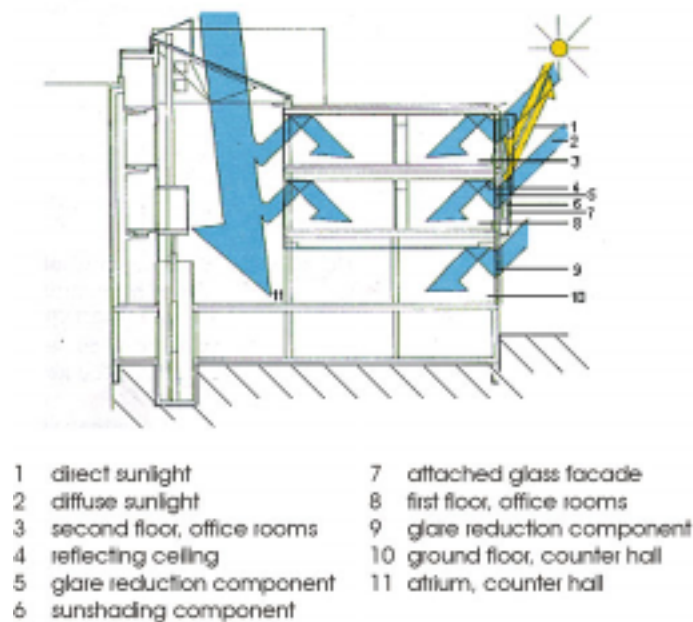
The daylighting concept uses several different components to obtain its central functions of solar shading and glare reduction. At the facade of the first and second floor solar shading is effected by vertically rotating prismatic plates. They are always adjusted normally to the direction of the sunlight. The direct sunlight is reflected and is not converted into heat. 80-90% of the diffuse sunlight is allowed to pass to illuminate the room. When the sky is over-cast, the plates are adjusted normally to the facade to allow for maximum view.

To cope with the persisting differences in light levels (sunlit window - dark wall), glare reduction is necessary. Traditionally it is provided by blinds, whose disadvantage lies in the reduced luminance of the room. The most intelligent solution is the use of (specially designed) reflective blinds that direct the diffuse light to a reflective ceiling, from which it is again reflected down to the working place.

The Sparkasse Bludenz was equipped with mirrored window shutters. To reduce costs they only cover the central part of the window, which allows for optimisation of reflection conditions and provides a glimpse of the world outside. The user operates them, and can decide to get better light on his desk by accepting less view. Especially in the beginning employees tended to open the shutters, whereas now more and more shutters remain closed.

The atrium provides another source of (diffuse) daylight. Illumination of the rooms, in this part of the building there are corridors, reception and meeting rooms, can again be improved by simple reflective blinds and a conventional reflective ceiling.

The daylighting concept can be seen in the figure below.



### 8.3.3 Artificial Lighting

The artificial light concept is adapted to the daylight scenario. Pole luminaires cast light of HQI quartz lamps to a specially structured area of the reflective ceiling. The overall background illumination is provided by indirect recessed luminaires equipped with the same type of lamps. Thus, an evenly distributed luminance and no glare, regardless of position in the room and direction of view, could be realised.

### 8.3.4 Atrium

Two atria are designed as thermal buffers. Their common ground floor forms the central hall of the bank. A glass wall separates the upper parts of the atria from the offices and corri-





dors situated on the first and second floors, which makes it possible to suck off the warm air at the top and feed it into a heat recovery unit for ventilation purposes.

The atria also function as sources of daylight for the interior rooms. The light of upward-directed pole luminaires is reflected down via reflective "clouds" (pendent metal disks).

### *8.3.5 Attic storey*

The meeting and training room in the attic provides a splendid panorama view of the town of Bludenz and the surrounding mountains. The south, west and north sides of the room are enclosed by silver-coated windowpanes: The energy transmittance (g-value) is about 20% to avoid glare and overheating in summer. Illumination comes from a skylight situated in the centre above the main conference table, thus lighting the work area and the participants in the meetings. This ensures a "democratic distribution of luminance": Nobody has to look at a bright window with people in front of it being in the dark.

### *8.3.6 Heating/ventilation/cooling concept*

The distribution conduits of the low-velocity ventilation system pass vertically through the building, which does not lead to a reduction in room height (no conduits in the ceiling or floor). In the central hall the thermally induced airflow up the atria is slow and does not cause any discomfort.

Other parts of the HVAC have already been described: heat recovery for ventilation air, gas boiler for an additional room heating by a low-temperature water distribution system. Natural ventilation with tempered air via the sunspace.

## **8.4 Resources used (rules of thumb, simulation programmes, workshops, experts, literature etc.)**

The daylighting system was designed with software by Bartenbach. The heating and cooling energy need was calculated using the standard formulas specified by ÖNORM (Austrian Standards Institute).

