

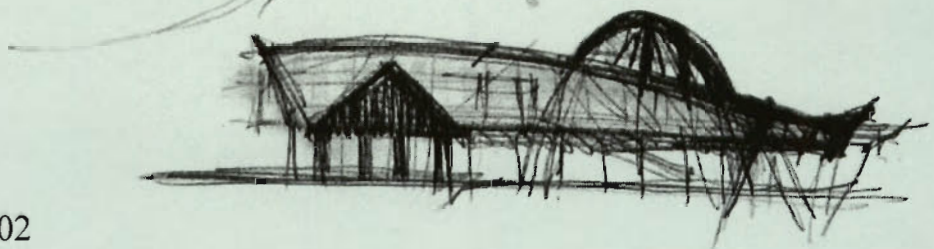
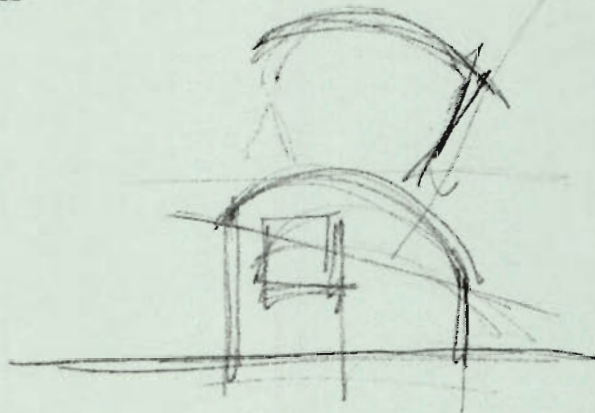
Landratsamt Passau

Haus am Strom

Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften

Abschlussbericht über die Errichtung einer Umweltbildungseinrichtung
gefördert unter dem Az 11 712/01 + 02 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Von
Architekt Dipl.-Ing. Eckard Wolf



Potsdam Dezember 2002

Landratsamt Passau

Haus am Strom

Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften

Abschlussbericht über die Errichtung einer Umweltbildungseinrichtung
gefördert unter dem Az 11 712/01 + 02 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von
Architekt Dipl. Ing. Eckard Wolf

Potsdam Dezember 2002

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	11712/01+02	Referat	25	Fördersumme	2.200.000,00DM
Antragstitel	Ökologisches Bauvorhaben Haus am Strom, Landkreis Passau				
Stichworte	Ökologisches Bauvorhaben, Ökobilanzierung, Planungsprozesse				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
4 Jahre, 7 Monate	25.07.1997	28.02.03	2		
Zwischenberichte halbjährlich	Ökolog. Bauvorhaben April 1998				
Bewilligungsempfänger	Landratsamt Passau Domplatz 11 94032 Passau	Tel	0851/397314		
		Fax	0851/397343		
		Projektleitung	Herr Günther Kohl		
		Bearbeiter	Herr Andreas Sperling		
Kooperationspartner	Allianz Umweltstiftung EU Interreg II Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung... Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen Landkreis Passau				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Auf dem Gelände des Wasserkraftwerks Jochenstein wurde in unmittelbarer Nachbarschaft des Naturschutzgebietes Donauleiten etwa 25 km donauabwärts von Passau eine Umweltbildungseinrichtung errichtet. Neben diversen Angeboten zur Umweltbildung (Ausstellung, geführte Exkursionen, Tagungen, Schulungen, Vorträge und Vorführungen) verbindet das Haus am Strom den Umweltgedanken mit einem sozialen Engagement zur Integration der Behinderten im Dienstleistungssektor. Die Arbeitsplätze sind überwiegend von behinderten Arbeitskräften besetzt.

An einem Ort der zu 100% regenerative Energie (Abwärme der Kraftwerksturbinen, Strom aus Wasserkraft) zur Verfügung stellt, sollten andere Kriterien des nachhaltigen Bauens ins Blickfeld gestellt werden. Diese sind die Materialität und Konstruktion der Bauwerke. Auch die Fragen nach den Planungsmethoden sollte in die Konzeptentwicklung einfließen. Sie verbanden sich mit den natürlichen Standortcharakteristiken, aus denen sich die Prinzipien der Formbildung als rationale Kriterien der architektonischen und narrative der symbolischen Formen ableiten.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Das Konzept der Architektur, seiner Bauteile und der Haustechnik wurden nach den Gesetzen des bionischen Designs nach Nachtigall entwickelt. Die Analogien aus den Formbildungsprinzipien der belebten und unbelebten Natur sind Vorbilder für bionische Ableitungen der Art, wie die Formen der symbolischen, räumlichen, konstruktiven, technischen Gestalt der Bauwerke und ihrer Teile entstehen sollten. Durch ein frühzeitiges Zusammenführen aller beteiligten Planer sollte eine parallele Entwicklung der Elemente des architektonischen Konzepts und dadurch ein integrativer Effekt zwischen den einzelnen Sachgebieten entwickelt werden.

Das Energiekonzept wurde mittels dynamischer Simulation und Tageslichtsimulationen der wichtigsten Räume überprüft und optimiert. Gleichzeitig wurde ein Instrument der Ökobilanzierung (ifib) eingeführt, das hier zum ersten Mal der ökologischen Optimierung der Bauteile während der Planung diente.

Die Konstruktionen wurden im Spannungsfeld komplexer Formbildung (Schalen) und einfacher iterativer Herstellungsmethodik (Vorbild Ziegelschale) unter Minimierung der Veredelungsschritte des Baumaterials gesucht. Im Zusammenhang mit Umweltbildung sollte ein Bauwerk seine kommunikative Funktion zur Stärkung der Außenwirkung des Projektes erfüllen: eine sinnlich-symbolische Innenraumbildung (emotionale Besucherwahrnehmung) und eine prägnante, Aufmerksamkeit erzielende Außengestalt (überregionale Ausstrahlung).

Ergebnisse und Diskussion

Aus den Bauwerken, einer Freiflächengestaltung, die das Naturschutzgebiet einbezieht, und einer Ausstellung zum Thema Wasser ist ein Ensemble entstanden, das Verbindungen aufnimmt und Zusammenhänge darstellt.

Die Außenanlagen thematisieren die Gewässerläufe in der Landschaft und die formbildenden Prozesse (Erosion), die landschaftliche Vielfalt und Lebensräume (Artenvielfalt der Donauleiten) erzeugen.

Die Ausstellung stellt anhand einer jahreszeitlichen Themeneinteilung wasserspezifische Fragestellungen unserer Umwelt und ihres Zusammenhangs zu unserer kulturellen Entwicklung dar.

Die Bauwerke symbolisieren die spezifischen Charakteristiken des Ortes, insbesondere der geologischen und biologischen Formbildungsprinzipien. Vergleichbare Ansätze haben die Bauwerksgestalt, die Konstruktionen und die technischen Einrichtungen beeinflusst.

Planung: Eine frühzeitige Beteiligung und ein paralleler Input der fachspezifischen Sichtweisen und Beiträge hat gute Ergebnisse erzielt. Hervorzuheben sind die Optimierungen durch die Instrumente der Simulation und Optimierung, die wesentliche Veränderungen während der Projektentwicklung mit sich brachten. Obwohl das Energiekonzept nicht in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt worden war, haben wir das Ziel einer Unterschreitung der geltenden WSVO um 30% erreicht. Die Konzentration auf die Thematiken Materialität und Konstruktion als Beiträge zur Nachhaltigkeit hat im Bereich der Konstruktion innovative Ansätze hervorgebracht.

Konstruktion: Die Brettwerkschale ist eine schalenartige Konstruktion, die analog zum Mauerwerk aus einem einzigen immer gleichen Bauteil (ein Brett 1200x28x120mm) zusammengesetzt wird. Die Formbildungsparameter sind überschaubar und ermöglichen eine algorithmische Darstellung (Vorfertigung) der Form. Eine Druckstrebenkonstruktion wurde derart entwickelt, dass nahezu alle Formen mit der gleichen Bauart ausgebildet werden können. Lediglich deren Dimensionierung und Abmessungen sind anzupassen.

Die Konstruktion des Vortragsaales, eines eiförmigen Bauwerks, wurde anhand grundsätzlich verschiedener Varianten bilanziert. Die Versuche anhand von neuartigen materiellen Anwendungen der Schalenbildung wurde aufgrund der Kosten- und der Bilanzierungssituation zugunsten der Holztafelbauweise aufgegeben.

Energie und Haustechnik: Die Heizwärme wird aus der Turbinenabwärme des Kraftwerks gewonnen. Ein Heizestrich dient der winterlichen Heizung und der sommerlichen Kühlung (Donauwasser) in den Ausstellungsräumen. Da der Vortragsraum nicht immer genutzt wird, wurde er mit einer schnellen Lüftungsheizung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Ein wasserauftriebskraftbetriebener Aufzug wurde nach dem Prinzip der Schleuse entwickelt. Dafür wird das Gefälle der Donau am Kraftwerk (ca. 9,0m) ausgenutzt. Die Toilettenspülung wurde durch einen zylindrischen Glasspülwasserbehälter als informatives Element ausgebildet. Dadurch kann der praktisch relevante Wasserverbrauch thematisiert werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Während der Entwicklungs- und Realisierungsphase:

- „Das Haus am Strom - Ökologie und Architektur“ 4-seitiger Beitrag in „Innovationen, Chancen und Modelle für die Zukunft“ Hrsg. WWF Deutschland und Pro Futura GmbH 1998
- „Planungsvorbild Natur“ VDI - Nachrichten, 18.2.00

Das fertige Projekt wurde dargestellt:

- „Haus am Strom - Neubau eines Umweltbildungszentrums bei Passau“ Bauen mit Holz 9/2000
- „Haus am Strom - Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften“ Bundesbaublatt 9/2001
- „Umweltbildungszentrum Jochenstein“ Informationsdienst Holz, Dokumentation Holzbauten in Bayern 37
- „Haus am Strom - Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften“ glasforum 11/02, monatliche Beilage in GFF Zeitschrift für Glas, Fenster, Fassade 11/02

Parallel zu diesem Abschlußbericht ist gibt es eine Buchdokumentation ab März 2003. Der Charakter dieses Buches soll eine größere Zielgruppe der Besucher des Haus am Strom ansprechen. Darin sind in allgemeinverständlicher Sprache alle Bestandteile des Projektes kurz erläutert und fachspezifisch wichtige Dinge im Einzelnen kurz dargestellt.

Fazit

Theorie statt Konvention: Die zunehmende Planungskomplexität macht neue Planungsmethoden erforderlich. Insbesondere die Kommunikation und die iterative Entwicklung des Projektes auf allen Ebenen muß dabei im Vordergrund stehen. Stichworte: Entwicklung integraler und interdisziplinärer Planungsstrategien.

Form und rationale Produktion: Orthogonale Strukturen sind nicht per se rational. Auf der Basis der neuen wissenschaftlichen Entwicklungen läßt sich die Varianz der Produktionsmöglichkeiten vergrößern und damit optimierte baukonstruktive Lösungen mit einer Vielfalt der baulichen Umwelt verbinden.

Entwicklung der Brettwerkschale: Die produktionstechnische Entwicklung der Brettwerkschale hinsichtlich Vorfertigung konnte innerhalb dieses Realisierungsprozesses nicht umgesetzt werden. Die Konstruktionsart eignet sich in jedem Fall für eine Vorfertigung. Es ist ein erheblicher Kostenvorteil davon zu erwarten.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	4
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN	6
ZUSAMMENFASSUNG	8
EINLEITUNG - AUSGANGSSITUATION	9
DER STANDORT	9
NATURSCHUTZGEBIET DONAULEITEN	9
DONAU RADWANDERWEG	9
DAS DONAU KRAFTWERK JOCHENSTEIN	9
INHALTLICHE PROJEKTCHARAKTERISTIK	9
UMWELTBILDUNGSZENTRUM	9
UMWELT UND SOZIALES	9
WIRTSCHAFTLICHKEIT	9
DIE PROJEKTENTWICKLUNG	10
THESEN ZUR ARCHITEKTUR	10
ENTWICKLUNG DER AUSSTELLUNG	10
DIE AUßENANLAGEN	10
DAS ARCHITEKTURKONZEPT UND SEINE ENTWICKLUNG	11
ENTWICKLUNGSPHASEN	11
1.PHASE VORENTWURF	11
2.PHASE ENTWURFSPLANUNG	11
3.PHASE AUSFÜHRUNGSPLANUNG UND REALISIERUNG	11
4.PHASE REALISIERUNGSPHASE UND DIE INTEGRATION ZUSÄTZLICHER ERFORDERNISSE	11
DIE ELEMENTE DER KOMMUNIKATION	11
FORMBILDUNGSPRINZIPIEN	11
VOM DOBEL (DOBL) ZUR DONAU – DIE AUßENANLAGEN	13
EI UND FISCH - DIE GESTALT DER RÄUME UND ARCHITEKTUR	17
JAHRESZEITEN UND WASSER – DIE AUSSTELLUNG	17
DAS HAUS AM STROM KONSTRUIEREN	21
PLANUNG	21
BAUTEILE	30
BILDUNG UND ENTWICKLUNG – DIE ZIELE DES HAUS AM STROM	34
DISKUSSION DER ERGEBNISSE	35
DER KOMPLEX PLANUNG – DIE RAHMENBEDINGUNGEN, DAS TEAM, DIE KOMMUNIKATION, DIE METHODEN	35
ELEMENTE DER AUFGABENSTELLUNG – IHRE FUNKTION UND INTERPRETATION	38
KONZEPTIONELLE FRAGESTELLUNGEN UND IHRE REALISIERTEN ANTWORTEN	39

<u>AUSFÜHRLICHE ÖKOLOGISCHE, TECHNOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE BEWERTUNG DES VORHABENS</u>	41
DIE ARCHITEKTUR	41
KONSTRUKTIVE BAUTEILE	42
BRETTWERKSCHALE	42
DRUCKSTREBENSYSTEM	43
ENERGIEKONZEPT	43
WÄRMEBEDARF	44
<u>MABNAHMEN ZUR VERBREITUNG DER ERGEBNISSE</u>	44
<u>VOM HAUS AM STROM LERNEN – FAZIT.....</u>	45
THEORIE STATT KONVENTION	45
FORM UND RATIONALE PRODUKTION.....	45
ENTWICKLUNG DER BRETTWERKSCHALE.....	45
<u>LITERATURLISTE.....</u>	46

Verzeichnis der Abbildungen

Seite/Bild Bildunterschrift

- S. 12 Formverwandtschaft fraktale und hydro-pneumatische Strukturen**
- 1 Die Mechanismen des Mäandrierens eines Flusses durch drehende Sekundärströmungen
 - 2 Blitz
 - 3 Baum
 - 4 Der Künstler V. Stürzbecher erzeugt Bilder durch nichtlineare physikalische Prozesse
 - 5 Arterienbaum einer Schweineniere
 - 6 Riss-Strukturen in einer Lehm Bodenfläche
 - 7 Riss-Strukturen in einer dünnen Geleeschicht und ein Blattadernetz
 - 8 Schalen – bevorzugte Konstruktionen der Evolution
- S. 14-16 Elemente der Freiflächengestaltung**
- 9 - 12 Skizzen zur Ausbildung der landschaftlichen Situationen im Naturschutzgebiet
 - 13 Entwurfskonzept der Freiflächen rund ums Haus am Strom
 - 14 Das Erosionsbecken, im Hintergrund das Strömungsbecken
 - 15 Das Eingangsbecken mit der Nebelsprühanlage und dem globalen Wasserwürfel
 - 16 Das Tosbecken im Osten
 - 17 Sitzwürfel im Garten haben immer ein spezifisches Volumen und zeigen eine vergleichbare Wassermenge aus unterschiedlichsten Zusammenhängen
 - 18-21 Modellversuche zum Erosionsbecken
 - 22 Der Brunnen im Eingangsbereich
 - 23 Die Wasserrinne an der Ostseite
- S. 18-20 Die Bauwerke**
- 24 Grundrisse EG und OG
 - 25 Der Gebäudequerschnitt zeigt die Beziehung des Ausstellungsraumes zum Talraum
 - 26 Der Gebäudelängsschnitt zeigt das versinkende Gebäude und die kaskadische Struktur der Ausstellungsräume
 - 27/28 Haus am Strom von Süden
 - 29 Haus am Strom von Norden, im Hintergrund Gebäude des Wasserkraftwerks Jochenstein
 - 30 Die kaskadische Struktur des Ausstellungsraums im Modell
 - 31 Der Ausstellungsraum im Bau
 - 32 Die Ausstellung
- S. 22/23 Elemente der Ausstellung**
- 33 Konstruktionszeichnungen zum globalen Wasserwürfel des Eingangsbereichs
 - 34 Das Bärtierchen, das Maskottchen des Haus am Strom
 - 35 Unter Wasser im Winterraum
 - 36/37 Konstruktionszeichnung und Ausführung der Glaszylinder des Toilettenspülung
 - 38 Zugang zum Sommerraum
 - 39 Winterraum
 - 40 Ausstellungstafeln

- S. 25-28 Abbildungen zur Ökobilanzierung**
- 41/42 Bewertungstabellen der Konstruktionsvarianten I und V des Vortragsgebäudes
- 43 Vergleich der Konstruktionsvarianten I-V des Vortragsgebäudes
- 44 Vergleich der Belastungen aus den Ergebnissen des Eco-Indikators und der Zusammenstellung der nicht erneuerbaren Energien der Materialien der Konstruktionsvarianten I-V
- 45 Tabellarischer Vergleich der Bewertung der Außenwandelemente der Konstruktionsvarianten I-V des Vortragsgebäudes
- 46 Vergleichende Bewertung drei ausgewählten Gebäudevarianten im Zusammenhang nach Lebenszyklusphasen und Kriterien der Bilanzierung
- 47 Graphische Darstellung der Belastungen nach den Kriterien Stoff-Fluss (oben), nicht erneuerbare Primärenergie (Mitte), Eco-Indikator (unten)
- 48 Vergleichende Bewertung der Gebäudevarianten nach den Kriterien der Bilanzierung
- 49-52 Detaillierte Bewertung der Lebenszyklusphasen der Gebäudevarianten mit Kommentaren der Gutachter
-
- S. 31 Die Brettwerkschale**
- 53 Die Formbildungsparameter der Brettwerkschale
- 54 ein historischer Vorläufer und das Konstruktionsprinzip
- 55 Das einheben eines Schalenelementes aus der Bauhütte in das Bauwerk
- 56 Die Brettwerkschale im Rohbaustadium
- 57 Die Untersicht der Brettwerkschale
-
- S. 33 Druckstrebensystem und Holztafelschale**
- 58 Konstruktionsskizze des Druckstrebensystems
- 59 Die frei gebogenen Sparren mit den Druckstreben unter dem südlichen Dach
- 60 Skizzen und –zeichnungen zur Entwicklung von Form und Konstruktion des Vortragsgebäudes
- 61 Das Verbindungsmittel der Holztafelemente kann sich jedem Winkel anpassen
- 62 Die innen offene Holztafelschale

Zusammenfassung

Auf dem Gelände des Wasserkraftwerks Jochenstein wurde in unmittelbarer Nachbarschaft des Naturschutzgebietes Donauleiten etwa 25 km donauabwärts von Passau eine Umweltbildungseinrichtung errichtet. Neben diversen Angeboten zur Umweltbildung verbindet das Haus am Strom den Umweltgedanken mit einem sozialen Engagement zur Integration der Behinderten im Dienstleistungssektor.

An einem Ort der zu 100% regenerative Energie zur Verfügung stellt, sollten andere Kriterien des nachhaltigen Bauens ins Blickfeld gestellt werden. Diese sind die Materialität und Konstruktion der Bauwerke und Fragen nach den Planungsmethoden.

Das Konzept der Architektur, seiner Bauteile und der Haustechnik wurden nach den Gesetzen des bionischen Designs nach Nachtigall entwickelt. Die Analogien aus den Formbildungsprinzipien der belebten und unbelebten Natur, die den natürlichen Standortcharakteristiken folgen, sind Vorbilder für bionische Ableitungen der Art, wie die Formen der symbolischen, räumlichen, konstruktiven, technischen Gestalt der Bauwerke und ihrer Teile entstehen sollten.

Eine frühzeitige Beteiligung und ein paralleler Input der fachspezifischen Sichtweisen und Beiträge hat gute Ergebnisse erzielt. Hervorzuheben sind die Optimierungen durch die Instrumente der Simulierung und Optimierung, die wesentliche Veränderungen während der Projektentwicklung mit sich brachten. Obwohl das Energiekonzept nicht in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt worden war, haben wir das Ziel einer Unterschreitung der damals geltenden WSVO um 30% erreicht, indem mittels dynamischer und Tageslichtsimulationen die wichtigsten Räume überprüft und optimiert wurden. Zum Heizen wird die Abwärme aus dem Kraftwerk und zur sommerlichen Kühlung das Temperaturgefälle zum Donauwasser genutzt.

Die Konzentration auf die Thematik Materialität und Konstruktion als Beiträge zur Nachhaltigkeit hat im Bereich der Konstruktion innovative Ansätze hervorgebracht. Die Konstruktionen wurden im Spannungsfeld komplexer Formbildung (Schalen) und einfacher iterativer Herstellungsmethodik (Vorbild Ziegelschale) unter Minimierung der Veredelungsschritte des Baumaterials gesucht. Gleichzeitig wurde ein Instrument der Ökobilanzierung (ifib) eingeführt, das hier zum ersten Mal der ökologischen Optimierung der Bauteile während der Planung diente.

Wesentliche Innovationen sind die Brettwerkschale, ein Druckstrebensystem, die Holztafelbauweise und ein wasserauftriebskraftbetriebener Aufzug.

Die Brettwerkschale ist eine schalenartige Konstruktion, die analog zum Mauerwerk aus einem einzigen immergleichen Bauteil (ein Brett 1200x28x120mm) zusammengesetzt wird. Die Formbildungsparameter sind überschaubar und ermöglichen eine algorithmische Darstellung (Vorfertigung) der Form. Eine Druckstrebekonstruktion wurde derart entwickelt, daß nahezu alle Formen mit der gleichen Bauart ausgebildet werden können. Lediglich deren Dimensionierung und Abmessungen sind anzupassen.

Die Konstruktion des Vortragssaales, eines eiförmigen Bauwerks, wurde in grundsätzlich verschiedenen Varianten bilanziert. Die Versuche von neuartigen materiellen Anwendungen bei der Schalenbildung wurde aufgrund der Kosten- und der Bilanzierungssituation zugunsten der Holztafelbauweise aufgegeben.

Im Zusammenhang mit Umweltbildung wollen die Bauwerke ihre kommunikative Funktion zur Stärkung der Außenwirkung des Projektes erfüllen: eine sinnlich-symbolische Innenausgestaltung (emotionale Besucherwahrnehmung) und eine prägnante, Aufmerksamkeit erzielende Außengestalt (überregionale Ausstrahlung).

Die zunehmende Planungskomplexität unabhängig von der Projektcharakteristik macht neue Planungsmethoden erforderlich. Auf der Basis der neuen wissenschaftlichen Entwicklungen läßt sich die Varianz der konstruktiven Produktionsmöglichkeiten vergrößern und damit optimierte baukonstruktive Lösungen mit einer Vielfalt der baulichen Umwelt verbinden.