### *8.4.1 At which stage of the design process were the resources used?*

Computer graphics were used to visualise the rooms in three dimensions, the indoor surface materials, etc. during the technical phase of the design process. A model room was built to show the effects of the daylighting system.

Calculations of the energy consumption of the building were updated several times mainly during the technical phase.

### *8.4.2 Were they used as a help to design the building or used to see the consequences of the already designed building?*

The energy consumption calculations were used to show the consequences, especially of the daylighting system and of the unshaded atria.

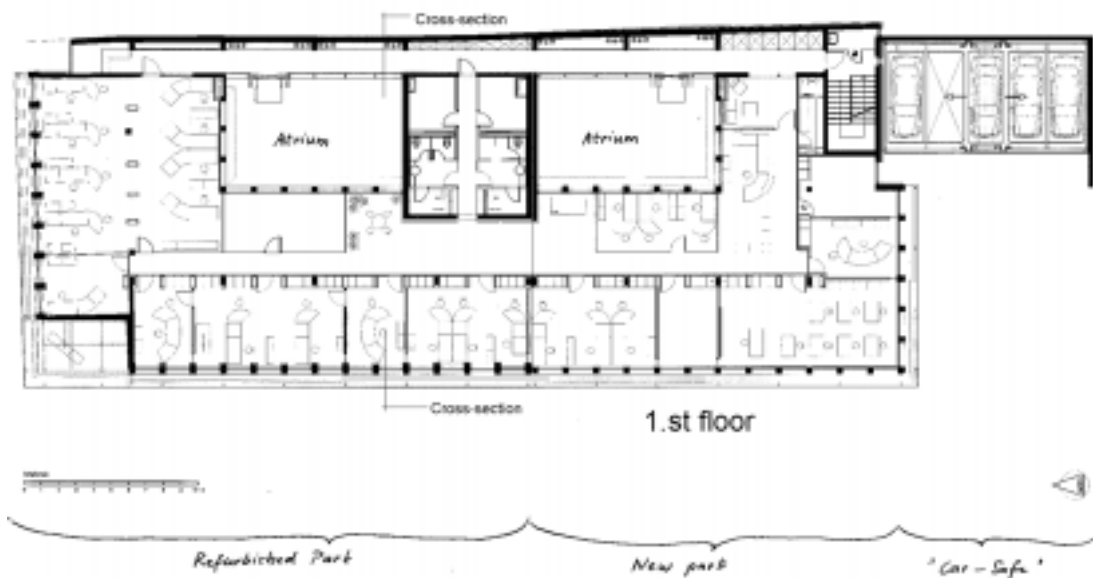
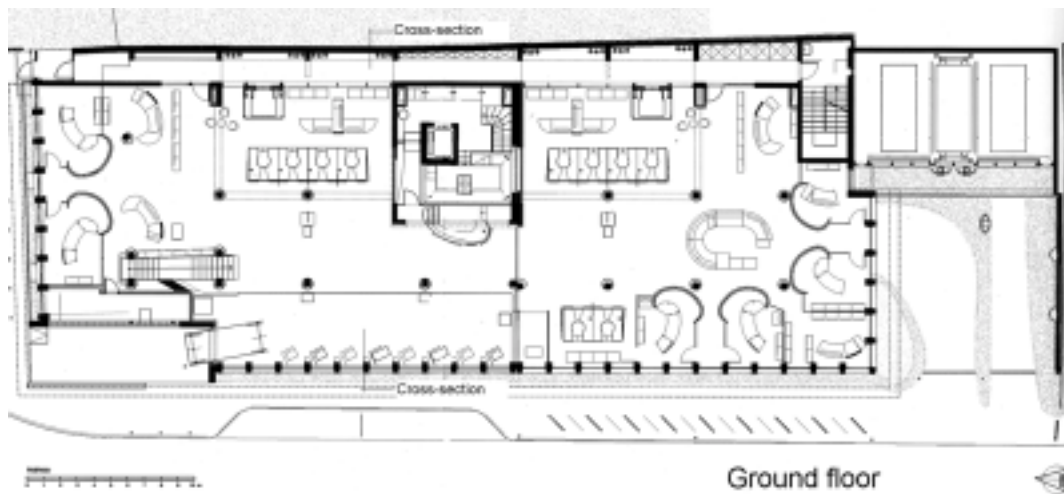


## 9. Drawings and photos

### 9.1 Typical cross-section



### 9.2 Typical floor-plan







### 9.3 Photos of the building



*West facade*



*Counter hall and atrium*



## **Participants in Task 23**

### **Austria:**

Susanne Geissler  
Österreichisches Ökologie-Institut  
Seidengasse 13  
A-1070 Wien  
E-mail:  
oekoinstitut.econ@ecology.at