Einleitung - Ausgangssituation

Der Standort

Naturschutzgebiet Donauleiten

Der Standort des Haus am Strom liegt 25 km donauabwärts von Passau in unmittelbarer Nachbarschaft des Naturschutzgebiets „Donauleiten von Passau bis Jochenstein“. Dabei handelt es sich um die südexponierten Hänge des Donauengtals. Die Attraktivität dieses Geländes ist bedingt durch eine wärmere klimatische Situation. Die Ausrichtung der Talhänge und der Wärmeeinfluss des Donaustroms, der hier jahreszeitlich zwischen 4000 bis 6000 l/sec Wasser transportiert, erzeugen diese kleinklimatische Situation. Unter anderem deshalb und aufgrund der Donau als Wanderachse hat sich eine vielfältige Flora und Fauna angesiedelt. Die bekanntesten tierischen Vertreter sind die Aeskulapnatter und die Smaragdeidechse, deren eigentliches Verbreitungsgebiet der Mittelmeerraum ist. Unter den Pflanzen finden sich alpine Vertreter genauso wie Pflanzengemeinschaften südlicher Trockengebiete.

Donauradwanderweg

Eine zweite Besonderheit ist die Lage am Donauradwanderweg von Passau nach Wien. Ein attraktiver Radwanderweg führt in diesem Abschnitt auf dem südlichen Donauufer direkt am Haus am Strom vorbei.

Das Donaukraftwerk Jochenstein

Schließlich wurde der Bauplatz auf dem Gelände des Donaukraftwerks Jochenstein in unmittelbarer Nähe des Flussübergangs angesiedelt. Über das Wasserkraftwerk können Radfahrer und Fußgänger den Fluss und die Staatsgrenze überqueren.

Inhaltliche Projektcharakteristik

Umweltbildungszentrum

Stadt und Landkreis Passau haben Anteil am Naturschutzgebiet Donauleiten. Aufgrund der nationalen Bedeutung und der hohen Frequentierung des Donautales wurde deshalb das Vorhaben eines Natur- und Umweltinformationszentrums zur Umweltbildung entwickelt. Zielgruppen sind besonders die Rad-, Schiffs- und andere Touristen sowie Schulen und natürlich die Bevölkerung. Das Projekt wurde vom bayerischen Umweltministerium in die Liste der anerkannten Umweltstationen aufgenommen.

Umwelt und Soziales

Der Unterschied zu anderen vergleichbaren Einrichtungen ist die Verbindung der Umweltbildungsarbeit mit den Belangen der Behindertenarbeit. Die Einrichtung wird überwiegend mit behinderten Arbeitskräften betrieben. Dadurch erhofft man sich ein Integrationsgewinn der Behinderten im Dienstleistungssektor. In Zusammenarbeit mit entsprechenden Verbänden wurden Möglichkeiten, Grenzen und Kriterien dafür ermittelt.

Wirtschaftlichkeit

Ein drittes wesentliches Element der Projektkonzeption ist die Vorstellung eines Betriebes, der sich auf der Basis von Einnahmen aus der Bildungsarbeit (Ausstellung, Führungen, Tagungen), des Bistros und eines Shops sowie durch die Nutzung von Förderungen selbst trägt.

Die Projektentwicklung

Die Entwicklung des Projektes verlief vor allem über die Entwicklung der Architektur. Die Konzepte für den Betrieb des Hauses, für die Ausstellung, für die Außenanlagen entwickelten sich parallel, nachdem erste Skizzen und Thesen aus dem Bereich der Architektur in die Diskussion Eingang gefunden hatten.

Thesen zur Architektur

An einem Standort mit 100-prozentig regenerativer Energieerzeugung können die herausragenden Themen des umweltverträglichen bzw. nachhaltigen Bauens nicht in erster Linie die energetischen Aspekte des Bauens sein. Dafür können andere Aspekte, wie z.B. der Anteil des Konstruierens und der Materialverwendung in den Vordergrund treten. Auch die Frage wie entsteht ein Projekt, was Fragen der Planung berührt, sollten in die Konzeptentwicklung einfließen.

Diese Fragen verbanden sich mit den natürlichen Standortcharakteristiken, aus denen sich die Prinzipien der Formbildung als rationale Kriterien der architektonischen und narrative der symbolischen Formen ableiteten. Die Analogien aus den Formbildungsprinzipien der belebten und unbelebten Natur sind Vorbilder für bionische Ableitungen der Art, wie die Formen der symbolischen, räumlichen, konstruktiven, technischen Gestalt der Bauwerke und ihrer Teile entstehen sollten.

Der Versuch der Anwendung der Gesetze des bionischen Designs nach Nachtigall (Nac98)¹ sollte in die Entwicklung der Architektur eingebunden werden. Diese sind:

- Integrierte statt additive Konstruktionen
- Optimierung des Ganzen statt Maximierung eines Einzelements
- Multifunktionalität statt Monofunktionalität
- Feinabstimmung gegenüber der Umwelt
- Energieeinsparung
- Direkte und indirekte Nutzung der Sonnenenergie
- Zeitliche Limitierung statt unnötiger Haltbarkeit
- Totale Rezyklierung
- Vernetzung statt Linearität
- Entwicklung im Versuchs-Irrtum-Prozeß

Entwicklung der Ausstellung

Frühzeitig hat sich das Thema der Ausstellung herauskristallisiert. Das Thema „Wasser“ hat Standortbezug zur Donau und Aktualitätswert zur aktuellen weltweiten Diskussion um die Ressource Wasser.

Die Außenanlagen

Wasser ist ein world-wide-web. Das Haus am Strom wird angeschlossen. Wasser als herausragendes Element in der Landschaft und als Verursacher ihrer speziellen Charakteristik wird ein wesentliches Gestaltungselement der Außenanlagen.

¹ Siehe Literaturverzeichnis

Das Architekturkonzept und seine Entwicklung

Entwicklungsphasen

Das Architekturkonzept wurde in mehreren Schritten entwickelt.

1. Phase Vorentwurf

Diese ist in erster Linie durch die Entwicklung der Kriterien aus dem Standort und die Formulierung der räumlichen und architektonischen Erfordernisse gekennzeichnet.

2. Phase Entwurfsplanung

Darunter ist die Entwicklung und Integration der konstruktiven und technischen Anforderungen an das Architekturkonzept zu verstehen. Hierunter fällt auch die Einführung eines neuen Planungsinstrumentes der Ökobilanzierung. Damit wurden die geplanten Materialien nach ihrer Umweltverträglichkeit geprüft, Bauteile in dieser Hinsicht optimiert und das Niveau der Nachhaltigkeit des Bauwerks als Ganzes in einer life-cycle-analysis qualifiziert.

3. Phase Ausführungsplanung und Realisierung

Die Beendigung der Konzeptphase fällt mit der Ausführungsplanung zusammen, innerhalb der die Ergebnisse der Ökobilanzierung im Wesentlichen umgesetzt wurden. Die Ausführungsplanung ist von erheblichem Kostendruck geprägt, der aufgrund der zeitlichen Überschneidung mit der Realisierungsphase zu erheblichem Einfluß der Kosten auf die Fortführung der geplanten Einzelheiten geführt hat. Die Realisierungsphase ist deshalb unbedingt als Bestandteil der Konzeptentwicklung zu sehen.

4. Phase Realisierungsphase und die Integration zusätzlicher Erfordernisse

Nachdem die Ausführungsplanung größtenteils abgeschlossen war, haben sich innerhalb der Realisierungsphase sowohl konzeptionelle Einschnitte wie auch Veränderungen im Detail ergeben, die das Ergebnis hinsichtlich seiner Charakteristik beeinflussten.

Die Elemente der Kommunikation

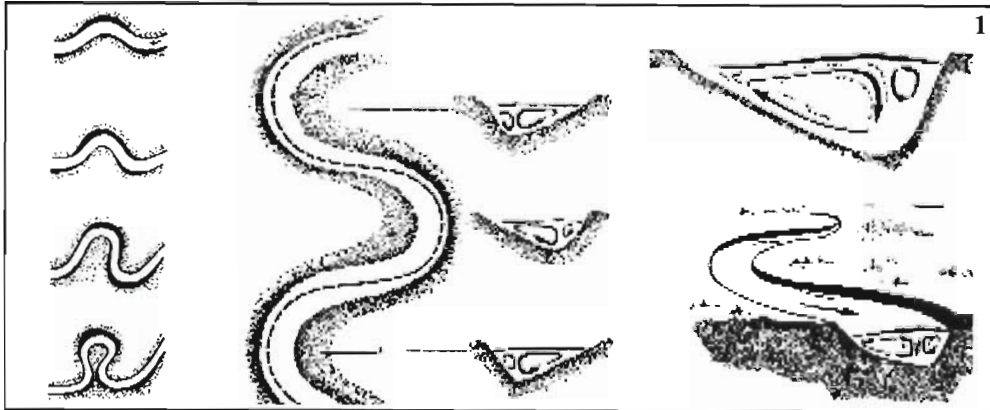
Eine wichtige Funktion der Architektur ist die Außendarstellung und Vermittlung dessen, was in ihren Räumen geschieht. Dies ist besonders wichtig, wenn es sich um eine öffentliche Aufgabe handelt. Auf welche Art und Weise das geschieht, kann das Projekt in Bezug auf sein Erscheinungsbild, auf die Vermittlung eines Weltbildes oder der Inhalte einer Ausstellung usw. unterstützen.

Formbildungsprinzipien

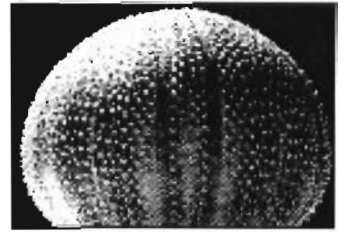
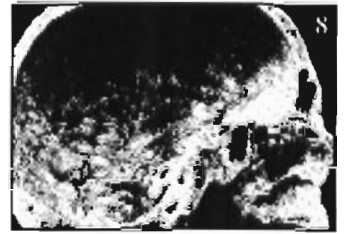
Die Frage, welche Form hat Wasser, initiierte eine Bildrecherche, an deren Ende die Entdeckung der Formbildungsprinzipien in der belebten und unbelebten Natur für das Projekt stehen. Die Bilder zeigen zahlreiche Verwandtschaften in ganz unterschiedlichen Bereichen des Lebens und der Natur auf. Wobei der eigentlich wesentliche Ausgangspunkt der Formbildungsüberlegungen die Folgen und Formen sind, die entstehen, wenn Wasser und feste Materie aufeinandertreffen oder miteinander kooperieren.

Zuerst die geologischen Formbildungen:

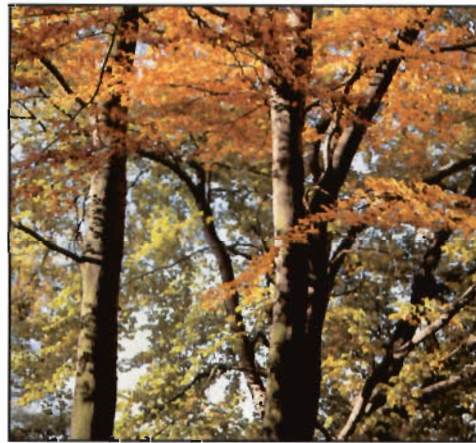
Auf der Basis der entropischen Nivellierung von Gefälle entstehen die erodierten geologischen Strukturen der Landschaft. Dazu zählen in unserem Fall die Durchbruchtäler und Schwemmlandbereiche in den weiten Talräumen der Donau. Dazu zählen ebenso die Entwässerungsrinnen und Bachschluchten der Talhänge, die hier auch Döbel (Döbl) genannt werden.



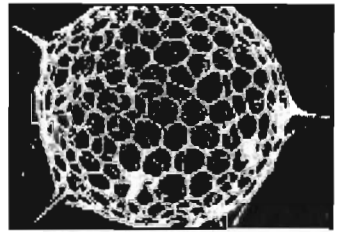
1: Die Mechanismen des Mäandrierens eines Flusses durch drehende Sekundärströmungen



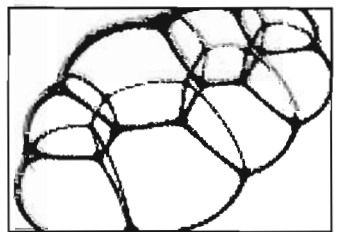
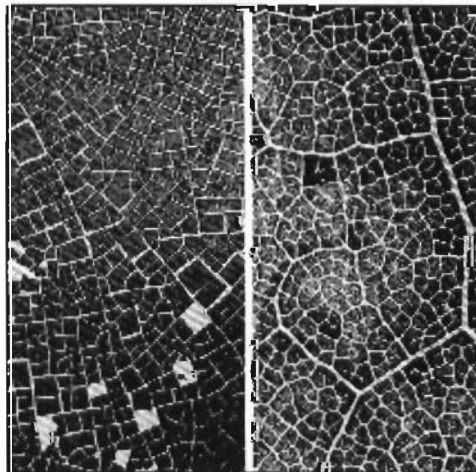
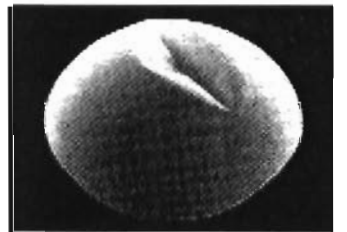
2: Blitz



3: Baum



4: Der Künstler V. Stürzbecher erzeugt Bilder durch nichtlineare physikalische Prozesse - 5: Arterienbaum einer Schweineiere



6: Riss-Strukturen in einer Lehm Bodenfläche - 7: Riss-Strukturen in einer dünnen Geleeschicht und ein Blattadernetz - 8: Schalen - bevorzugte Konstruktionen der Evolution

Die Formbildungsverwandtschaften zeigen sich in Strukturen der Flächenteilung sowie in zwei- und dreidimensionalen Erschließungsstrukturen in Fläche und Raum. Beispiele für die Flächenstrukturen sind z.B. Riss-Strukturen von lehmhaltigen Ackerflächen, wenn sie austrocknen, oder Keramik-Craquelé. Das Blattadernetz von Blättern kann so sein. Dies ist oft kombiniert mit den Strukturbäumen der Hauptadern, die wiederum Formverwandtschaft zeigen zu den Strukturbäumen des Blitzes, verzweigter Flußdeltas oder umgekehrt den erodierenden Entwässerungsrinnen, die sich zu einem Bachlauf vereinigen können, bis hin zu den Arterienbäumen von menschlichen und tierischen Organen.

Die organischen Formbildungen zeigen sich wesentlich anders:

Die hydro-pneumatische Formbildung ist ein biologisches Konzept, welches am Institut für Leichte Flächentragwerke in der Diskussion zwischen Konstrukteuren von Raum und Biologen entstand. Die Versuche zur rationalen Formbildung von Schalen in der Baukonstruktion hat zu dem Konzept der Hydropneumatik in der Biologie geführt. Ausgangspunkt dieser Formbildung ist die flüssigkeitsgefüllte Membran, welche die optimale Form der Kugel einnimmt. Das ist das Ergebnis eines Optimierungsprozesses mit geringst möglicher Oberfläche und geringst möglichen physikalischen Spannungen. In der weiteren Entwicklung entstehen durch Einschnürungen oder Skelette vielfältige Formen. Der Prozeß von der Kugel zur ausgeprägten gegliederten Gestalt wird von allen organischen Lebewesen in ihrem ontogenetischen Wachstumsprozess wiederholt. Das hydro-pneumatische Formbildungsprinzip ist bis hinein in die Erklärung der Fortbewegung von Lebewesen nützlich. Dies ist im Falle der Fortbewegungsart von Schlangen und Eidechsen besonders augenfällig.

Der Dialog, den die Nutzung der Formbildungsanalogien aufzeigt, soll symbolisch für einen Dialog mit Natur und Umwelt stehen, der diese Prinzipien im Sinne der kooperativen und koordinierten Entwicklung zwischen menschlicher Kultur, belebter und unbelebter Natur bestimmen könnte.

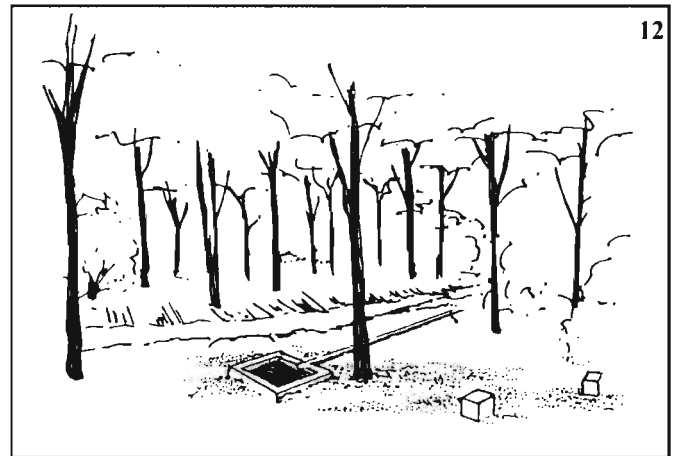
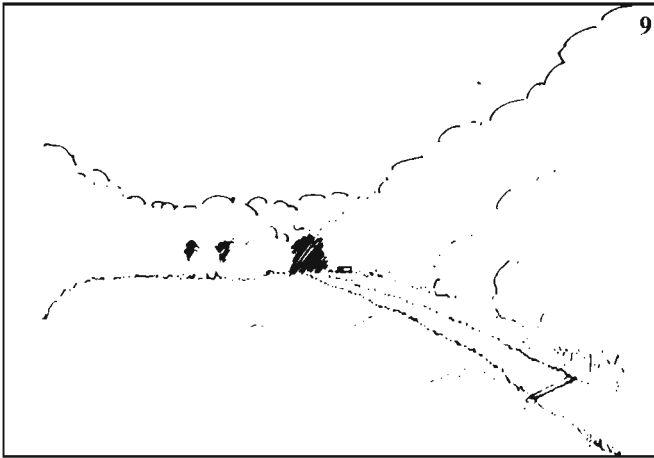
Vom Döbel (Döbl) zur Donau – die Außenanlagen

Die Gestaltung der Außenanlagen thematisiert in erster Linie den Zusammenhang des Umweltbildungszentrums mit der Landschaft, insbesondere der Donauleiten. Der Weg des Wassers aus den Bergen bis in die Donau wird aufgezeigt und wurde gestaltet.

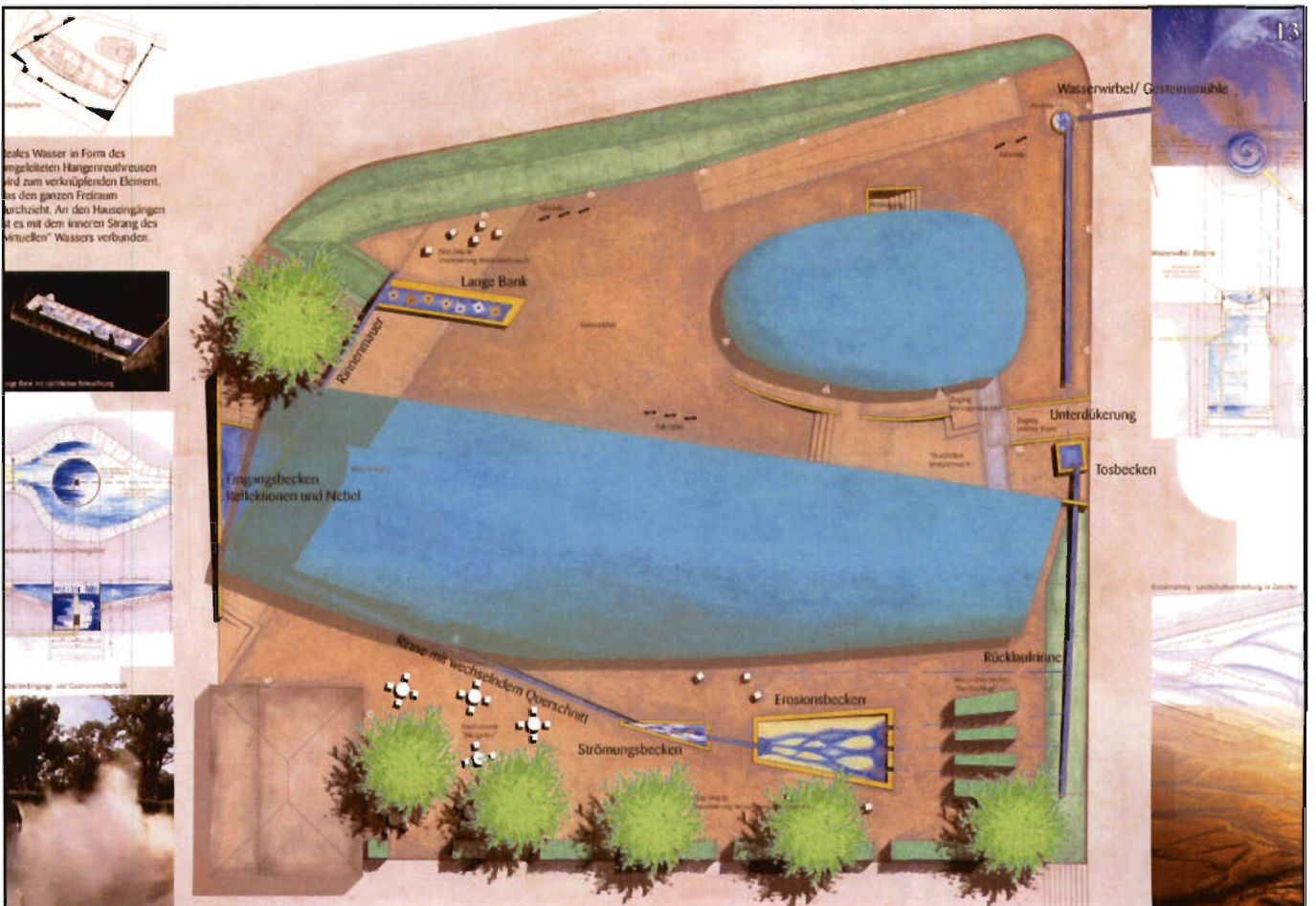
Der Bach Hangenreuthreusen entwässert eine dieser Bachschluchten der südlichen Donaulänge. Dort, wo der Bach aus dem Wald tritt, wird für den Besucher die direkte Begegnung mit dem Naturschutzgebiet Donauleiten inszeniert. Dieser Ort mit dem Bachtal (Döbel), dem hallenartigen Schluchtwald und den bizarren Felsformationen ist charakteristisch für das Naturschutzgebiet und eine beeindruckende und einprägsame Situation. Durch ein "grünes Tor" gelangt man in den Wald. Von innen nach außen ist das Tal über „Fenster“ im Waldsaum in verschiedenen Perspektiven zu überblicken. Dort wird ein Auffangbecken für den Bach eingerichtet. Er wird gefasst und zum Eingangsbereich des Haus am Strom geleitet.

Das Bachwasser tritt in einem Brunnen wieder zutage und füllt ein Wasserbecken unter dem Eingangsvordach, über das die Besucher das Haus betreten. Unter dem Vordach des Hauses wurde eine Nebelsprühanlage installiert. Hier beginnt bereits die Ausstellung über das Wasser mit dem globalen Wasserwürfel.

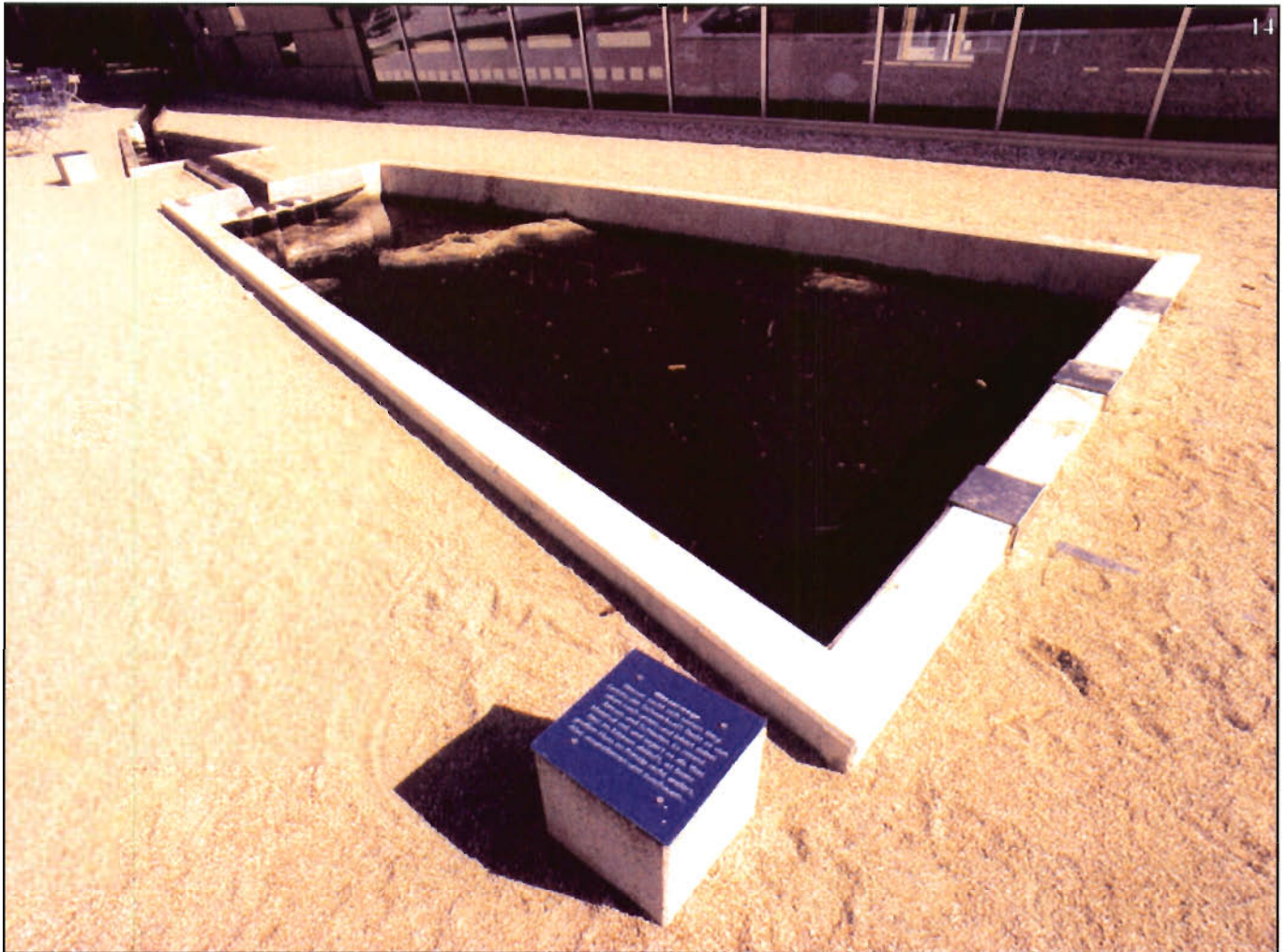
Auf der ebenen Fläche der Außenanlagen des Haus am Strom fließt das Wasser weiter zum Strömungs- und Erosionsbecken, danach unterirdisch und über eine Rinne in ein rundes Becken, wo es in einem Strudel versinkt und unterirdisch in die Donau weitergeleitet wird. Erosions- und Strömungsbecken sind spielerische Elemente, in denen sich Formen und Dynamik des Wassers nachbilden und erforschen lassen.



9-12: Skizzen zur Ausbildung der landschaftlichen Situationen im Naturschutzgebiet



13: Entwurfskonzept der Freiflächen rund ums Haus am Strom



14: Das Erosionsbecken, im Hintergrund das Strömungsbecken



15: Das Eingangsbecken mit der Nebelsprühanlage und dem globalen Wasserwürfel



16: Das Tosbecken im Osten



17: Sitzwürfel im Garten haben immer ein spezifisches Volumen und zeigen eine vergleichbare Wassermenge aus unterschiedlichsten Zusammenhängen.



18-21: Modellversuche zum Erosionsbecken



22: Der Brunnen im Eingangsbereich



23: Die Wasserrinne an der Ostseite

Ei und Fisch - die Gestalt der Räume und Architektur

Im Haus am Strom wird die Form der Räume von den Tragwerken gebildet. Ihre Charakteristik leitet sich aus den genannten Formbildungsprinzipien ab: Bewegungsflächen wie mäandrierende Flußläufe, überdeckt von hydro-pneumatisch aufgespannten Konstruktionen.

Der Ausstellungsraum und die Verbindung aller Räume untereinander ist wie eine Landschaft entwickelt. Der Talraum durchzieht das Bauwerk. Die Topographie des Ausstellungsraumes ist wie ein Talgrund, über den ein Fluss mäandern kann – der Fluss der Besucher.

Die kaskadischen Ebenen markieren Kapitel in der Ausstellung. Die Wegeführung über die Rampen führen selbstverständlich durch die Abfolge der Ausstellungselemente. Daneben existieren Pfade für die spontane Bewegung. Am Ende des Rundgangs liegt das Ei des Vortragsraumes, in dem Filme laufen, Schulungen, Vorträge und andere Ereignisse stattfinden können.

Das Tragwerk des Ausstellungsgebäudes geht von einer geraden Fläche über eine gebogene, aber mit wenigen Parametern determinierte Konstruktion in eine frei gebogene komplexe Form über. Daraus ergeben sich unterschiedliche geometrische Probleme. Diese drei Bereiche sind konstruktive Beispiele und zeigen eine konstruktive Bandbreite von Möglichkeiten in Bezug auf die Formung der Bauteile.

Beginnend bei einer konventionellen Konstruktion zeigen sich überschaubare konstruktive Probleme, die mit konventionellen Mitteln gelöst werden können. Dem Mittelteil liegt eine innovative konstruktive Entwicklung zugrunde, die aus wenigen einfachen Parametern eine komplexe Form aufbaut. Diese Konstruktion der Brettwerkschale ist das eigentlich neue Element. Es läßt sich soweit weiterentwickeln, daß für einen vorstellbaren Raum Algorithmen erstellt werden können, die eine konventionelle Planung ersetzen. Der südliche Rand ist mit maximalen Freiheitsgraden geformt. Das heißt auch, dass jedes Bauteil einzeln definiert werden muß, bevor es hergestellt werden kann. In den beiden Randbereichen tragen Sparren, wie Knochen, die Dachhaut.

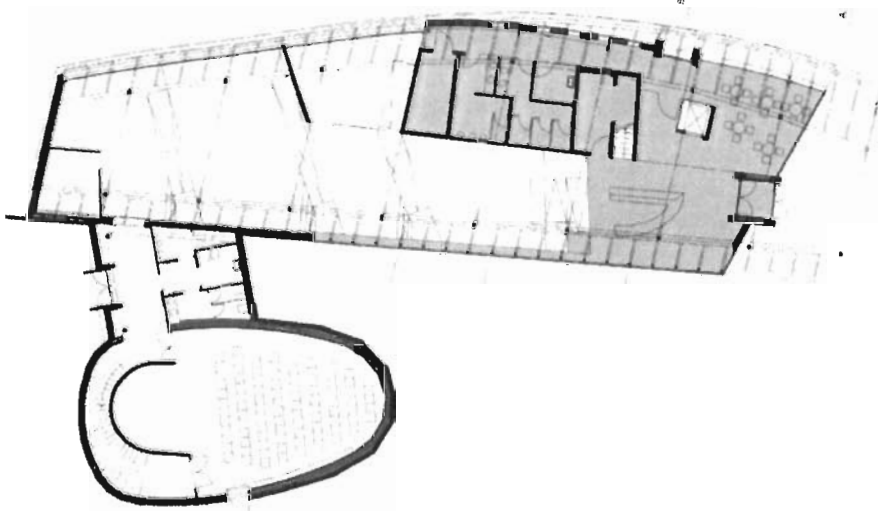
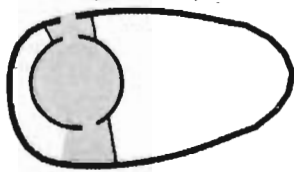
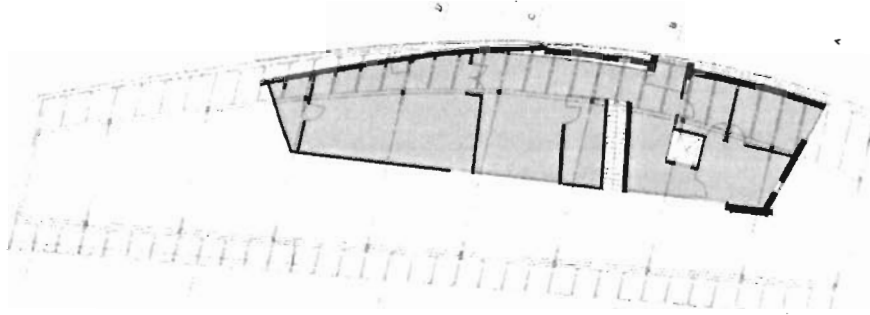
Anders als der Fisch ist das Ei eine achsensymmetrische regelmäßige Form. Während beim Fisch die Formentwicklung auch auf der Fragestellung beruht, mit welchen Parametern eine gebogene Form definiert werden kann, wurden die Formversuche zum Ei nach dem Try-and-Error-System durchgeführt. Ein plastisches maßstabsloses Modell stand am Anfang. Die Notwendigkeiten der Berechnung haben die Form am Ende zum dem gemacht, wie sie gebaut wurde.

Ei und Fisch sind das Ergebnis einer Formsuche, die rational und symbolisch zugleich ist. Rational ist die materialsparsame schalenartige Konstruktion. Symbolisch ist der Bezug auf das Werden aus der Evolution, in der Hoffnung, daß der Mensch dieser Entwicklung Entscheidendes hinzufügen wird.

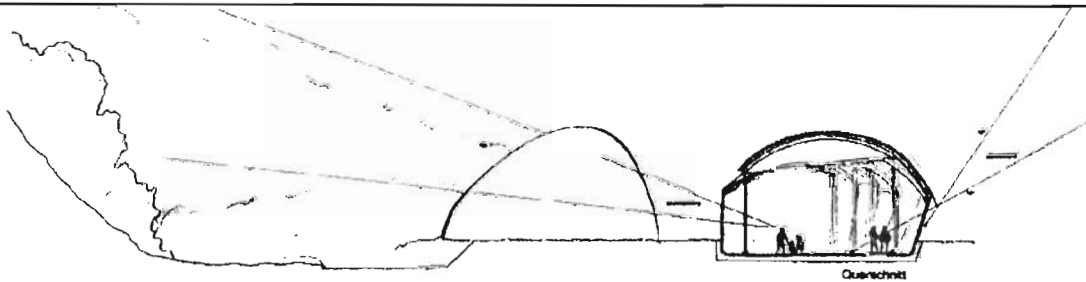
Jahreszeiten und Wasser – die Ausstellung

Die Wirksamkeit einer Information hängt von der emotionalen Verknüpfung ab, die im Besucher stattfinden kann. Eine abstrakte Information wird sehr schnell vergessen. Anschaulichkeit ist einprägsam. Die Ausstellung sorgt für Anschaulichkeit anhand von Tafeln, Objekten und interaktiven Elementen. Sie stellt ein Grundlagenwissen über Wasser, Landschaft und Energie zur Verfügung mit der sich nicht nur die Donauleiten besser verstehen lassen.

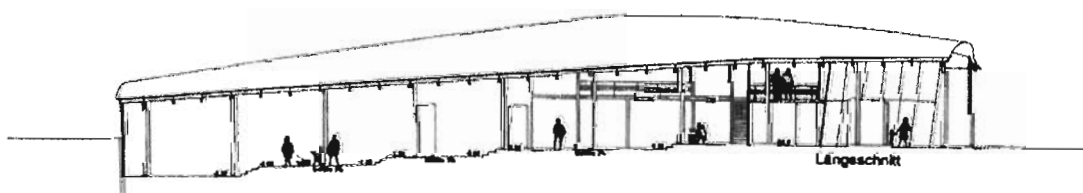
Herausragende Merkmale der Welt des Wassers sind in der Ausstellung anhand der Jahreszeiten zusammengefaßt. Die Jahreszeiten sind räumliche Abschnitte in der kaskadischen Landschaft des Ausstellungsbauwerks.



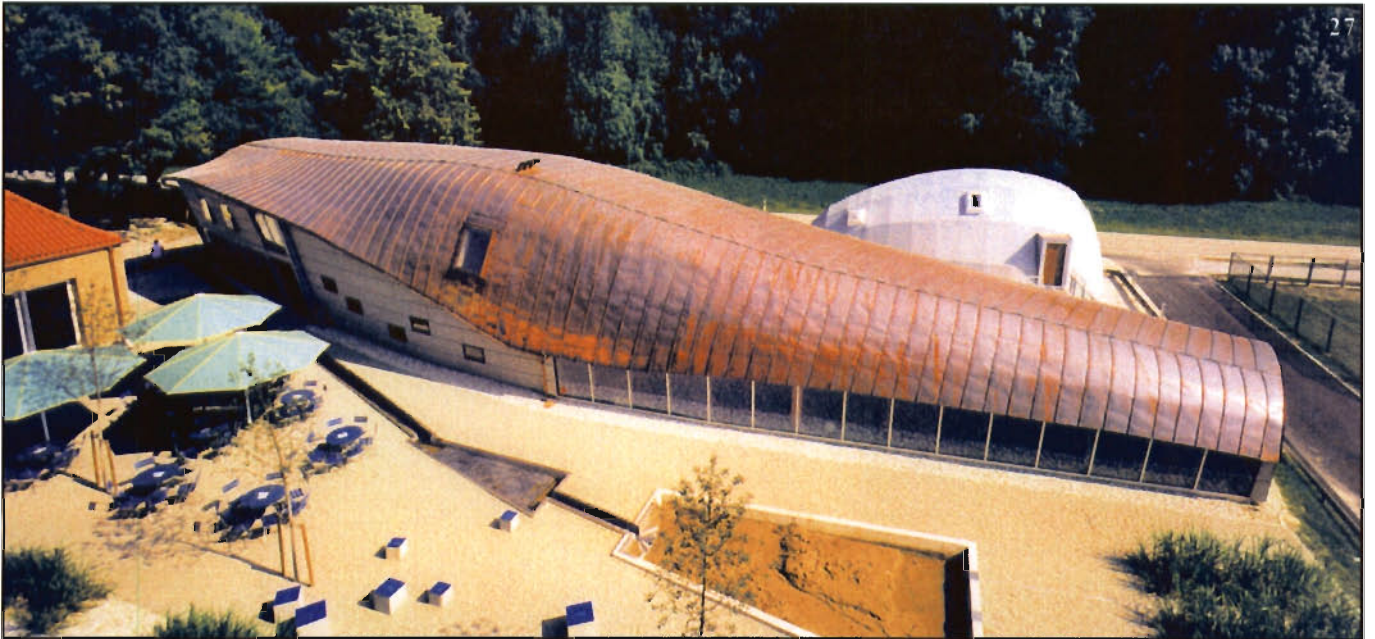
24: Grundriße EG und OG



25: Der Gebäudequerschnitt zeigt die Beziehung des Ausstellungsraumes zum Talraum



26: Der Gebäudelängsschnitt zeigt das versinkende Gebäude und die kaskadische Struktur der Ausstellungsräume



27



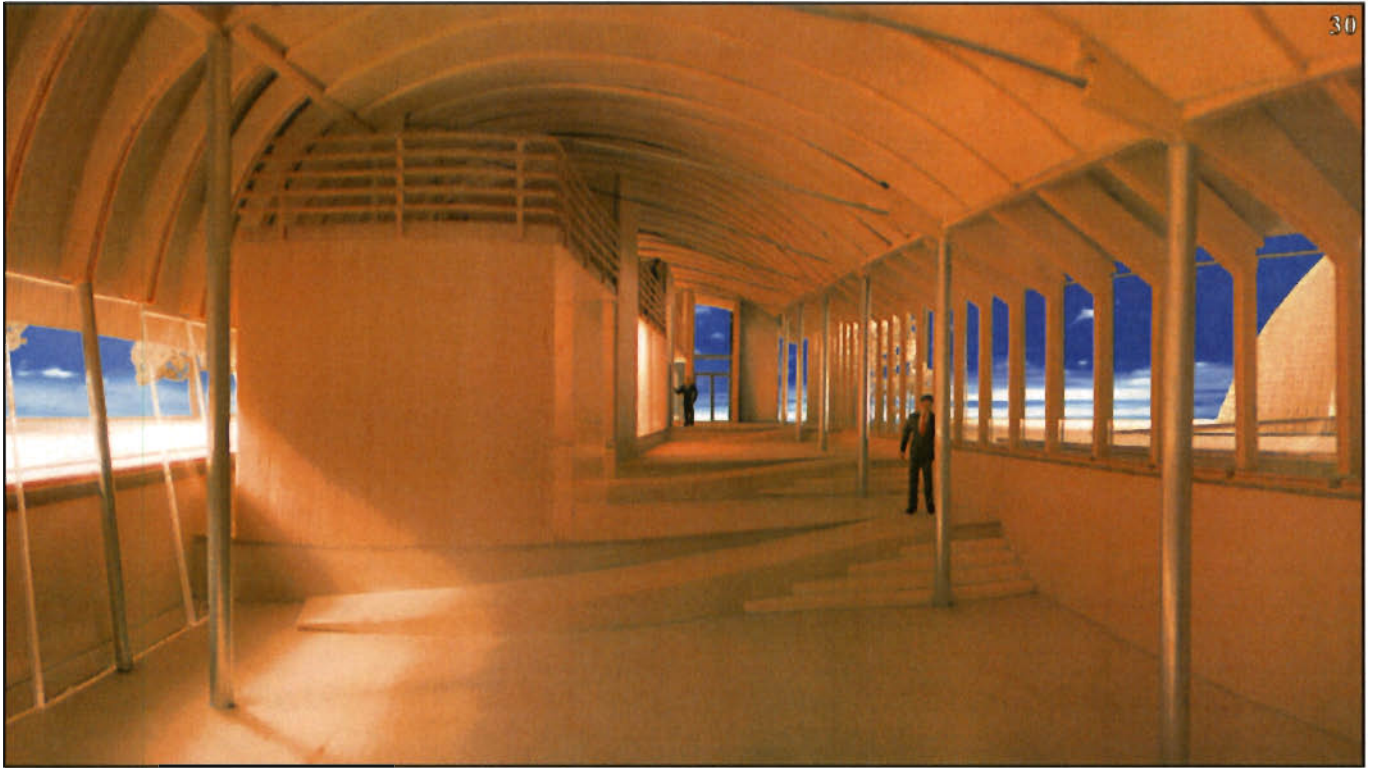
28

27-28: Haus am Strom von Süden



29

29: Das Haus am Strom von Norden, im Hintergrund Gebäude des Wasserkraftwerks Jochenstein



30: Die kaskadische Struktur des Ausstellungsraums im Modell



31: Der Ausstellungsraum im Bau



32: Die Ausstellung

- Aufleben - Frühling: Wasser prägt unsere Umwelt. Wasser ist unser wichtigstes Lebensmittel und Lebensraum. Wasser gestaltet, formt, zerstört.
- Leben in vollen Zügen - Sommer: Wasser im Kreislauf ist ein Element unserer Umwelt. Wir brauchen es zum Trinken, Erfrischen und Genießen.
- Leben bewahren - Herbst: Wasser ist ein Basiselement unserer Kultur. Wir brauchen es im Haus zum Waschen, Duschen und auf der Toilette.
- Überleben - Winter: was ist, wenn kein flüssiges Wasser zur Verfügung steht?

Wie in der Ausstellung Inhalte vermittelt werden zeigen drei Beispiele. Der Sympathieträger des Haus am Strom und für Kinder eine Identifikationsfigur ist das Maskottchen. Das Bärtierchen hat einzigartige Fähigkeiten, die eng mit dem Wasser verknüpft sind. Es lebt fast überall und kann etwa alle Zustände in Verbindung mit Wasser, bis hin zu extremer Trockenheit aushalten, die es in einer Trockenstarre überlebt, bis wieder Wasser zur Verfügung steht. Wasserwürfel haben doppelten Nutzen. Sie zeigen Informationen und haben Nutzwert als Sitzwürfel. Die Ausstellung macht Gegenstände sprechen. Vielleicht zeigen die Wasserwürfel, daß Dinge auch dann sprechen, wenn sie nicht mit Worten ausgestattet werden. Beispielsweise Modelle und Objekte zum Anfassen für das Begreifen mit und ohne Augen. Mit dem Begreifen wird Sinnlichkeit und Intellekt verknüpft, was beiden auf die Sprünge hilft.

Das Haus am Strom Konstruieren

Ausgehend von grundsätzlichen Kriterien des nachhaltigen Bauens, über Elemente ihres Zustandekommens in der Planung, werden im Folgenden wesentliche Bestandteile des Bauwerks beschrieben.

Planung

Schwerpunkte des ökologischen Konzepts

Ein Bauwerk besteht aus seinen materiellen, konstruktiven, bauphysikalischen und technischen Eigenheiten. In der Diskussion über Umweltverträglichkeit in der Architektur werden über dem Problem der Optimierung der bauphysikalischen Ausbildung der Bauteile und der darauf abgestimmten Technik die anderen Aspekte allzu leicht in den Hintergrund gedrängt. An einem Standort hundertprozentig regenerativer Energieerzeugung muß ein Bauwerk auch energetisch optimiert sein. Allerdings kann ein solcher Standort ein Licht auf andere Schwerpunkte des ökologischen Bauens werfen.