Wibke Tritthart  
Interuniversity Research Center for  
Technology, Work, and Culture  
Schlögelgasse 2  
A-8010 Graz  
E-mail: tritthart@ifz.big.ac.at

### **Canada:**

Nils Larsson  
Canmet Energy Technology Centre  
13/F, 580 Booth St.  
Ottawa, KIA 0E4 Canada  
E-mail: larsson@greenbuilding.ca

### **Denmark:**

Torben Esbensen  
Esbensen Consulting Engs.  
Møllegade 54  
DK-6400 Sønderborg  
E-mail: torben.esb@esbensen.dk

Christina Henriksen  
Esbensen Consulting Engs.  
Vesterbrogade 124 B  
DK-1620 København V  
E-mail: c.henriksen@esbensen.dk

Søren Aggerholm  
SBI, Box 119  
DK-2970 Hørsholm  
E-mail: soa@sbi.dk

### **Finland:**

Jyri Nieminen  
VTT Building Technology  
P.O. Box 1804  
FIN-02044 VTT  
E-mail: jyri.nieminen@vtt.fi

Pekka Huovila  
VTT Building Technology  
P.O. Box 1801  
FIN-02044 VTT  
E-mail: pekka.huovila@vtt.fi

### **Germany:**

Günter Löhnert  
SOL.ID.AR  
Forststrasse 30  
D-12163 Berlin  
E-mail: solidar@t-online.de

Matthias Schuler  
TRANSSOLAR  
Nobelstrasse 15  
D-70569 Stuttgart  
E-mail: schuler@transsolar.com

### **Japan:**

Mitsuhiro Udagawa  
Dept. of Architecture  
Kogakuin University  
1-24-2 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku  
Tokyo 163-8677 Japan  
E-mail:  
udagawa@cc.kogakuin.ac.jp

### **Netherlands:**

Bart Poel  
Damen Consultants  
Box 694  
NL-6800 AR Arnhem  
E-mail: ap@damenconsultants.nl

Gerelle van Cruchten  
Damen Consultants  
Box 694  
NL-6800 AR Arnhem  
E-mail: gc@damenconsultants.nl

Zdenek Zavrel  
Atelier Z, St.Jobsweg 30  
Postbus 64093  
NL-3002 JB Rotterdam  
E-mail: atelierz@xs4all.nl

### **Norway:**

Anne Grete Hestnes  
Dept. of Building Technology  
NTNU-Gløshaugen  
N-7491 Trondheim  
E-mail:  
annegrete.hestnes@ark.ntnu.no

Inger Andresen  
SINTEF Architecture &  
Building Technology  
N-7465 Trondheim  
E-mail:  
inger.andresen@civil.sintef.no

Per Kr. Monsen  
Gasa Architects A/S  
N. Slotstgt. 11  
N-0157 Oslo  
E-mail: per.monsen@gasa.no

### **Spain:**

Luis Alvarez-Ude  
A.U.I.A., c/Papa Negro 41B  
Parque Conde de Orgaz  
E-28043 Madrid  
E-mail: auia@ran.es

Manuel Macias  
A.U.I.A., c/Papa Negro 41B  
Parque Conde de Orgaz  
E-28043 Madrid  
E-mail: auia@ran.es

### **Sweden:**

Maria Wall  
Dept. of Building Science  
Lund University, P.O.Box 118  
S-22100 Lund  
E-mail: maria.wall@bkl.lth.se

### **Switzerland:**

Pierre Jaboyedoff  
SORANE SA  
Route de Châtelard 52  
CH-1018 Lausanne  
E-mail: sorane@worldcom.ch

Werner Sutter  
H.Bosshard & W.Sutter Arch.  
Kirchenstrasse 13  
CH-6300 Zug  
E-mail:  
architects.b.and.s@bluewin.ch

### **USA:**

J. Douglas Balcomb  
NREL, 1617 Cole Blvd.  
Golden, CO 80401 USA  
E-mail: doug\_balcomb@nrel.gov

### **Facts**

Primary School, Austria  
Architect: Helmut Deubner  
Photo: Heinrich Schuller

Office building, Germany  
Architect: Kauffmann Theilig +  
Partner  
Photo: Transsolar

Environmental Science Institute,  
Japan  
Architect: Nikken Sekkei Ltd.  
Photo: SS Tokyo Co, Ltd.

Office and conference centre,  
Denmark  
Architect: KHR Architect A/S  
Photo: KHR Architect A/S

Front page:  
Office Maisema 2000, Finland  
Architect: Kai Warttinen  
Photo: Jussi Tiainen  
Office Bellevue, Netherlands  
Architect: B&D Architects bv  
Photo: NV Nuon  
Office Grafenau, Switzerland  
Architect: H. Bosshard & W. Sutter  
Photo: H. Ege