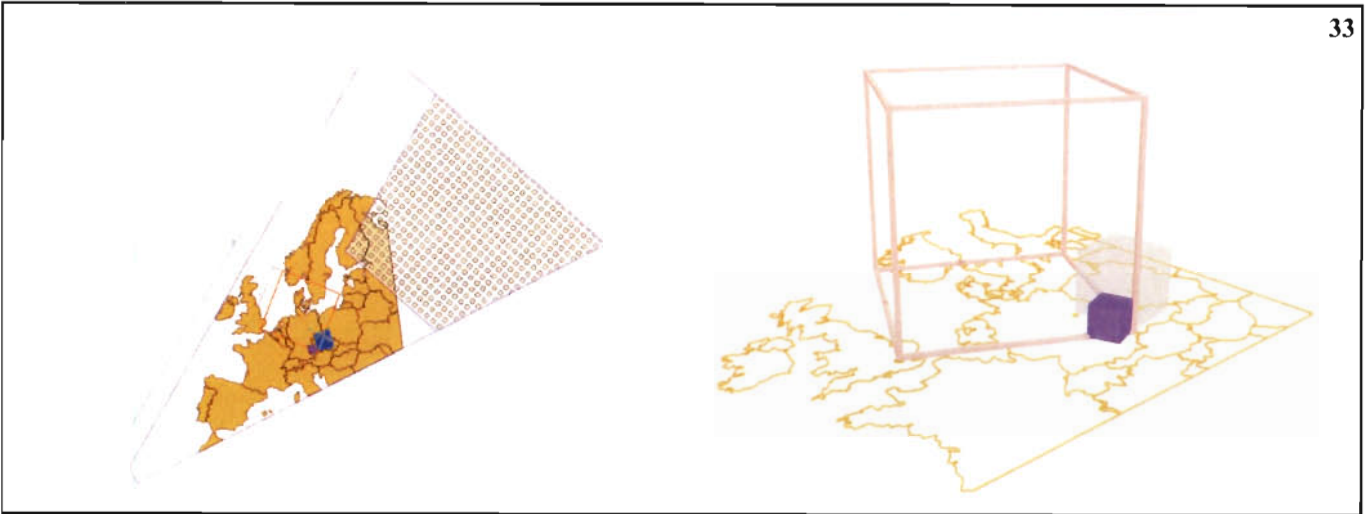
Unsere Fragen zur umweltfreundlichen Ausbildung dieser Bauwerke waren deshalb folgende:

Welchen Beitrag können Tragwerke leisten?

Unsere Kriterien der Tragwerksentwicklung sind, Konstruktionen mit einfachen technischen Mitteln zu erzeugen, geringe Anforderungen an die Veredelung des Materials zu stellen, große Rezyklierfähigkeit der Bauteile zu erzeugen, vor allem durch Erleichterung der Trennung verschiedener Materialien oder eine entsprechende Verwertung der Bauteile.

Welchen Beitrag kann die Materialwahl und die Art seiner Anwendung leisten?

Materialflüsse, Energiepotentiale, Umweltgiftigkeit, Einflüsse auf den Menschen, etc. wurden umfassend in die Planungstätigkeit einbezogen. Dies läßt sich am Besten anhand der Ökobilanzierung (siehe unten) darstellen.



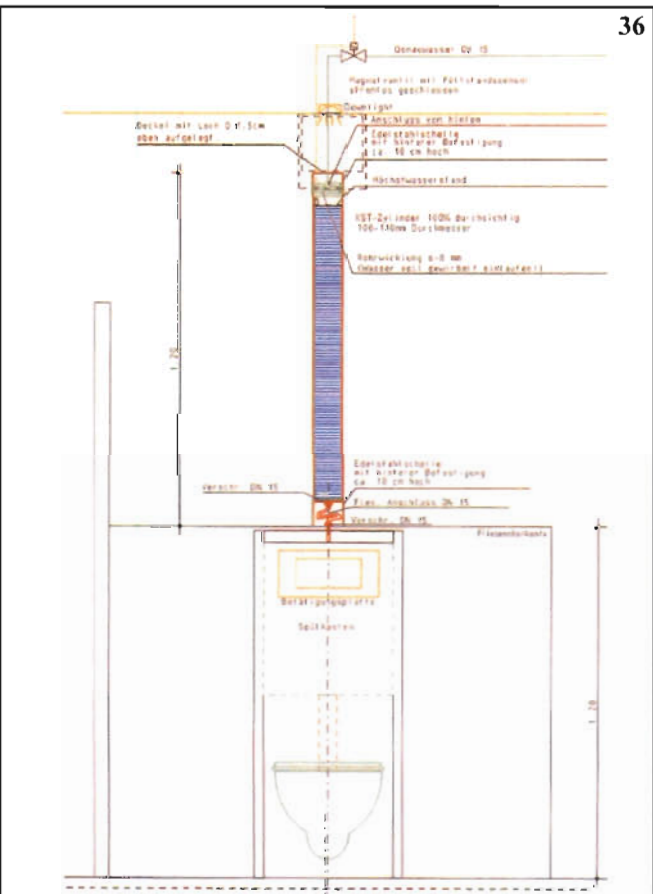
33: Konstruktionszeichnungen zum globalen Wasserwürfel des Eingangsbereichs



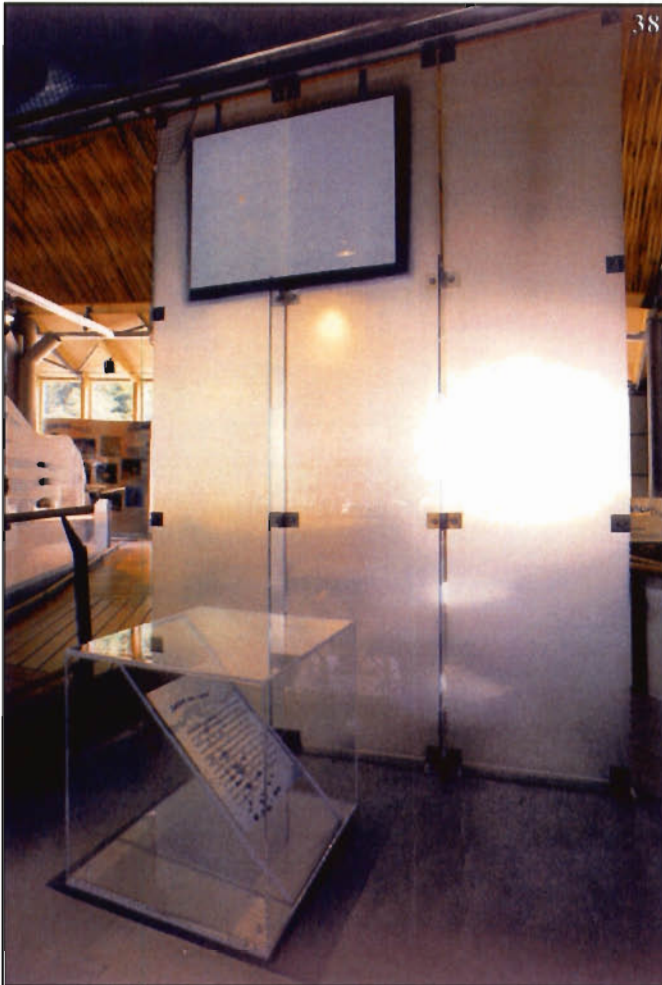
34: Das Bärtierchen, das Maskottchen des Haus am Strom



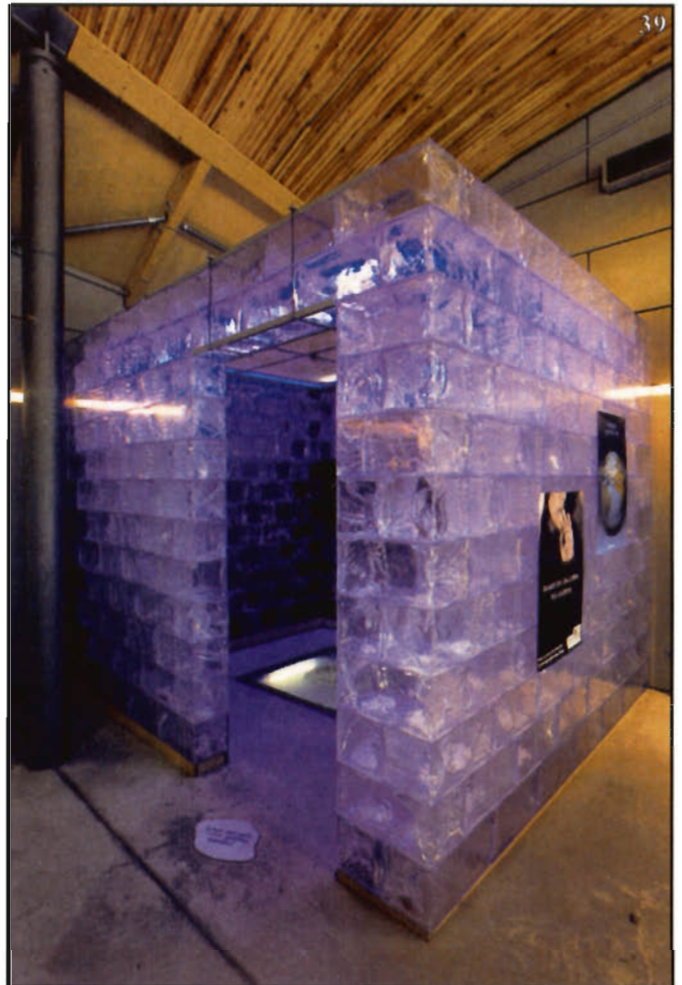
35: Unter Wasser im Winterraum



36-37: Konstruktionszeichnung und Ausführung der Glaszylinder der Toilettenspülung



38: Zugang zum Sommerraum



39: Winterraum

Mit Donauwasser auf und ab

Ein einmaliger Aufzug

Hinter diesem Wasseraufzug steckt das Prinzip der Schleuse. Gleich nebenan an der Donau werden so mit Wasserkraft tonnenschwere Schiffe gehoben oder gesenkt. Der Wasseraufzug bewältigt immerhin bis zu 5 Personen. Fahrtzeit etwa 2 Minuten...

In den Aufzugschacht ist Donauwasser geströmt und hat der Schwimmer nach oben gedrückt. Die Aufzugsabine befindet sich im Erdgeschoss.

Das Ablaufventil öffnet sich. Das Wasser fließt ab, der Schwimmer bewegt sich nach unten, die Kabine nach oben.

Bei jeder Fahrt werden 11 m³ Wasser bewegt.
Zum Vergleich: Neben an in der Schleuse sind es 55000 m³

Wasser gestaltet

Steter Tropfen höhlt den Stein

Ein Fluss verändert die Landschaft. Er ist stetig bestrebt, den Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung auszugleichen. Im Oberlauf tief er sich ein, er „erodiert“, im Unterlauf schüttet er Material an, er „sedimentiert“. Erosion und Sedimentation lassen sich auch an einer Flusschlinge (Mäander) beobachten.

Auch das Donautal bei Jochenstein ist ein Werk des Wassers. Entstanden ist eine abwechslungsreiche Landschaft mit vielen Lebensräumen: dunkle, schattige Schluchten und warme sonnige Felsenhänge. An der Erosionsrinne in den Außenanlagen kann jeder mal ausprobieren, wie Wasser Landschaften formt.

40: Ausstellungstafeln

Welchen Beitrag kann die Form und Gestalt eines Bauwerks, einer Konstruktion leisten? Es ist schwer die Frage nach der Form zum Gegenstand quantitativer Betrachtungen zu machen. Damit kann ein Nachweis, ob und wie Form nachhaltig zu verwirklichen ist, kaum erbracht werden. Immerhin sei der bauhistorische Verweis erlaubt, dass charakteristische Bauwerke im allgemeinen länger leben. Anpassungsfähigkeit und anhaltende Attraktivität oder schneller Verbrauch und hohe Recyclingrate, was ist nachhaltiger? Produktionsbedingte Formen auf der Basis der technischen Normen oder rationale Formbildung in spezifischen Zusammenhängen, ist das nur eine Kostenfrage?

Ökobilanzierung – ein Instrument der Bauteiloptimierung

Beim Haus am Strom wurde die Ökobilanzierung in der vorliegenden Art zum ersten mal zur Optimierung eines Neubaus angewandt.

Jedes Produkt hat Auswirkungen auf die Umwelt. Um diese zu erfassen, wurden für Bauteile oder Baumaterialien Lebenszyklusanalysen auf der Basis bestimmter Kriterien durchgeführt. Solche Analysen sind z.B. folgende:

- Die Prozeßkettenanalyse beschäftigt sich mit den wesentlichen Grundprozessen der Herstellung.
- Der kumulierte Primärenergieaufwand integriert alle Energieaufwendungen der Herstellung und des Transportes innerhalb eines Lebenszyklus.
- Die kumulierten CO₂-Emissionen sind die spezifischen Emissionen der beteiligten Energieträger.

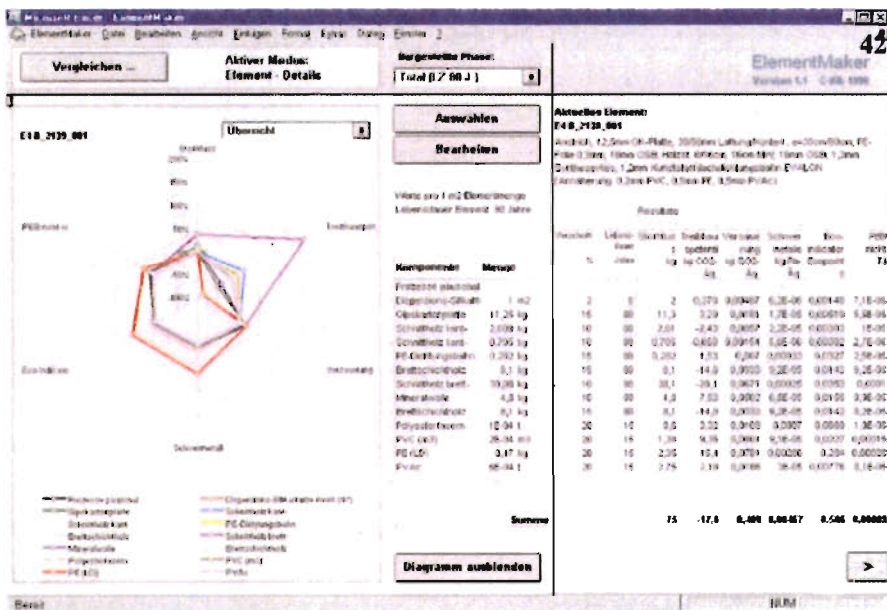
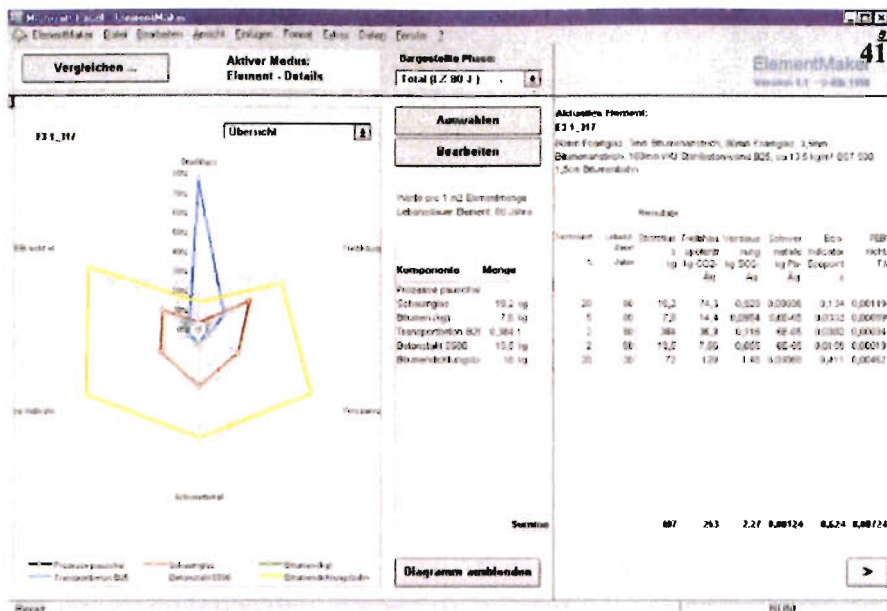
Kriterien der Bewertung sind ökologisch relevante Charakteristiken, die eine ihnen entsprechende Gewichtung erfahren. Das Gewichtungsverfahren ist ein kompliziertes wissenschaftliches Verfahren mit vielfältigen Aspekten der Bestimmung im Einzelnen. Die Bewertung basiert auf Informationen, die möglichst herstellerneutral erhoben werden.

Die Gesamtbilanz wird in einem Schaubild dargestellt. Im Vergleich lassen sich dann für die Materialien die Prioritäten der Wahl ermitteln. Bei der Auswahl eines Bauteils wird die Bilanz durch den Austausch von Materialien innerhalb des Gesamtaufbaus optimiert.

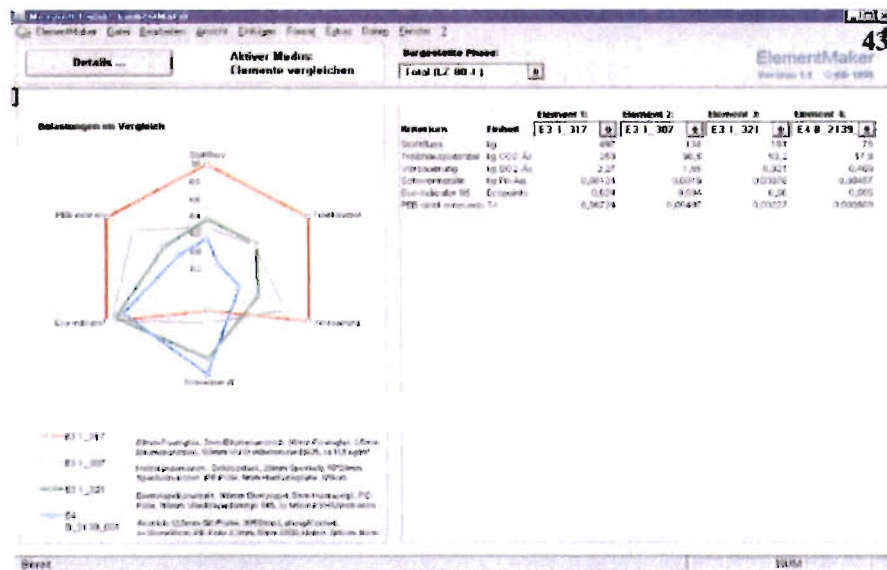
Im Folgenden wird beispielhaft aufgezeigt, wie die Methode zur Optimierung des Bauwerkes während des Planungsprozesses angewandt und welches Ergebnis dabei erzielt wurde. Als erstes werden die Materialien der einzelnen Bauteile im Zusammenhang bewertet. Das zeigen wir anhand der Konstruktionsvarianten zum Vortragssaal (Ei):

- I. Ausgangsvariante E 3 I 317
Innenliegende Stahlbetonschale mit außenliegender Schaumglashülle
- II. Vergleichsvariante E3 I 307
Holzständerkonstruktion mit Zellulosedämmung
- III. Vergleichsvariante E3 I 321
Brettstapelbauweise mit Weichfaserdämmung und Holzschindeldeckung
- IV. Konstruktion zur Realisierung diskutiert E3 B 2133-001
Holztafelbauweise mit Mineralfaserdämmung und Holzschindeldeckung
- V. Realisiert E4 B 2139-001
Holztafelbauweise mit Mineralfaserdämmung und Kunststoffdichtungsbahn

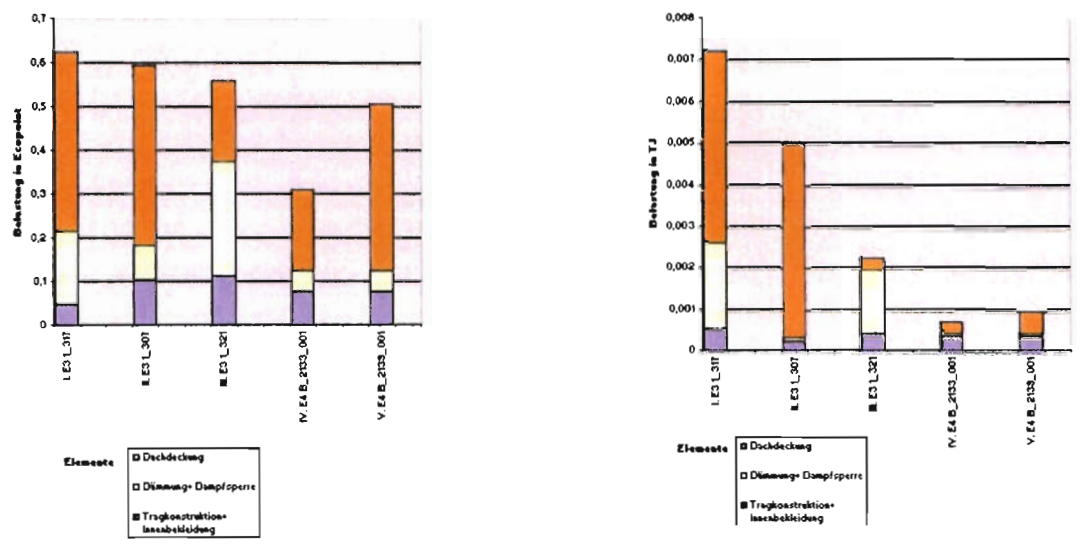
Die Entwicklung der Bauteilvarianten erfolgte nach unterschiedlichen Kriterien in der Diskussion unter den beteiligten Planern. Wobei die Bewertung der Optimierung des spezifischen Aufbaus des Bauteils dient (Schichtdicken, Material, etc.).



41-42: Bewertungstabellen der Konstruktionsvarianten I und V des Vortragsgebäudes



43: Vergleich der Konstruktionsvarianten I-V des Vortragsgebäudes

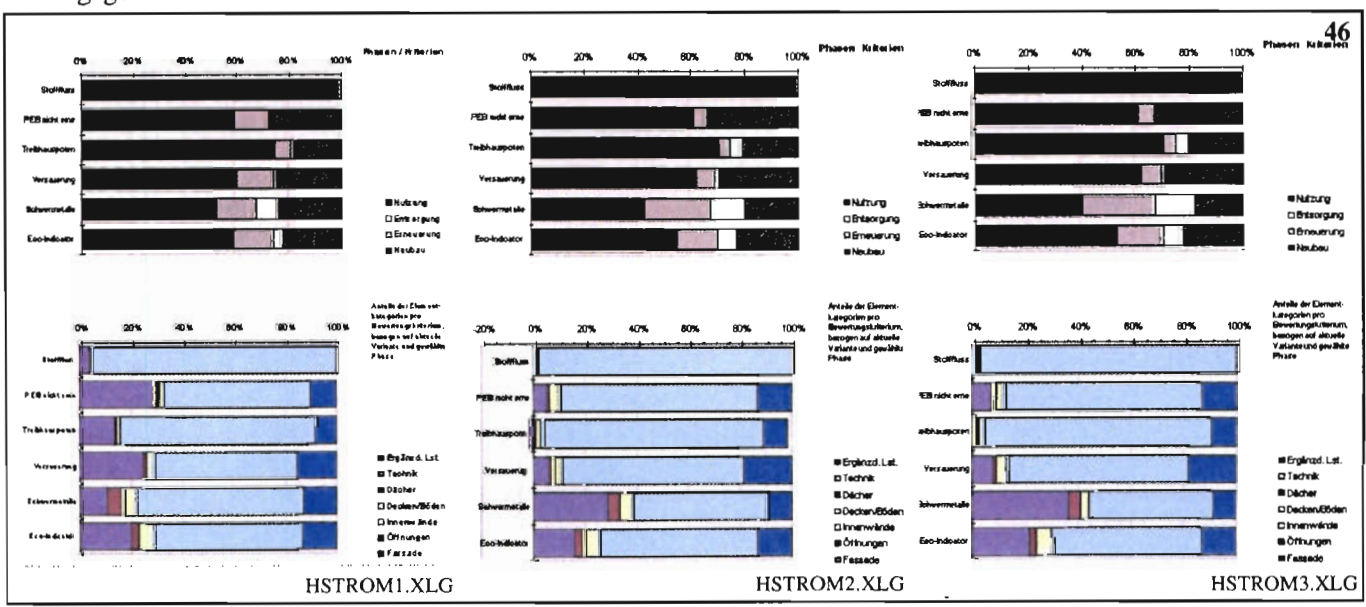


44: Vergleich der Belastungen aus den Ergebnissen des Eco-Indikators und der Zusammenstellung der nicht erneuerbaren Energien der Materialien der Konstruktionsvarianten I-V

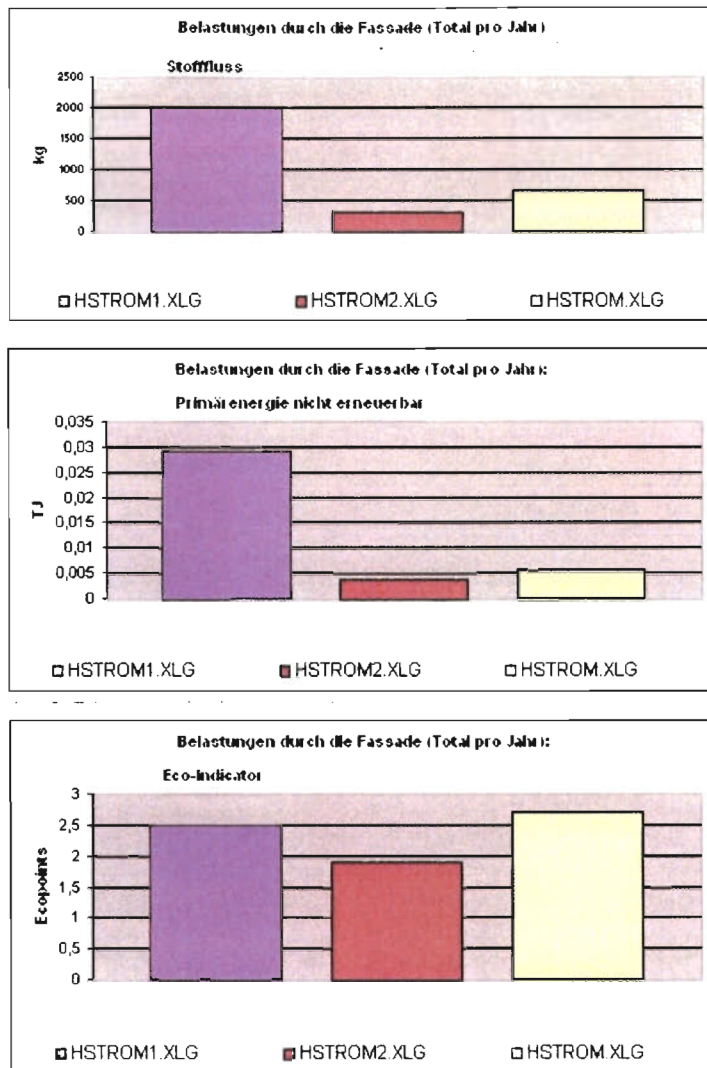
Außenwand-Elemente: Belastungen Ecoindicator und Primärenergie nicht erneuerbar

		Stahlbeton mit Foamglas E3 1 317	Holzständerbauweise mit Zellulosedämmung und Bitumenabdichtungsbahn E3 1 307	Brettstapelbauweise mit Weichfaserplatte als Dämmung und Holzschindeldeckung E3 1 321	Holztafelbauweise mit Mineralfaserdämmung und Holzschindeldeckung E4 B 2133 001	Holztafelbauweise mit Mineralfaserdämmung und Kunststoffabdichtungsbahn E4 B 2139 001
Dachdeckung	Eco	0,411	0,411	0,18585	0,18585	0,38136
	PEB n.e.	0,00462	0,00462	0,000274	0,000274	0,0005258
Hauptsächl. Baustoff		Bitumenbahn	Bitumenbahn	Holzschindeln+Kupfer	Holzschindeln+Kupfer	Kunststoffbahn
Dämmung+ Dampfsperre	Eco	0,1672	0,0789	0,2634	0,0482	0,0482
	PEB n.e.	0,002083	0,0001058	0,0015832	0,0001241	0,0001241
Hauptsächl. Baustoff		Foamglas+Bitumen	Zellulose+PE	Weichfaserplatte+PE	Mineralfolle+PE	Mineralfolle+PE
Tragkonstruktion+ Innenbekleidung	Eco	0,0461	0,10411	0,111	0,075218	0,075218
	PEB n.e.	0,000537	0,0002461	0,0004065	0,00033968	0,00033968
Hauptsächl. Baustoff		Beton	Holzständer+Sperrholz	Brettstapel	Holztafeln+GK-Platten	Holztafeln+GK-Platten
Summe Element	Eco	0,6243	0,59401	0,56025	0,309268	0,504778
	PEB n.e.	0,00724	0,0049719	0,0022637	0,00073778	0,00098958

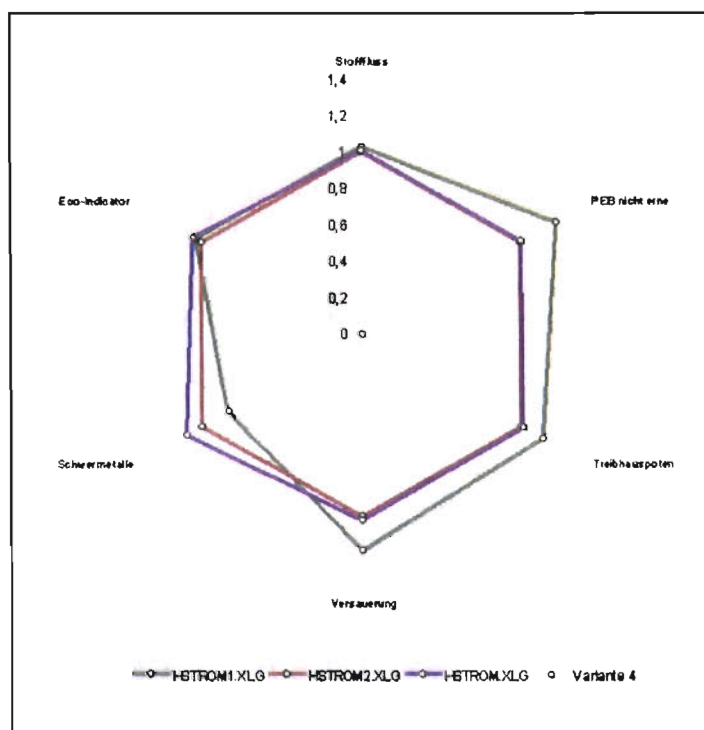
45: Tabellarischer Vergleich der Bewertung der Außenwandelemente der Konstruktionsvarianten I-V des Vortragsgebäudes



46: Vergleichende Bewertung der drei ausgewählten Gebäudevarianten im Zusammenhang nach Lebenszyklusphasen und Kriterien der Bilanzierung



47: Graphische Darstellung der Belastungen nach den Kriterien Stoff-Fluss (oben), nicht erneuerbare Primärenergie (Mitte), Eco-Indikator (unten)



48: Vergleichende Bewertung der Gebäudevarianten nach den Kriterien der Bilanzierung

Belastungen durch das Gebäude
Phase: Total (pro Jahr)
Bezugsgröße: Absolut

49

		Stofffluss	PEB nicht	Treibhauspoten- tial	Versauerung	Schwermetalle	Eco-Indica- tor
		Kg	TJ	kg CO2- Äq.	kg SO2- Äq.	kg Pb-Äq.	Ecopoints
HSTROM1.XLG	Gebäude total	58000	0,14	9200	40	0,083	16
Foamglas	Fassade	2000	0,029	1000	9	0,0040	2,6
	Öffnungen	20	0,00079	46	0,42	0,003	0,4
	Innenwände	350	0,0024	140	0,93	0,0023	0,7
	Decken/Böden	56000	0,057	5700	20	0,031	7,3
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,01	630	5,8	0,0061	1,7
HSTROM2.XLG	Gebäude total	57000	0,11	8000	41	0,074	16
Holztafelbauw.	Fassade	310	0,0038	100	1,8	0,017	1,9
Holzschindeln	Öffnungen	20	0,00079	46	0,42	0,003	0,4
	Innenwände	350	0,0024	140	0,93	0,0023	0,7
	Decken/Böden	56000	0,057	5700	20	0,031	7,3
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,0099	610	5,4	0,0059	1,7
HSTROM.XLG	Gebäude total	57000	0,11	8200	42	0,082	16
Holztafelbauw.	Fassade	650	0,0055	44	2,3	0,024	2,7
EVOLON-Dachb.	Öffnungen	20	0,00079	46	0,42	0,003	0,4
	Innenwände	350	0,0024	140	0,93	0,0023	0,7
	Decken/Böden	56000	0,057	5700	20	0,031	7,3
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,0099	620	5,5	0,006	1,7

Analyse: Die gleichmäßige Verteilung der Stoffflüsse in allen drei Varianten bestätigt die fast identischen Lebensdauern der berechneten Elemente, d.h. es sind keine größeren mengenmäßigen Veränderungen in einer der drei Varianten zu erwarten. In der Fassade von Var. 2 sind gegenüber Var. 1 + 3 erhebliche Einsparungen aller Wirkungskriterien sichtbar. Diese gleichen sich in Var. 2 + 3 im Total fast komplett wieder aus. Der negative Wert in Var. 2 Fassade entsteht lediglich aus dem Algorithmus aus Eco-Indicator 95, indem dem Holz als Speicher von CO2 eine Gütschrift eingerechnet wird. Dies erscheint falsch, denn es suggeriert bei Verwendung von viel Holz eine optimale Bilanz, ohne die restlichen Materialien genauer zu betrachten. Dies ist besonders bei den Nebenstoffen fatal, da diese die Abschneidekriterien (Vol-%) unterschreiten und somit nicht dargestellt werden.

Belastungen durch das Gebäude
Phase: Neubau
Bezugsgröße: Absolut

50

		Stofffluss	PEB nicht	Treibhauspoten- tial	Versauerung	Schwermetalle	Eco-Indica- tor
		Kg	TJ	kg CO2- Äq.	kg SO2- Äq.	kg Pb-Äq.	Ecopoints
HSTROM1.XLG	Gebäude total	4600000	6,4	540000	2300	2,8	760
Foamglas	Fassade	1400000	1,2	510000	360	0,23	98
	Öffnungen	400	0,018	510	9,8	0,022	4,6
	Innenwände	21000	0,14	7100	52	0,15	44
	Decken/Böden	4400000	4,3	430000	1500	1,7	480
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,8	50000	440	0,48	130
HSTROM2.XLG	Gebäude total	4600000	5,4	460000	2000	2,5	680
Holztafelbauw.	Fassade	22000	0,18	30000	72	0,17	25
Holzschindeln	Öffnungen	400	0,018	510	9,8	0,022	4,6
	Innenwände	21000	0,14	7100	52	0,15	44
	Decken/Böden	4400000	4,3	430000	1500	1,7	480
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,78	49000	430	0,47	130
HSTROM.XLG	Gebäude total	4600000	5,5	460000	2100	2,8	690
Holztafelbauw.	Fassade	4000	0,25	31000	100	0,24	39
EVOLON-Dachb.	Öffnungen	400	0,018	510	9,8	0,022	4,6
	Innenwände	21000	0,14	7100	52	0,15	44
	Decken/Böden	4400000	4,3	430000	1500	1,7	480
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,79	49000	430	0,47	130

Analyse: Diese Phase zeigt deutlich den Schwerpunkt beim Verbrauch der Materialien während der Bauzeit des Objektes. Hier wirkt sich die Verwendung unterschiedlicher Tragkonstruktionen aus. Während im Bauteil Fassade der Var. 1 Ort beton verwendet wurde, wird in Var. 2 + 3 eine Holzkonstruktion realisiert. Ähnlich wie in der Phase Total werden hier Gütschriften beim Treibhauspotential ermittelt, die insbesondere Var. 2 sehr zugute kommen. Die größten Belastungen sind infolge der massiven Bauweise im Bauteil Decken/Böden erkennbar. Ganz besonders positiv wirkt sich die Vermeidung von Beton und Foamglas beim Wirkungskriterium Versauerung aus (3,6 – 5-fache Reduktion). Dies ist insbesondere für die Themenstellung des Gebäudes wichtig, da sich die Versauerung überwiegend auf das Ökosystem Wasser auswirkt. Lediglich die leichte Verschlechterung infolge der Verwendung des Kunststoffbelages in Var. 3 ist ein kleiner Makel.

Belastungen durch das Gebäude
Phase: Erneuerung
Bezugsgröße: Absolut

51

		Stofffluss	PEB nicht	Treibhauspoten- tial	Versauerung	Schwermetalle	Eco-Indica- tor
		Kg	TJ	kg CO2- Äq.	kg SO2- Äq.	kg Pb-Äq.	Ecopoints
HSTROM1.XLG	Gebäude total	59000	1,4	46000	540	0,78	200
Foamglas	Fassade	17000	1,1	29000	350	0,16	88
	Öffnungen	1100	0,045	2600	23	0,16	23
	Innenwände	7000	0,052	2600	21	0,032	10
	Decken/Böden	34000	0,24	16000	140	0,42	72
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,01	640	5,7	0,0062	1,7
HSTROM2.XLG	Gebäude total	46000	0,47	29000	240	1,5	190
Holztafelbauw.	Fassade	3200	0,12	5800	45	0,84	88
Holzschindeln	Öffnungen	1100	0,045	2600	23	0,16	23
	Innenwände	7000	0,052	2600	21	0,032	10
	Decken/Böden	34000	0,24	15000	140	0,42	72
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,0079	490	4,4	0,0048	1,3
HSTROM.XLG	Gebäude total	45000	0,53	31000	260	1,8	230
Holztafelbauw.	Fassade	2900	0,19	10000	70	1,2	120
EVOLON-Dachb.	Öffnungen	1100	0,045	2600	23	0,16	23
	Innenwände	7000	0,052	2600	21	0,032	10
	Decken/Böden	34000	0,24	15000	140	0,42	72
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.		0,0079	490	4,3	0,0047	1,3

Analyse: Markant sind die doch erheblichen Einsparungen beim Stofffluss von Variante 1 zu 2 + 3. Infolge der verminderten Transportleistungen reduzieren sich hierdurch auch der Bedarf an nicht erneuerbaren Primärenergien und somit auch die Belastungen aus dem Treibhauspotential. Lediglich bei den Schwermetallen ergibt sich aufgrund der Verwendung von Metallen ein erhöhter Wert. Durch die unterschiedlichen Gewichtungen verschlechtert sich der Eco-Indicator in Var. 3 infolge der verwendeten Schwermetalle erheblich zu Variante 2, insbesondere durch die verwendeten Materialien in der Fassade.

Belastungen durch das Gebäude
Phase: Entsorgung
Bezugsgröße: Absolut

52

		Stofffluss	PEB nicht	Treibhauspoten- tial	Versauerung	Schwermetalle	Eco-Indica- tor
		Kg	TJ	kg CO2- Äq.	kg SO2- Äq.	kg Pb-Äq.	Ecopoints
HSTROM1.XLG	Gebäude total		0,051	6500	31	0,41	46
Foamglas	Fassade		0,0094	470	3,8	0,0043	2,4
	Öffnungen		0,00042	460	0,35	0,053	5
	Innenwände		0,00074	1400	0,85	0,0094	1,3
	Decken/Böden		0,041	4200	26	0,35	37
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.						
HSTROM2.XLG	Gebäude total		0,046	31000	40	0,75	82
Holztafelbauw.	Fassade		0,0035	25000	14	0,36	38
Holzschindeln	Öffnungen		0,00042	490	0,35	0,053	5
	Innenwände		0,00074	1400	0,85	0,0094	1,3
	Decken/Böden		0,041	4200	26	0,35	37
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.						
HSTROM.XLG	Gebäude total		0,046	30000	41	0,74	99
Holztafelbauw.	Fassade		0,0043	24000	14	0,53	55
EVOLON-Dachb.	Öffnungen		0,00042	490	0,35	0,053	5
	Innenwände		0,00074	1400	0,85	0,0094	1,3
	Decken/Böden		0,041	4200	26	0,35	37
	Dächer						
	Technik						
	Ergänzd. Lst.						

Analyse: Hier wirken sich eindeutig die Belastungen aus, die augenscheinlich in den vorherigen Phasen eingespart wurden. Insbesondere die Belastungen des Kriteriums Treibhauspotential in Var. 1 sind aufgrund der mineralischen Zusammensetzung des Beton sehr gering. Lediglich die Recyclingbarkeit bzw. der Transport zur Lagerstätte ist nicht befriedigend bzw. zukünftig besser zu erfassen, um Verfälschungen in den Wertigkeiten zu vermeiden. In den Var. 2 + 3 sind die CO2-Belastungen durch die entsprechenden Entsorgungsabläufe definiert, indem ggf. durch Verbrennung eine „schnelle Oxydation“ vorliegt, die, im Gegensatz zur „langsamen Oxydation“ infolge natürlicher Zersetzungsprozesse, umgehend CO2 freisetzt. Die letztgenannte Variante ist jedoch nicht anwendbar, wenn die Holztragwerke, mit Beschichtungen z.B. für den Brandschutz behandelt sind.

In den vorhergehenden Abbildungen sind die Bewertungen der Bauteile graphisch und mit Zahlenwerten dargestellt. Das Schaubild ist leicht zu lesen: Je näher zum Mittelpunkt des jeweiligen Bewertungskriteriums desto besser ist die Bewertung.

Im Anschluß daran werden die Bauteilvarianten tabellarisch und graphisch miteinander verglichen.

Die Auswahl erfolgte ebenfalls in der Diskussion zwischen den Beteiligten. Während Architekt und Tragwerksplaner den Zusammenhang zum Ganzen im Auge hatten, und damit ein gewisses Optimierungshindernis darstellten, konzentrierten sich die Gutachter auf die reine Optimierung. Schließlich spielten die Kostengesichtspunkte vor allem bei der Schlussauswahl eine erhebliche Rolle. Ausgewählt wurde deshalb „nur“ die zweitgünstigste Variante.

Für eine Gesamtbewertung der Gebäude wurden aus den Bauteilvarianten 3 Möglichkeiten ausgewählt. Die Varianten I,IV und V wurden im Gebäudezusammenhang verglichen. Dieser Vergleich wird anhand der folgenden Graphiken und Tabellen dargestellt. Hier lassen wir den Originalkommentar des Gutachters zu Wort kommen, der unter den Tabellen zu lesen ist.

Mit der gleichen Methode kann auch die Anwendung von einzelnen Materialien untersucht werden. Das Material der Dachdeckung des Ausstellungsgebäudes ist ein Fall, der besonderes Augenmerk fand, da insbesondere Kupfer in der öffentlichen Kritik steht. Hier wurden die Alternativen Aluminium, rezykliertes Aluminium, Zink und Kupfer auf der Basis der existierenden Daten untersucht. Diese umfassten in erster Linie die Produktionsprozesse. Für Prozesse nach dem Einbau stehen bislang keine ausreichenden Untersuchungen zur Verfügung.

Zink war nicht zu empfehlen, weil die größeren Stoffströme aufgrund seiner kürzeren Lebensdauer größere Umweltbelastungen mit sich bringen. Alle anderen Materialien liegen in der Gesamtbetrachtung etwa gleich auf mit Unterschieden im Detail.

Gebäudesimulation – ein Instrument der Gebäudeoptimierung

Simulationen sind schon eine Weile als Planungsinstrumente bekannt. Sie waren jedoch zu Projektbeginn noch nicht besonders häufig eingesetzt. Solche Simulationen unterscheiden sich von ingenieurmäßigen Berechnungen dadurch, daß sie dynamisch simulieren, sowie komplexe Sachverhalte und Rückkoppelungen integrieren können.

Die für die Ausbildung des Energiekonzeptes, zu dem auch die Tageslichtplanung gehört, angewendeten Verfahren waren:

- Nachweisverfahren für den Passivhausstandard PHPP99
- Dynamisches Simulationsprogramm HELIOS
- Dynamisches Simulationsprogramm TRNSYS
- Radiance – ein Programm zur Berechnung der Tageslichtnutzung
- Sowie einschlägige Normen, Vorschriften und Leitfäden

Alle Instrumente haben die Hülle und technische Ausstattung des Bauwerkes nachhaltig beeinflusst. Die wesentlichen Elemente der Entwicklung von Bauteilen und Technik auf der Basis der Simulationen und Berechnungen waren:

- Optimierung des Glasanteiles der Fassaden unter den Aspekten Tageslichtnutzung und Wärmeeintrag durch solare Strahlung

- Sicherung der regenerativen Energieversorgung aus dem Kraftwerk: Das Abwärmepotential aus der Turbinenkühlung übersteigt den Wärmebedarf des Haus am Strom um das 12-fache.
- Damit die bereits verbrauchte Menge des regenerativen Stroms aus dem Kraftwerk nicht angezapft werden muß, wurde ein Modernisierungspotential der Stromerzeugung von ca. 7600 MWh/a ermittelt. Etwa 1% dieser Strommenge wäre mit der Modernisierung im Zusammenhang mit der Projektentwicklung von 2 Eigenbedarfstransformatoren zu erzielen gewesen. Das ist der 7-fache elektrische Bedarf des Haus am Strom. Das dazu erforderliche Contracting wurde leider nicht realisiert.
- Der Wärmestandard wurde trotz der regenerativen Energieversorgung auf einen Standard jenseits der aktuellen Anforderungen gebracht. Die damals bestehende Wärmeschutzverordnung wurde um ca. 30% unterschritten.
- Eine Fußbodenheizung mit maximalen Flächenanteilen nutzt das Abwärmepotential auf geringem Temperaturniveau (36/44°C) und über einen Wärmetauscher das geringe Temperaturniveau des Donauwassers zur sommerlichen Kühlung (18°C)

Im Rahmen des Planungsprozesses wurden entscheidende Verbesserungen erzielt. Dabei waren auch die finanziellen Kriterien an den Entscheidungen beteiligt. Vor allem die Fassadenentwicklung wurde anhand mehrerer Rechengänge definiert.

Bauteile

Im Folgenden werden die herausragenden Bauteile beschrieben, die als innovativ gelten können und den eigentlichen Beitrag des Projektes für die Diskussion der Nachhaltigkeit von Konstruktionsweisen darstellen.

Die Brettwerkschale

Die Konstruktion hat sehr frühe Vorgänger. Philibert de l'Orme hat allerdings seine genagelten Konstruktionen zu Sparren gefügt. Seine Bauteile sind nicht mit Schalen verwandt.

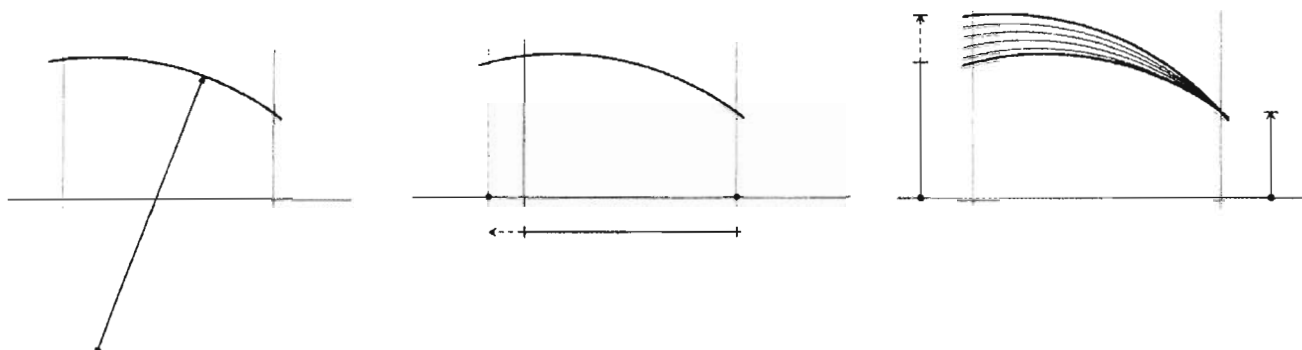
Der Aufbau eines Tragwerkes aus einer ununterbrochenen Reihe paralleler Bögen aus kurzen Brettstücken erlaubt ein komplexes Raumtragwerk auf der Basis einfachster Bauelemente und einer einfachen Herstellungstechnik. Die Bandbreite der technischen Möglichkeiten reicht von einer traditionellen handwerklichen Herstellung vor Ort bis zur vollautomatischen Vorfertigung. Kritisch sind lediglich die Zwischenstadien der Herstellung (Unterstützung – Schalung) sowie des Transports. Die Herstellung der Schale des Haus am Strom wurde relativ konventionell vor Ort gefertigt. Unter einem abnehmbaren Montagedach wurden die einzelnen Schalen vorgefertigt und dann in die eigentliche Konstruktion eingehoben.

Die geometrischen Formbildungsparameter der Brettwerkschale sind einfach. Ein immer gleicher Radius der Schale in Querrichtung, verschieden hohe Auflagerpunkte und eine verschiedenen lange Bogensehne bzw. veränderbare Abstände der Auflagerpunkte definieren die Form. Die Feldbereiche zwischen den Hauptstützen haben einen Abstand zwischen 5 – 10 m. Brandschutzüberlegungen haben zu einer Stärke der Schale von 12 cm geführt. Bereits 9 cm wären statisch ausreichend gewesen. Der Krümmungsradius ist ca. 9 m, der Kreismittelpunkt wandert auf freier Linie entlang der Gebäudelängsrichtung. Einzelne immergleiche Bretter (120 x 12 x 2,8 cm) werden übergreifend, dem Prinzip multipler Stöße folgend, zu einer massiven Schale vernagelt. Alle Nagelverbindungen sind mehrschnittig. Die Krümmung in Längsrichtung ist für eine Schalenwirkung zu gering, so dass das Tragverhalten wie eine Reihe hintereinander liegender Bögen, dank der Bogenform überwiegend normalkraftbeansprucht, realisiert wird. Es

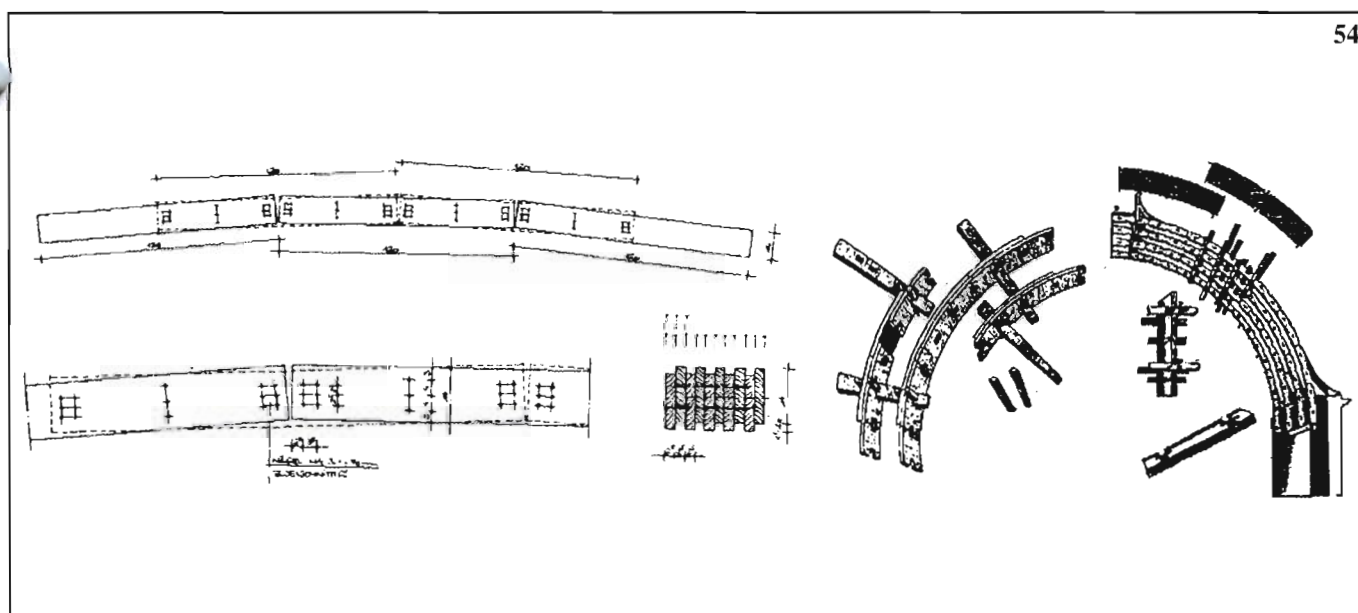
Radius = immer gleich

Abstand der Auflagerpunkte

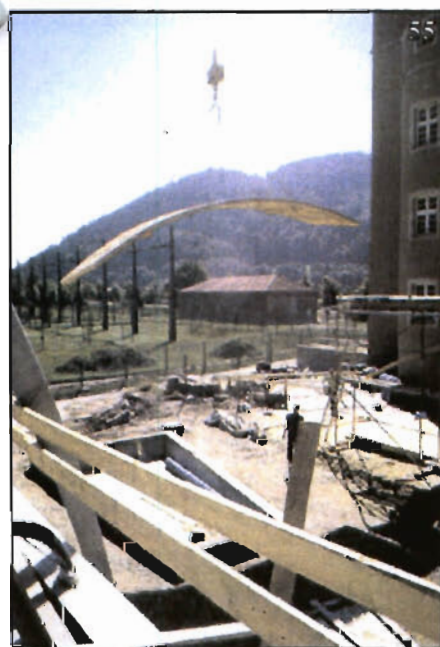
Höhe der Auflagerpunkte



53: Die Formbildungsparameter der Brettwerkschale



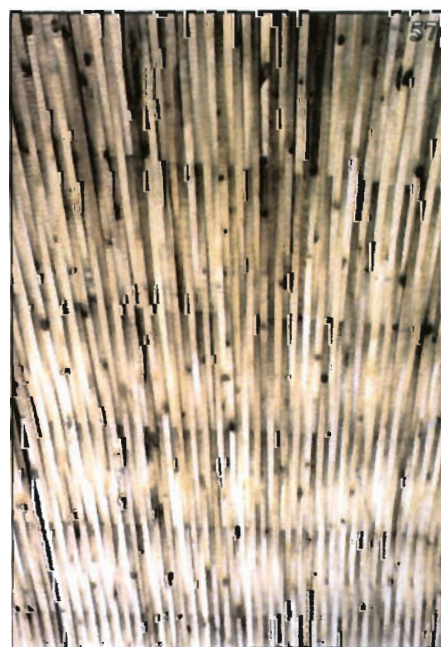
54: ein historischer Vorläufer und das Konstruktionsprinzip



55: Das Einheben eines Schalenelementes aus der Bauhütte



56: Die Brettwerkschale im Rohbaustadium



57: Montage und Unteransicht der Brettwerkschale

ist ein Tragwerk mit „sozialem“ Charakter. Bretter minderer Festigkeit sind statisch im Verband vermengt. Die Holzqualität muß nicht sortiert sein.

Haut und Knochen

Insbesondere die frei gebogene Südseite des Daches erforderte durch ihre besonderen geometrischen Bedingungen ein besonderes Tragsystem. Für eine ursprünglich geplante Unterspannung ließen sich keine geeigneten Flächen finden, innerhalb der es möglich gewesen wäre die Kräfte aus den Brettschichtholzsparren (Knochen) in die Verspannung einzuführen. Weder konventionell zeichnerisch noch mit Hilfe von CAD am Computer, noch am Modell waren wir in der Lage die geometrischen Grundbedingungen für die Unterspannung nachzuweisen. Erst die Umkehrung des Prinzips von Zug auf Druck erlaubte, die Kraftlinien an den richtigen Punkten zusammenzuführen.

Dadurch konnte eine handwerkliche Anpassung jedes Knotenpunktes auf der Baustelle vermieden werden. Es wurde eine Druckstrebenkonstruktion gefunden, die es ermöglicht mit gleichförmig vorgefertigten Elementen jede beliebige Winkelstellung derart herzustellen, dass der Kraftfluß kontinuierlich gewährleistet ist. Die Konstruktion besteht aus einer Kugel, innerhalb der die Umlenkung der Kraftlinien erfolgt, und Streben, die mit ihren Spitzen zwischen den Kugeln eingespannt werden. Die Sparren werden eingeschlitzt und mit entsprechenden Bohrungen versehen. Zwei Halbkugeln werden von links und rechts in das von oben eingesteckte Schlitzblech eingeschraubt, welches mit mehreren Schrauben mit dem Sparren verbunden ist. Auf diese Weise sind Blech und Kugel kraftschlüssig mit dem Sparren verbunden. Die später eingesetzten Druckstreben werden mittels Verschraubungen an deren beiden Enden dazwischen gespannt. Dadurch, dass die Druckpunkte auf die Kugel treffen, schneiden sich die Kraftlinien immer im Mittelpunkt der Kugel, der in der Mittellinie des Sparrens liegt.

Die Holztafelschale

Die Form des Ei des Vortragsraumes wurde als ein polyedrischer Baukörper aus 190 ebenen Tafелеlementen zusammengesetzt. Jedes Tafелеlement ist nur seinem symmetrischen Verwandten auf der anderen Seite des Ei gleich und von allen anderen Elementen verschieden. Die entstehenden Teilflächen sind mit Ausnahme der Polflächen, in denen dreieckige Flächen vorkommen, trapezförmig.

Die Tafeln integrieren statische und bauphysikalische Aufgaben. Ihre statische Wirksamkeit ergibt sich aus der beidseitigen Beplankung (OSB 18 mm) und den umlaufenden Hölzern (KVH 80 x 160 mm). Es entstehen verwindungssteife Hohlkästen, die Wärmedämmung aufnehmen können.

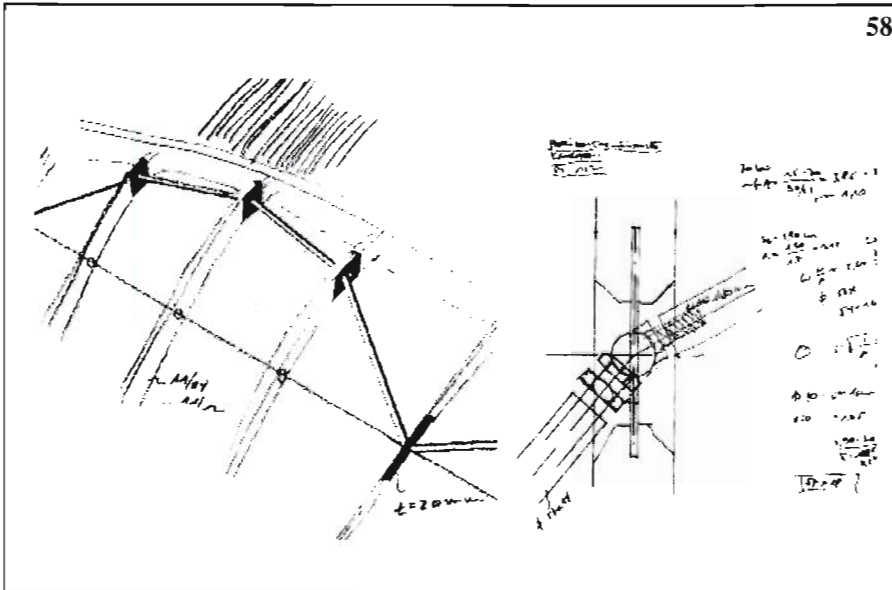
Zwischen den Elementen wurden im Querschnitt trapezförmige Schubleisten bauseits eingepasst. Für die Verschraubung der Tafелеlemente wurden spezielle Unterlageteile entwickelt, die sich den verschiedensten Winkelstellungen anpassen lassen.

Mit dem Wasser arbeiten

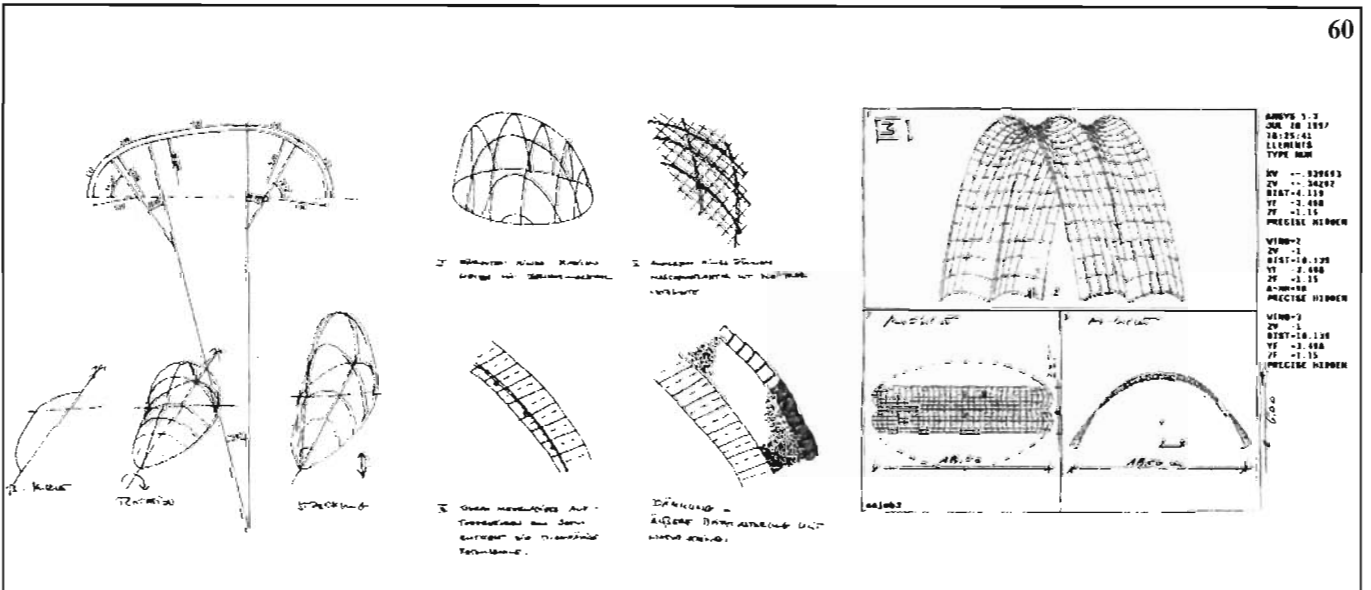
Die technischen Komponenten haben viel mit den vorhandenen technischen Einrichtungen zu tun, die das Potential des Ortes nutzen. Sie liefern Energie und Vorbilder für die Einrichtungen des Haus am Strom.

Auftriebskraft und Schleusenaufzug

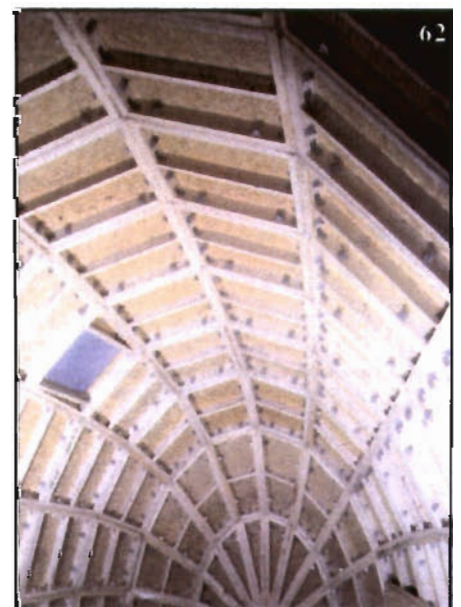
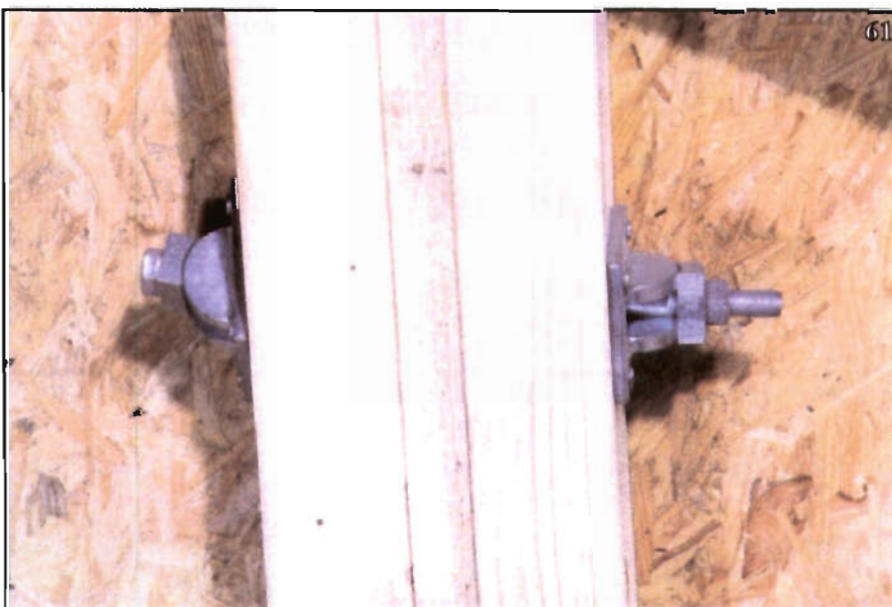
Das Funktionsprinzip des Aufzugs beispielsweise ist der Schleuse abgeschaut. Für das Heben und Senken wird ein Schacht mit Wasser gefüllt bzw. entleert. Das Wasser ist Donauwasser. Der Aufzug nutzt das Gefälle der Donau, welches hier im Maximum etwa 9,0 m beträgt. Das Wasser wird am höchsten Wasserstand flussaufwärts in einen Kanal geleitet, der am Schacht mit einer Platte geöffnet und geschlossen werden kann. Oberhalb der Schachtsohle ist ein zweiter Schieber angeordnet, mit dem der Wasserabfluss zurück in die Donau geregelt wird.



58: Konstruktionsskizze des Druckstrebensystems 59: Die frei gebogenen Sparren mit den Druckstrebenunter dem südlichen Dach



60: Skizzen und Zeichnungen zur Entwicklung von Form und Konstruktion des Vortragsgebäudes



61: Das Verbindungsmittel der Holztafelemente kann sich jedem Winkel anpassen

62: Die innen offene Holztafelschale

Für den Betrieb des Aufzuges ist lediglich die Energie nötig, um die Steuerung und die Regelung dieser beiden Ventile zu betreiben.

Schwimmer und Kabine fahren gegenläufig. Das heißt, ist der Schwimmer oben, steht die Kabine unten und umgekehrt. Daraus ergab sich der Vorteil einer geringeren Schachttiefe. Die Fahrgeschwindigkeit wird durch die Menge des Wassers, die zum Füllen des Schachtes gebraucht wird, und durch die Fließgeschwindigkeit bzw. den Rohrquerschnitt der Zu- und Ableitung bestimmt. Die Fahrzeit beträgt etwa 2 Minuten.

Kreislauf Heizen / Kühlen

Das Kraftwerk benötigt Wasser zur Kühlung der Turbinengeneratoren, Lager, Regler und Transformatoren. Dieses Wasser wird der Donau entnommen und dorthin wieder zurückgeführt. Es enthält derzeit ein wirtschaftlich nutzbares Abwärmepotential von ca. 3.300 KW. Unter Berücksichtigung modernster Anforderungen an die Kraftwerkstechnik und den Eigenbedarf verbleibt nach einer eventuellen Modernisierung ein nutzbares Abwärmepotential von berechneten 650 KW.

Dieses wird im Haus am Strom zum Heizen genutzt. Dazu wurde in den Bereichen der Ausstellung, in der eine gleichbleibende Nutzung stattfindet, eine Fußbodenheizung eingebaut. Mit der gleichen technischen Einrichtung kann das Bauwerk im Sommer gekühlt werden. Dazu wird lediglich die Temperaturdifferenz der Raumtemperatur zur Temperatur des Donauwassers genutzt. Die mittleren Temperaturen des Donauwassers in den Monaten Mai bis September, in denen gekühlt werden muß, betragen zwischen 13 und 18°.

Kreislauf biologische Nutzung

Während das Haus am Strom entstand, wurde in der Gemeinde eine Kläranlage projektiert. Deshalb wurden Überlegungen zu einer alternativen Abwasserklärung beiseite gelegt. Den aktuellen Wasserverbrauch wollten wir dennoch thematisieren. So sind als Elemente der Ausstellung auf den Toiletten gläserne Wassersäulen installiert worden, die den Wasserverbrauch sichtbar machen. Ergänzt wurden sie durch Erläuterungen, die verschiedene Wassermengen zueinander in Beziehung setzen.

Bildung und Entwicklung – die Ziele des Haus am Strom

Der Ort – ein Anlass. Das Projekt bestehend aus Bauwerk, Freiraum und Ausstellung – ein Mittel. Die Betreibergesellschaft – Motor einer Entwicklung. Das Projekt wurde für eine Kommunikation auf unterschiedlichen Ebenen entwickelt, die sich einer umweltverträglichen Kulturentwicklung verschrieben hat. Sein Erscheinungsbild erzeugt Aufmerksamkeit und stellt Fragen. Damit soll das Haus am Strom ins Gespräch kommen, damit es seine Ziele verfolgen kann. Seine Ausstattung liefert ein Angebot, als permanente Einrichtung die Ausstellung zum Thema Wasser und temporäre Aktionen und Aktivitäten für Bildung und Freizeit.

Umweltfreundlich!

Populäre Veranstaltungen vermitteln beispielsweise Naturerlebnisse als Basis einer Umweltpolitik ohne „erhobenen Zeigefinger“. Das Haus am Strom als Umweltstation entwickelt Bildungsprogramme in unterschiedlichen Themenkreisen, beginnend bei der Naturbetrachtung, über das Spezialthema Wasser hin zu Fragen der Energie, usw. Dies wird in der Umweltstation mit experimentellen Erfahrungen für Schulklassen angeboten.

Wirtschaftlich und gemeinnützig!

Zur Nachhaltigkeit zählt auch wirtschaftliche Stabilität, die eine Region versorgen kann. Das Haus am Strom will ein spezifisches touristisches Potential dieser Region nutzen, sich an der

allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung zu beteiligen. Gemeint ist, neben dem idealistischen Engagement der Umweltbildung die Fremdenverkehrsregion um eine Attraktivität zu bereichern, die den touristischen Fluss zumindest temporär aufzuhalten imstande ist.

Sozial

Ein spezieller Ansatz der Beteiligung der allgemeinen Entwicklung ist die Sorge um die Behinderten. Alle Arbeitsplätze im Haus am Strom werden von Behinderten wahrgenommen. Damit soll die Integrationsfähigkeit solcher Menschen auf dem Arbeitsmarkt vorgeführt werden.

Eine Besonderheit der Integration ist der Versuch die speziellen Fertigkeiten, die Behinderte zur Kompensation entwickeln der allgemeinen Wahrnehmung zugänglich zu machen, etwa in der Ausstellung, wo sich ein besonderes Angebot auf spezifische sinnliche Erfahrungen bezieht.

Die Kenntnis des Gegebenen steht immer vor der Veränderung. Gerade die kulturelle Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat ins allgemeine Bewusstsein gehoben, dass unsere Umwelt ein vernetztes System mit vielgestaltigen Abhängigkeiten ist. Das Thema Wasser ist in besonderer Weise geeignet dies darzustellen.

Nicht nur die Anwesenheit und Bedeutung der Donau für die Donauleiten begründet die Wahl des Themas. Nachhaltigkeit am Thema Wasser darzustellen hat damit etwas zu tun, dass Wasser alles durchdringt, Gegenstände und Lebewesen, und mit allem zu tun hat, ob biologische oder industrielle Produktion. Wasser ist ein aktuelles Thema, weil es als Ressource endlich zu werden droht.

Diskussion der Ergebnisse

Natürlich sind alle Schritte eines Entwicklungs- und Realisierungsprozesses und alle Elemente des fertigen Projektes interessant genug für eine Überprüfung des status quo, der darin enthaltenen Möglichkeiten und deren Realisierungschancen. Die Fragestellungen dazu sind vielfältig. Genau so wenig, wie es gelingt ein derartig komplexes Projekt im Alleingang zu entwickeln, genau so wenig lassen sich die vielfältigen Fragestellungen ohne professionelle, interdisziplinäre Zusammenarbeit zufriedenstellend bearbeiten. Wir konzentrieren uns, wie in den realen Verläufen und Ergebnissen, auf eine Auswahl von Themen und Fragestellungen zur Diskussion und im nächsten Kapitel zur Bewertung. Die Auswahl hat dabei viel mit den Ableitungen aus dem Standort zu tun, wie es oben beschrieben wurde.

Der Komplex Planung – die Rahmenbedingungen, das Team, die Kommunikation, die Methoden

Zur Entwicklung der Planungsmethodik hat die Deutsche Bundesstiftung Umwelt entscheidendes beigetragen, indem auf ihre Anregung die Methodik der Ökobilanzierung in den Planungsprozess eingeführt worden ist. Sie wurde bis dahin nur zur Bewertung bestehender Gebäude eingesetzt. Das Haus am Strom war das erste, das während seiner Bauphase damit optimiert wurde.

Insofern zeigten sich in einem echten Pilotprojekt verschiedene interessante Fragestellungen über die Methodik und ihre Anwendung.

Die Methode selbst scheint ausgereift zu sein, soweit wir sie angewandt haben. Wir haben in unserem Fall keine ökonomische Bewertung integriert. Die Materialien, Bauteile und schließlich die Gebäude wurden hinsichtlich ihrer stofflichen und energetischen Qualitäten untersucht.

Eine ausführliche Variantenbildung der Konstruktionsweise des Vortragsraumes (Ei) und die Materialuntersuchung der Dachdeckung des Ausstellungsgebäudes (Fisch) wurden herausgestellt.

An letzterem Beispiel kann man sehen, dass die Methode als Planungsinstrument noch nicht voll einsetzbar ist. Die Qualität der Ergebnisse hängt sehr stark von der Datenlage zu den jeweiligen Materialien ab. Daten zum Langzeitverhalten im eingebauten Zustand, teilweise Daten zu Produktionsprozessen oder Inhaltsstoffen, selbst Daten zu Rezyklierprozessen liegen häufig gar nicht oder unvollständig vor. Die Industrie ist sehr wenig kooperationsbereit und kennt sehr oft selbst nicht die entsprechenden Daten. Insgesamt ist die Datenlage eher mäßig zu nennen.

Beim Haus am Strom waren die Kosten nicht Bestandteil der Betrachtung. Diese sind zwar kein ökologisches Kriterium. Da sie aber im Zweifelsfall über den Einsatz eines Materials entscheiden, sollten sie doch in der Betrachtung auftauchen. Das macht die abgeleiteten Empfehlungen von vornherein realistischer.

Ein dritter Aspekt bei der Bewertung der Methode ist deren Aufwand generell im Zusammenhang mit dem Planungsaufwand eines Projektes. Der zusätzliche Planungsaufwand ist erst ab einer gewissen Projektgröße interessant. Das ist erstens auf den ökonomischen Aufwand der Bewertung zurückzuführen, der relativ groß ist. Beispielsweise beträgt er beim Haus am Strom ca. 3% des gesamten Planungsaufwandes. Dahinter steht auch die Frage nach der Relevanz der zu erzielenden Effekte im Verhältnis zu anderen optimierbaren Bestandteilen des Projektes, d.h. in welchem Umfang können durch die Optimierung Verbesserungen erzielt werden. Die möglichen Energieeinsparungen z.B. bei der Herstellungenergie sind im Vergleich zu den Energiesparmaßnahmen bei Heizung und Strom gering.

Dieses war nicht Thema der vorliegenden Untersuchungen. Das wäre aber auch zu klären für die Bewertung des Aufwands, der für den Projektträger in irgendeiner Form im Verhältnis zum Ergebnis attraktiv erscheinen soll. Vielleicht bringt an dieser Stelle die Verknüpfung mit wirtschaftlichen Daten mit sich, dass es sich nachweisen läßt, dass geringere Stoffflüsse auch geringere Kosten nach sich ziehen.

Insgesamt scheint es aus unserer Sicht eher ein Instrument zu sein, daß generelle Aussagen zu Baustoffen und Bauteilen machen kann, die im Einzelfall geprüft und ergänzt werden können. Die Optimierung spezifischer Projekte wird sicher von deren Größe abhängen.

Eine zweite Frage der Methodik betrifft den Bereich der Simulation als Optimierungsinstrument der bauphysikalischen und technischen Ausstattung des Bauwerks. Simulationen können einfache Berechnungen sein, wie z.B. das Glaserdiagramm für die Wärmetransmission und den Feuchtetransport durch Bauteile. Der eigentliche Fortschritt in der Simulation sind dynamische Simulationen, die bereits seit einiger Zeit in Verwendung sind. Diese Instrumente sind nicht neu und dennoch in Bezug auf ihre Simulationsfähigkeiten und ihre Anwendbarkeit in Entwicklung begriffen. Hier wurden bereits bewährte Instrumente eingesetzt.

Die Simulation stellt immer ein „fertiges“ Bauwerk dar. Das heißt, der Aufwand der Simulation ist nicht in der gleichen Art zu differenzieren, wie dies bei der Entwurfsentwicklung geschieht. Vor allem eine zunehmende Schärfe der Konkretisierung ist nicht möglich, wie es über die Maßstabebenen und Darstellungstechniken im Entwurfsprozeß üblich ist. Wir haben beispielsweise die Glasanteile der südlichen Fassaden in mehreren Schritten verändert. Dabei zeigte sich, daß eine derartige Variantenbildung aufwendig ist und in keinem sinnvollen Verhältnis zu den gewonnenen Erkenntnissen steht. Die Simulation zeigte Tendenzen auf, die in konventioneller Diskussion und Planungstätigkeit fortgeschrieben wurden. Die Definition der schließlich ausgeführten Variante wurde zusätzlich durch ökonomische Kriterien beeinflusst. Die Simulation ist ein sehr interessantes Instrument vor allem zur Darstellung komplexer Zusammenhänge und Abhängigkeiten im Bauwerk. Sie ersetzt nicht die kompetente, erfahrungs-

gestützte, konzeptionelle Arbeit. Ihr sinnvoller Einsatz ist ebenso wie bei der Ökobilanzierung von der Größe des Projektes abhängig. Dabei steigt sicherlich die Menge der sinnvollen Variantenbildung mit der Projektgröße.

Gebäudesimulation und Ökobilanzierung sind Instrumente der Planung. Sowie sich diese Instrumente mit der Entwicklung der Baukultur verändern, muss sich auch die Theorie der Planung verändern. Die zunehmende Komplexität der Bauaufgaben, insbesondere, wenn dahinter integrale Konzepte stehen, machen andere Kommunikations- und Kooperationsleistungen notwendig. Der Planungsprozess beim Haus am Strom war interdisziplinär und integrativ initiiert und sollte einen Entwicklungsschritt aufzeigen hin zu einem neuen Verständnis von Projektentwicklung. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass alle beteiligten Planer parallel arbeiten und somit eine parallele Zunahme der Konkretisierung der Einzelelemente wie des Ganzen entstehen sollte. Es wurde versucht, die konventionelle Abwicklung der Planung in isolierten Einzelprojekten und –problemstellungen durch eine integrierende Arbeitsweise zu ersetzen.

Die konventionelle Vorstellung baut den Planungsprozeß hierarchisch auf, indem sie davon ausgeht, daß jede Planungsebene für sich vollständig und stringent zu erbringen ist. Planung als eine Voraussage auf das zu erwartende Ergebnis, hängt dabei immer davon ab, auf welchem Stand der Planung man eine Voraussage macht.

Die Realität hat diese linearen Vorstellungen schon immer relativiert. Üblicherweise wird auf kritische Situationen mit mehr Kontrolle reagiert. Das Ergebnis ist entweder eine Reduzierung von Komplexität oder eine Erhöhung des Planungsaufwandes. Dass auch konventionelle Prozesse vor allem mit zunehmender Komplexität nicht fehlerfrei verlaufen, ist letztendlich ein Hinweis auch für deren Tendenz zur Unkontrollierbarkeit.

Das bedeutet nicht, dass man die Kontrolle über den Prozeß und damit die Bestimmung über die Qualität des Ergebnisses aufgeben soll. Das bedeutet lediglich, dass komplexe Prozesse wesentlich besser zu steuern sind, wenn ein Maximum an Entwicklung auf die Ebenen delegiert wird, auf denen eine Frage entsteht und am direktesten beantwortet werden kann. Das bedeutet weiter, dass man das Prinzip der Selbstorganisation in den Bereichen soweit als möglich nutzt, die für sich und ihre direkte Umgebung und nicht für das Ganze bestimmend sind. Hierarchisch bleiben lediglich die Funktionen grundsätzlicher Entscheidungs- und Steuerungsprozesse. Das ist allerdings eine Aussage, die unsere Baukultur im Ganzen berührt.

Der Planungs- und Realisierungsprozess des Projekts Haus am Strom kann die Grenzen der Funktionstüchtigkeit herkömmlicher Strukturen und ansatzweise Strategien zu deren Entwicklung aufzeigen:

- Ein System, das auf Funktionstrennung und Kontrolle beruht kann die Potentiale der Beteiligungsebenen nicht integrieren (Bedingungen des öffentlichen Bauens). Instrumente der Integration des Erfahrungswissens sollten auf allen Ebenen zu einem Zeitpunkt möglich sein, wo entsprechendes Wissen gefragt ist. Dies betrifft in erster Linie handwerkliches Erfahrungswissen, welches deshalb besonders interessant ist, weil es am Ende auch mit der Realisierung verknüpft ist (Gewährleistung).
- Ein integrales Konzept der frühzeitigen Beteiligung aller Projektteilnehmer (aus 1+1 wird mehr als 2) erfordert einen hohen Abstimmungsaufwand. Der Informationsfluss und die Einpassung der Beiträge in ein zusammenhängendes Konzept verlangen besondere Aufmerksamkeit. Diese sind verknüpft mit den formalen Bedingungen der Auftragsituation. Die einzelnen Planer sind verpflichtet zu einer einwandfreien Leistung auf der Grundlage der allgemein geltenden Regeln und nicht zum Erfolg des komplexen Ganzen.
- Planung ist Probehandeln. Regeln der Planung können immer nur für einen bestimmten Umfang an Möglichkeiten Gültigkeit haben. Das heißt, die mit dem Instrument der Planung vorstellbaren Handlungen müssen in der nachfolgenden Realität vorhanden sein.

Neue Entwicklungen und Möglichkeiten, die darin nicht enthalten sind, können natürlich auch geplant werden. Die damit verbundenen Schwierigkeiten sind aber nicht mit konventionellen Handlungsmustern vergleichbar.

- Die arbeitsteilige Realisierung eines Projektes funktioniert im allgemeinen reibungslos, soweit die Prognosen auf Handlungsmustern basieren, die von allen geteilt werden. Die Prognosen sind riskant, wenn Handlungsmuster erfunden werden müssen.
- Innovation ist ein Prozeß, der per se sichere Prognosen erst im Nachhinein zuläßt. Innovation ist in hohem Maße mit prototypischem Handeln und Ergebnis verbunden.

Schließlich - um die gemachte Erfahrung mit zukünftigem Handeln verknüpfen zu können – wird auch die Realisierungsphase charakterisiert. Damit zeigen sich verschiedene Probleme, die einer weiteren Entwicklung bedürfen. Auch wollen wir nicht verschweigen, dass es Probleme gab, die auf jeder Baustelle vorkommen. Möglicherweise hängen auch solche Probleme mit einer bestimmten Auffassung von Planung zusammen.

- Die Funktion der Bauleitung – ein mögliches Entwicklungsfeld für eine andere Realisierungsstrategie? Der Bauleitung als Mittler zwischen Theorie und Praxis kommt eine Schlüsselrolle zu, die zwischen dem Erfahrungswissen, den daraus sich ergebenden Realisierungsmöglichkeiten und den innovativen Zielen konstruktiv vermitteln kann. Die Bewertung neuer Möglichkeiten auf der Basis des Erfahrungswissens ist beschränkend, wenn dieses nicht in die Entwicklung neuer Handlungsmuster eingehen kann.
- Integration der handwerklichen Kompetenz steht im Widerspruch mit einer öffentlichen Vergabepraxis. Da der ausführende Betrieb erst nach einem Ausschreibungsverfahren feststeht und dieses Verfahren nur auf der vollständigen Kenntnis der Leistungen durchgeführt werden kann, sollten die einschlägigen Entscheidungen alle bereits gefällt sein, wenn der Handwerker in Erscheinung tritt. Dass danach verschiedentlich auf Vorschläge des Handwerkers eingegangen wird, entspringt nicht der Einrichtung eines intelligenten Verfahrens. Ergebnis ist, dass die Planer eigentlich alles wissen müssen und der Handwerker als mehr oder weniger unmündiger Erfüllungsgehilfe fungieren darf.

Vorschläge zu einer Entwicklung wären beispielsweise im Bereich der Kommunikationsstrategien und Rollenverteilung innerhalb des Teams, der vertraglichen Bindung und damit der Orientierung aller Planer in Bezug auf die Aufgabe (= das komplexe Ganze), der Integration handwerklichen Erfahrungswissens, insbesondere der Produktionstechnologien, zu machen. Das zukünftige Team ist vorstellbar als ein mäßig hierarchisch gegliedertes Team. Hierarchien entsprechen darin der Bedeutung des professionellen Feldes im Projektzusammenhang und sind in erster Linie Entscheidungsstränge. Auf die Einrichtung sinnvoller Kommunikationsstrukturen ist in erster Linie in bezug auf den Informationsfluß, die Informationsgarantie und die damit verbundene Qualitätskontrolle, auf die zeitlichen Verläufe und die Gestaltung der Verbindlichkeiten der Kommunikation zu achten. Alle Projektteilnehmer definieren auf Ihrem Feld das Projekt originär, parallel, vernetzt, grenzübergreifend und mit zunehmender Schärfe.

Das Thema Kommunikation und wie kommt man zu einer integrativen Kooperation, dazu die Frage, wie entsteht Innovation von Bauteilen, technischen Konzepten, Räumen und Gestalten ist aus Sicht des Verfassers das am meisten unbeackerte Feld des nachhaltigen Bauens.

Elemente der Aufgabenstellung – ihre Funktion und Interpretation

Ein weiterer Acker, der in diesem Zusammenhang zu bestellen wäre, ist der Bereich der Fragestellungen, die das Konzept eines Projektes betreffen. Wie entsteht ein Konzept? Wie wird es fortentwickelt?

Meist existiert ein Konzept wie das des Haus am Strom als eine Idee mit einem Feld von Möglichkeiten. Das eigentliche Konzept ist am Anfang noch nicht konkret ausgearbeitet. Das hat zur Folge, dass die Vorgaben weich sind und der Konzeptinput relativ weit in die Planungsphase hineinreicht, weil nicht nur das Konzept für Nutzung, Raum und Architektur gleichzeitig betrieben werden, sondern parallel dazu auch Betreiberkonzepte erstellt oder betriebswirtschaftliche Konzepte erarbeitet werden. Zumindest trifft dies auf das Haus am Strom zu. Der Verfasser will damit nicht sagen, dass die anhaltende Flüssigkeit eines Konzeptes nicht vorteilhaft sein kann, sondern es geht darum, wie dieser Prozeß zeitlich und fachlich inhaltlich abgewickelt wird. Im Grund genommen muß auch dafür ein Team kooperieren und kommunizieren, wie es für die Planung bereits beschrieben wurde. Dieser Bereich, der im Wesentlichen Bauhermaufgaben umfaßt, die dieser selbstverständlich vergeben kann, ist meist personell und/oder professionell unterbesetzt. Auch hier wären Vorschläge zu machen, wie man qualifiziert zum Konzept kommt, beispielsweise über die Analysen zum relevanten Wissen, zu Parallelfällen. Wo sind die Schwachstellen des Konzepts und wo die Potentiale? Die Vergleichbarkeit ist darzustellen, um Unterschiede deutlich zu machen, die innovativ sein könnten. Der Neuigkeitswert von Lösungsansätzen, Fragestellungen, etc. und die Effektivität, d.h. die Fragen, wie gut sind die gefundenen Ideen und Ansätze hinsichtlich der beabsichtigten Zwecke, Ziele und Mittel sind herauszustellen.

Ein grundsätzlicher Vorschlag zur Bewältigung der Entwicklungsaufgaben in einem Prozess ist die frühzeitige Definition von wesentlichen Kriterien oder Thesen, welche die Qualität der Lösungen auf ihrer jeweiligen Stufe abzufragen erlaubt. Dabei reicht es nicht aus die Nachhaltigkeit aller Lösungen zu fordern. Es müssen schon spezifischere Kriterien entsprechend des Vorhabens, des Standortes und der wirtschaftlichen Möglichkeiten gefunden werden.

Konzeptionelle Fragestellungen und ihre realisierten Antworten

Anhand konkreter Beispiele vom Haus am Strom lässt sich innerhalb der Realisierung vielleicht aufzeigen, was aufgetretene Probleme und nicht realisierte Elemente mit den verpflichtenden und gewohnten Verfahrensweisen (Kommunikation und Kooperation) zu tun haben. Reibungsverluste entstehen nicht, weil die jeweilig betroffenen Planer keine Vorstellung von dem hätten, was zu erzielen sein sollte. Auch ist es menschlich, wenn Fehler entstehen. Dies sollte aber nicht darüber hinweg täuschen, dass in diesem Bereich eine Theorie fehlt, die uns in die Lage versetzt beispielsweise Innovation zu erzeugen oder zu bewältigen, interdisziplinäre Lösungen zu entwickeln, Rollen innerhalb eines Teams konsequent wahrzunehmen, bezogen auf das professionelle Feld ebenso wie auf die rollenbezogene Überschreitung der professionellen Grenzen. Gerade letzteres ist ein Feld der Innovation, wenn Fachleute aufeinandertreffen, die in der Lage sind aufgrund ihrer Rolle grenzüberschreitend zu denken ohne dabei die Position des anderen einzunehmen.

Die Frage der bauphysikalischen Ausbildung der Bauteile der Außenhülle wurde oben bereits angesprochen. Diese Frage berührt ein grundsätzliches und sehr häufig vorkommendes Missverständnis solcher Projekte. Es ist immer wieder die Rede von beispielhaften Ausführungen wärmedämmender Konstruktionen oder haustechnischer Systeme. Es ist eine wichtige Frage, was an einem solchen Projekt beispielhaft, modellhaft, innovativ und natürlich umweltverträglich und nachhaltig ist.

Zwei konkrete Fragestellungen sind beim Haus am Strom aufgetaucht, die sich mit Nachhaltigkeit in Verbindung mit der Kommunizierbarkeit der Lösungen beschäftigt haben. Das eine war der bauphysikalische Standard der Hüllenbauteile. Das andere war die Verwendung von technischen Einrichtungen zur Solarstromerzeugung. Diese Verbindung eines baulichen Stan-

dards mit dem, was kommuniziert werden soll, ist wesentlich spezifischer als Kriterium der Nachhaltigkeit als die einfache Forderung nach diesem Standard. Für eine außerschulische Umweltbildungseinrichtung ist die eigentliche Herausforderung nicht, welchen Standard sie realisiert, sondern wie sie diesen vermittelt.

Die Hüllenbauteile könnten unter dem Gesichtspunkt der Gesamtbilanz an diesem Standort wesentlich materialsparsamer ausgestattet sein. Genaugenommen ist das eine nachhaltige Lösung, wenn sichergestellt ist, dass der Aufwand für Herstellung und Betrieb so gering als möglich ist. Wenn ohnehin Abwärme zur Verfügung steht, so könnte die Nutzung dieser Abwärme günstiger sein als die Nutzung der bereits verbrauchten Herstellungsenergie des Dämmstoffes. Das sind Zusammenhänge, die schwer vermittelbar zu sein scheinen, auch wenn sie rational sind und ein erhebliches Potential an möglichen Entwicklungen aufweisen.

Ein Anderes war die Frage, ob das Haus am Strom mit technischen Einrichtungen zur Stromgewinnung aus Sonnenlicht ausgestattet werden sollte. Eigentlich wird der Strom des Kraftwerks bereits verbraucht. Das Haus am Strom kann regenerativ an dem mit Wasserkraft gewonnenen Strom gar nichts nutzen, wenn nicht irgendwo dieser zusätzliche Stromverbrauch nachweislich regenerativ erzeugt wird. Andererseits wäre es kaum verständlich, warum neben einem Wasserkraftwerk teure Solartechnik zur Stromgewinnung eingesetzt wird.

Die hier gefundene Lösung, im vernetzten Projektieren das Kraftwerk mit einer neuen Technologie auszustatten, die es erlaubt hätte Stromgewinne zu erzeugen, die dem Haus am Strom zugute gekommen wären, ist leider nicht zustande gekommen. Das wäre für das Projekt eine der nachhaltigsten Lösungen gewesen. Auch das ist schwer vermittelbar und – wie zu sehen ist – noch schwerer realisierbar.

In der Entwicklungsphase war daran gedacht, die Ausbildung von Glasstößen in einer Ganzglasfassade energetisch zu untersuchen und Vorschläge für deren Verbesserung zu ermitteln. Das schien uns ein naheliegendes Vorhaben als Entwicklung am Material Glas als erstarrte Flüssigkeit. Es ist schließlich nicht zu einer nennenswerten Entwicklung gekommen, obwohl dafür Potentiale vorhanden waren. Es wäre möglich gewesen, in Zusammenhang mit den Herstellern prototypisch eine Lösung zu entwickeln. Dazu hätte es der Bindung eines Auftragnehmers unter Ausschluß der Vergaberichtlinien bedurft. Die Prüfung eines solchen Verfahrens haben wir in Bezug auf verschiedene Themen bis zur negativen Entscheidung bei der Regierung von Niederbayern vorangetrieben. Darunter befand sich auch die Ausbildung und Erstellung der Glasfassaden.

Ein anderes Beispiel für eine fehlende stufenweise Entwicklung unter konzeptionellen Kriterien ist die Realisierung des Wasseraufzuges. Eine interessante Idee wurde ziemlich früh in das Projekt eingebracht. Im Büro des Architekten wurden hierzu kostenneutral erste physikalische Berechnungen angestellt, die Aussagen dazu liefern sollten, ob ein solcher Aufzug funktionsfähig ist, in welcher Zeit die Höhe zu überwinden sein und wieviel Wasser dafür in etwa nötig sein wird. Ein Funktionsmodell beeindruckte die Auftraggeber. Frühzeitige Vorschläge, Ingenieurbüros, den TÜV oder andere einzubinden, um den Aufzug schrittweise zu entwickeln, wurden nicht umgesetzt. Schließlich gab es eine Pauschalausschreibung, deren Ergebnis heute zu besichtigen ist. Auch damit will ich nicht sagen, daß die gebaute Lösung schlecht wäre. Es läßt sich darüber spekulieren, ob ein anderes Verfahren zu einem günstigeren Ergebnis geführt hätte. Aber es bleibt eine Frage, ob das Verfahren ein Hindernis bei der Entwicklung eines unter verschiedenen Gesichtspunkten gewichteten Konzepts in einem stetigen Entwicklungsprozeß war? Auch hier sollte das Verfahren des parallelen Inputs von Information aus verschiedenen Fachbereichen als Methode der Entwicklung gelten.

Diese Detailfragen sind sicher auch spezifische Fragen, die mit dem Projekt, der spezifischen Situation und den beteiligten Akteuren zu tun haben. Interessant zu reflektieren sind sie alle-

mal, weil die Erstellung solcher Projekte immer auch aus derartigen oder ähnlichen Fragestellungen besteht. Konzeptentwicklung und Planung befaßt sich mit komplexen Zusammenhängen der Sachverhalte, der wirtschaftlichen Situation, der Kommunikationsstrukturen, der möglichen Informationsqualität und -quantität. Lösungen die eindimensionale Probleme bewältigen sind selten unser Thema. Nachhaltiges Bauen ist insofern nicht mehr neu, als es eine Fülle von baukonstruktiven und technischen Lösungen dafür gibt. Das komplexe Zusammenfügen in bezug auf einen spezifischen Zweck in einer spezifischen Situation ist das, was hier zu diskutieren ist. Dafür brauchen wir mehr oder überhaupt Verfahrenstheorien. Dazu sind fertige Konzepte als Vorbilder oder Modelle ungeeignet, weil deren Anpassung an die Situation am Ende meist wichtiger ist als die Einzellösung selber.

Ich plädiere deshalb dafür, dass nicht die materiellen Lösungen die Vorbilder sein sollen. Ich halte es für wesentlich sinnvoller die dahinter liegenden Strukturen des Denkens, der Methoden und Techniken als die eigentlichen Vorbilder darzustellen. Das hat den Vorteil, dass aufgrund des erzeugten Verfahrens gleichwertige Lösungen mit anderen Fragestellungen gelingen können. Das hat den weiteren Vorteil, dass der Alterungsprozess der gefundenen Lösungen, den wir nicht kennen, relativiert wird, weil der Lösungsansatz mit jedem Anwendungsfall überprüft werden kann. Insofern sind auch hier die Formbildungsprinzipien die Analogien, auf denen wir den Vorschlag zur weiteren Entwicklung aufbauen. Wie entsteht etwas, ist die entscheidende Frage! Prozessdenken statt Faktendenken!

Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung des Vorhabens

Die Architektur

Bauen ist nicht nur ein materieller Prozeß, der nach quantitativen Kriterien optimiert werden kann. Form ist nicht allein eine Frage der Ästhetik. Der Effekt von Form und Gestalt ist hinsichtlich Nachhaltigkeit nicht quantifizierbar. Ob ein schönes Bauwerk langfristig existiert, weil es schöner ist als ein vergleichbares, ist nicht ermittelbar. Was aber zu untersuchen sein sollte, ist die Wirkung, die ein Bauwerk in der Öffentlichkeit erzielen kann. Bauwerke erfüllen in dieser Hinsicht eine Funktion, die man nutzen und entwickeln oder ignorieren und behindern kann. Dafür gibt es eine ganze Reihe an Beispielen und es wäre ein nützliches Unterfangen, wenn man außerschulische Bildungseinrichtungen nach diesem Kriterium auf ihre Breitenwirkung untersuchte. Das Haus am Strom konnte sich jedenfalls schon während der Bauzeit über mangelnde öffentliche Aufmerksamkeit nicht beklagen.

Ein zweiter strittiger Aspekt der Qualität eines Bauwerks ist dessen Haltbarkeit. Es wird behauptet, dass lange Haltbarkeit ressourcenschonend sein soll. Dies steht im Widerspruch zu einer Regel des bionischen Designs. Natürlich wurde auch das Haus am Strom nach den heutigen Vorstellungen von Haltbarkeit ausgeführt, aber bereits in der Diskussion der Ökobilanzierung ist es eine relevante Frage, wie lange ein Bauwerk halten soll. Dabei sind die Nutzungsveränderungen gar nicht einkalkuliert. Eine außerschulische Umweltbildungseinrichtung ist sicherlich der Gefahr ausgesetzt, rasch zu altern. Die Technologien, das Wissen, die Methoden entwickeln sich mit rasender Geschwindigkeit. Insofern ist es aus Sicht des Entwurfsverfassers auch ein wesentlicher Beitrag zur Nachhaltigkeit, ein Bauwerk zu errichten, das konventionelle Auffassungen überwindet. Das ist mindestens ein Versuch, längerfristig mithalten zu können.

Wenn die Frage der Form eines Bauwerks eine Relevanz im Zusammenhang mit der Diskussion von Nachhaltigkeit hat, dann haben wir eine Reihe von interessanten Lösungen aufzuweisen, von denen die eine oder andere eine Neuentwicklung des Planungsteams vom Haus am Strom ist.

Konstruktive Bauteile

Für die Diskussion der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Baukonstruktion haben wir uns zwei Schwerpunkte vorgenommen: 1. mit einfachen Mitteln Komplexität zu erzeugen und daraus folgend, 2. die Möglichkeit Vielfalt zu erzeugen. Wir erhoffen uns davon, einen rationalen Beitrag zur Diskussion von Form und Produktion zu leisten, als einen qualifizierenden Bestandteil unserer gebauten Umwelt.

Brettwerkschale

Die planerischen Parameter, die zur Definition einer Form gebraucht werden, sind einfach und überschaubar. Die Angaben sind mit konventionellen Methoden ebenso zu leisten, wie mit den vorstellbaren elektronischen Mitteln der Zukunft. Es ist beispielsweise vorstellbar, die Produktion der Schale als eine Rechenanweisung darzustellen, die direkt in einen Produktionsautomat eingegeben wird, der die Bretter zur Schale verarbeitet. Das heißt die Bandbreite möglicher Produktionstechnologien reicht von einfachen handwerklichen Verfahren bis zu vollautomatischen Vorfertigungstechniken. Das macht den Bau von der Qualität des Standortes und dem Vorhandensein bestimmter Technologien unabhängig. Die Verknüpfung mit anderen neuen Fertigungstechniken, z.B. mit der Blechdeckung, die von der Rolle zur Dachdeckung vor Ort gefertigt werden, sind naheliegend.

Das Angebot der neu entwickelten industriell gefertigten Materialien und Bauteile folgt zunehmend dem Prinzip der Veredelung. Die Entwicklung der Brettwerkschale war ein Weg in die Gegenrichtung. Ein immer gleiches Brett ist der Grundbaustein der Konstruktion. Dabei ist die Qualität des Einzelbrettes nebensächlich. Es findet bei der Herstellung der Bretter im Sägewerk kein Sortiervorgang statt. Theoretisch wäre es denkbar, trockene Baumstämme auf die Baustelle zu transportieren, dort mit einem geeigneten Gerät aufzuschneiden und direkt zu verarbeiten.

Auf den ersten Blick könnte man die Menge des Holzmaterials der Brettwerkschale für aufwändig halten. Deshalb eine Gegenüberstellung mit idealisierten Konstruktionen: Für eine gebogene Konstruktion mit der Scheitelhöhe von 140 cm und einer Spannweite von 10 m werden je qm Dachfläche für die Brettwerkschale 0,090 cbm und bei einer Leimbinderkonstruktion für Binder (16/16cm, e=125cm) und Schalung 0,051 cbm Konstruktionsholz benötigt. Dabei ist der Holzverbrauch bei der Herstellung der Baumaterialien nicht berücksichtigt. Für die Brettwerkschale gilt die Verwendung unsortierten und gehobelten Holzes. Für die Leimbinderproduktion müssen die Hölzer sortiert und gehobelt werden. Nicht berücksichtigt sind bei diesem Vergleich auch die zusätzlichen Veredelungsschritte bis zum fertigen Bauteil, wie beispielsweise das Leimen und Folgearbeiten für die Oberflächen.

Im Vergleich braucht eine ebene Brettstapelkonstruktion der gleichen Spannweite Konstruktionsholz von 0,230 cbm.

Mit der Technologie der Brettwerkschale ist ein Bauteil zu erstellen, welches in der Gesamtbeurteilung eine Reihe von Vorteilen bringt:

Die Schale selbst ist sehr dünn auszuführen, der Holzverbrauch im Vergleich zu anderen Konstruktionen günstig. Dennoch entsteht ein quasi massives Bauteil mit entsprechenden material-spezifischen Massequalitäten. Es entsteht eine durchgehende Auflagerfläche, z.B. für die vollflächige Auflage von Dachdichtung und Wärmedämmung. Dafür sind keine eigenen konstruktiven Materialien einzubauen. Die Dachdeckung als Blechdeckung kann direkt auf die Wärmedämmung aufgebracht und mit der Brettwerkschale verbunden werden.

„In der Eigenschaft der „dicht an dicht“ vernagelten Bretter gibt es scheinbare Parallelen zur Brettstapelbauart. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Konstruktionen besteht jedoch in der prinzipiell unterschiedlichen Lastabtragung: Das Brettwerk kann als Bogen- oder Scha-

lentragwerk den Vorteil überwiegender Normalkraftbeanspruchung nutzen. Es trägt die einwirkenden Lasten vorwiegend über Druckkräfte ab, während beispielsweise eine Deckenkonstruktion aus Brettstapelelementen ausschließlich auf Biegung beansprucht wird und daher hinsichtlich möglicher Spannweiten in einem ganz anderen Anwendungsbereich rangiert.

Im Brettstapel funktionieren die Bretter weitgehend als selbständige Tragelemente. Der Stoß einzelner Bretter ist hier grundsätzlich möglich, erfordert jedoch eine Lastumlagerung auf benachbarte Bretter, die dann entsprechend höher beansprucht werden. Im Brettwerk dagegen sind die Brettstöße von vornherein Programm. Die inneren Kräfte werden planmäßig von Brett zu Brett übertragen (als Teamwerk). Die Strukturen der Anordnung der Bretter entspricht im Prinzip der von Mauerwerk (Verband)“ Zitat aus (BmH00)

Nach unseren Kenntnissen ist diese Konstruktion hier zum ersten Mal realisiert worden. Die Bereitstellung vergleichbarer Konstruktionen zum Vergleich mit der Brettwerkschale kommt einer vielfachen Ausführungsplanung gleich. Intensive Vergleiche mit anderen Konstruktionen über das oben dargestellte hinaus waren deshalb innerhalb dieses Projektes zu aufwändig. Dieses müsste an anderer Stelle geleistet werden.

Druckstrebensystem

Voraus gesetzt, man hält die Möglichkeit vielfältige komplexe Raumformen zu erzeugen für ein wesentliches positives Element unserer gebauten Umwelt, außerdem voraus gesetzt, man betrachtet die entstehende räumliche Qualität sowohl des Gebäudes wie der dadurch im Umfeld entstehenden Situation als ein Kriterium der Nachhaltigkeit, z.B. weil solche Bauwerke ein langes Leben haben werden (Denkmalschutz?), dann ist eine Erfindung, die im Haus am Strom entwickelt wurde eine nachhaltige Innovation.

Durch die Fragestellungen, welche die frei geformte Südseite der Dachkonstruktion des Ausstellungsbauwerkes aufgeworfen hat, wurde ein Druckstrebensystem gefunden, das alle Formen mittels eines einfach zu planenden, vorzufertigenden und zu montierenden Systems auszustatten erlaubt. Es ist ein Baukastensystem denkbar, indem lediglich die Dimensionierung der Einzelteile an die jeweilige Situation anzupassen wäre (z.B. über Tabellen). Das Bauprinzip der Einzelteile und das Konstruktionsprinzip des Ganzen kann immer gleich sein.

Energiekonzept

Auch wenn die Schwerpunkte der Themen, die wir als Beitrag zum nachhaltigen Bauen zu bieten haben, anders liegen, so wurde doch das Bauwerk mit einem ausgeprägten energetischen Konzept versehen.

Dieses besteht aus

- einer bauphysikalischen Ausstattung der Bauteile der Gebäudehülle, welche die damals geltende WSVO unterschreiten;
- aus einer Fassadengestaltung, die mittels Gebäudesimulation in ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den gestalterisch-räumlichen Vorstellungen, den Belangen des Energieeintrages und –verlustes über das Glas, sowie den wirtschaftlichen Belangen der Baukosten, gebracht wurde;
- aus einem Energienutzungskonzept, welches die vorhandene Abwärme und erneuerbare elektrische Energie des Wasserkraftwerks zugrunde legt;
- sowie einem Lüftungskonzept, welches auf die Abwärmenutzung abgestimmt ist und mit Wärmerückgewinnung funktioniert.

Die hier darzustellenden Dinge sind nicht wesentlich neu. Deshalb soll es bei der oben genannten Aufzählung und dem nachfolgenden Nachweis der Energiesparsamkeit des Gebäudes bleiben.

Wärmebedarf

Das Projekt wurde im Sommer 2000 eröffnet. Die Planung basiert auf der Wärmeschutzverordnung 1996. Das ist die für den Planungszeitraum gültige Verordnung. Allerdings wurde für das Energiekonzept bereits zum Zeitpunkt der Planung eine 30-prozentige Verbesserung zur gültigen Verordnung in Aussicht gestellt.

Die k-Werte der realisierten Bauteile sind folgende:

Bauteilgruppe	k-Wert Planung (W/m ² K)	Bauteil	k-Wert Realisierung(W/m ² K)
Außenwand	0,24	Holzständerwand Fisch	0,171
		Fassade Ei	0,196
Fenster	1,2	Fenster	1,4
Dach	0,17	Dach Fisch	0,141
Boden/Wand gegen Erdreich	0,28	Boden/Erdreich	0,233
		Wand/Erdreich Fisch	0,236
		Wand/Erdreich Ei	0,193
		Wand/Erdreich Foyer	0,233

Der Wärmebedarfsausweis nach § 12 der Wärmeschutzverordnung weist für das Ausstellungsbauwerk Fisch, einen berechneten Heizwärmebedarf von 31,5 kWh/(m²a) im Vergleich zum zulässigen Bedarf von 62 kWh/(m²a) aus. Für den Gebäudeteil Ei wird ein berechneter Bedarf von 37,0 kWh/(m²a) im Vergleich zu zulässigen 68 kWh/(m²a) angegeben.

Maßnahmen zur Verbreitung der Ergebnisse

Es gibt bereits eine Reihe von Maßnahmen zur Veröffentlichung der Ergebnisse. Dabei wurden die Wege des Zufalls und systematische Wege beschrrieben. Folgende Veröffentlichungen sind bereits erschienen:

Während der Entwicklungs- und Realisierungsphase:

- „Das Haus am Strom - Ökologie und Architektur“ 4-seitiger Beitrag in „Innovationen, Chancen und Modelle für die Zukunft“ Hrsg. WWF Deutschland und Pro Futura GmbH 1998
- „Planungsvorbild Natur“ VDI – Nachrichten, 18.2.00

Das fertige Projekt wurde dargestellt:

- „Haus am Strom – Neubau eines Umweltbildungszentrums bei Passau“ Bauen mit Holz 9/2000
- „Haus am Strom – Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften“ Bundesbaublatt 9/2001
- „Umweltbildungszentrum Jochenstein“ Informationsdienst Holz, Dokumentation Holzbauten in Bayern 37
- „Haus am Strom – Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften“ glasforum 11/02, monatliche Beilage in GFF Zeitschrift für Glas, Fenster, Fassade 11/02

Parallel zu diesem Abschlußbericht erscheint im März 2003 eine Buchdokumentation. Der Charakter dieses Buches soll eine größere Zielgruppe der Besucher des Haus am Strom ansprechen. Darin sind in allgemeinverständlicher Sprache alle Bestandteile des Projektes kurz erläutert und fachspezifisch wichtige Dinge im Einzelnen dargestellt. Die Dokumentation enthält auf etwa 100 Seiten viel Bildmaterial zum Thema. Mit Bild und Text verbinden wir die Hoffnung, daß das Anliegen des Projektes Verständnis und Verbreitung findet. Auch wenn die Darstellungstiefe nicht für eine Übernahme der Ergebnisse geeignet ist, so sind doch genügend

Hinweise dazu vorhanden, auf welchen Überlegungen das Ganze beruht, welche Entwicklungen entstanden sind und wie sie fortgeführt werden können.

Vom Haus am Strom lernen – Fazit

Theorie statt Konvention

Moderne Bauwerke werden durch die Entwicklung von Material, Konstruktion und Technik immer komplexer. Auch das Haus am Strom weist eine erhebliche Komplexität auf. Dies bedeutet zunehmende Ansprüche an Planungsmethoden. Die Versuche beim Haus am Strom den Planungsprozeß zu intensivieren, z.B. über die frühzeitige Einbindung aller Planer bereits im Vorentwurfsstadium hat auch gezeigt, daß wir neue Planungsmethoden brauchen, z.B. integrale Planung als schrittweise (iterative) Entwicklung der zunehmenden Konkretisierung der Detaillösungen auf allen Ebenen und in allen Fachbereichen.

Es gibt bisher keine ausgeprägte Kommunikationstheorie, die Konzepte der Zusammenarbeit bereitstellt. Emergenzphänomene (das zufällige Erscheinen von Lösungen), wie sie bei der Konzeptentwicklung auftreten, die Beschreibung der nichtlinearen Entwicklung von Planung (z.B. in assoziativen Verknüpfungen statt hierarchischer Abfolge), Anleihen aus der Fuzzy Logic (unscharfe Kriterienbildung) in Bezug auf die Entwicklung von Entscheidungsprozessen sind Stichworte für die Entwicklung einer Kommunikationstheorie der Planung, die sich auf neue und bereits bewährte Konzepte aus anderen Wissenschaften stützen könnte.

Form und rationale Produktion

Orthogonale Strukturen sind nicht per se rationale, d.h. sinnvolle und dem Zweck der Produktion und der Nutzung angepaßte Strukturen. Mit fraktalen und hydropneumatischen Strukturen, mit den Prinzipien der Bifurkation (Entscheidungsprozeß in der Chaostheorie) und der Nichtlinearität können wir möglicherweise unsere rationalen, weil abgestimmten oder abstimmbaren Produktionsmöglichkeiten vergrößern und damit eine Vielfalt der Konstruktionsweisen zugunsten optimierter Lösungen und einer abwechslungsreich gestalteten baulichen Umwelt erzeugen. Heute ist die industrielle und handwerkliche Produktion in bezug auf die technischen Mittel und die fachlichen Kenntnisse der Beteiligten Produktionsmittel und Produzenten im Bausektor auf die Rechtwinkligkeit der Anschlüsse konzentriert. Morgen sind mit Hilfe der neuen Informationstechnologien und wissenschaftlichen Kenntnisse andere geometrische Muster vorstellbar.

Entwicklung der Brettwerkschale

Die produktionstechnische Entwicklung der Brettwerkschale hinsichtlich der Vorfertigung wurde in unserem Büro während der Planung vielfach diskutiert. Entsprechende Vorschläge konnten innerhalb des Realisierungsprozesses nicht umgesetzt werden. Die Brettwerkschale könnte in bezug auf die Untersuchung ihrer Vorteile gegenüber anderen Konstruktionen und ihrer Vorfertigungsmöglichkeiten in einem anderen Projekt weiter entwickelt werden.

Literaturliste

- BBB01 ZEBE, H.-C. Haus am Strom - Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften in Bundesbaublatt 9/2001, hrsg. von BMVWB, Bauverlag, Wiesbaden
- BmH00 JACOB, S. Haus am Strom in Bauen mit Holz, Heft 9 September 2000, Bruderverlag, Karlsruhe
- Div94 Diverse in Arch+121, Die Architektur des Komplexen, Aachen 1994
- Doe97 DOERNER, D. Die Logik des Misslingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen, rororo science, Reinbek 1997
- GFF02 WOLF, E. Haus am Strom - Zentrum für nachhaltiges Wirtschaften in glasforum, monatliche Beilage in Zeitschrift für Glas-Fenster-Fassade, Heft 11 November 2002, Verlag Karl Hoffmann, Schorndorf
- Gio94 GIOT, P.R. Vorgeschichte der Bretagne - Menhire und Dolmen, Edition JOS, Chateaulin, 1994
- Gla89 GLADKIN, M.I., KORNIEZ, N.L. u.al. Mammutknochen - Behausungen in der russischen Ebene in Siedlungen der Steinzeit, Verlag Spektrum der Wissenschaften, 1989
- Gut90 GUTMANN; F.W. Die Jatromechanik, ein Modell für das Zusammenspiel von Biologie und Architektur in Der umgekehrte Weg, Frei Otto zum 65.Geburtstag, Verlag Rudolf Müller, Köln 1990
- Hel84 HELMCKE, J.-G. Diatomeen I - Schalen in Natur und Technik, IL 28, Krämer Verlag, Stuttgart 1984
- Klo1991 KLOTZ, H. Von der Urhütte zum Wolkenkratzer - Geschichte der gebauten Umwelt, Prestel-Verlag, München 1991
- Kwi93 KWINTER, S. Das Komplexe und das Singuläre in Arch+ 119/120, Aachen 1993
- Mur93 MURPHY, P. u. NEILL, W. By Nature's Design, Chronicle Books, San Francisco 1993
- Nac97 NACHTIGALL, W. Vorbild Natur - Bionik-Design für funktionelles Gestalten Springer Verlag, Berlin-Heidelberg 1997
- Ser00 SERNETZ, M. Die fraktale Geometrie des Lebendigen in Spektrum der Wissenschaften, Heft Juli 7/2000
- Sha91 SCHAUR, E. Ungeplante Siedlungen, IL 39, Kärmer Verlag, Stuttgart, 1991
- Shw95 SCHWENK, T. Das sensible Chaos, Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart, 9.Auflage, 1995
- Stu01 STÜRZBECHER, V. Bilder, die sich selber malen in Spektrum der Wissenschaften April 4/2001
- Tei96 TEICHMANN, K. und WILKE, J. (Hrsg.) Prozeß und Form natürlicher Konstruktionen - Der Sonderforschungsbereich 230, Verlag Ernst&Sohn, Berlin 1996
- Tre97 TREFIL, J. Physik in der Berghütte - von Gletschern und Gestein, rororo science, Reinbek, 1997
- Vir94 VIRILIO, P. Schwerkraft-Raum, P.V. im Gespräch mit Laurence Louppe und Daniel Dobbels in Arch+124/125, Aachen 1994
- WWF97 Umweltstiftung WWF (Hrsg.) Bionik: Natur als Vorbild, Pro Futura Verlag München, 1997