

Ingenieure realisieren Visionen

## Der Erweiterungsbau für die Akademie der Bildenden Künste München

■ ■ ■ von Alexander Brachmann und Christian Wendlandt

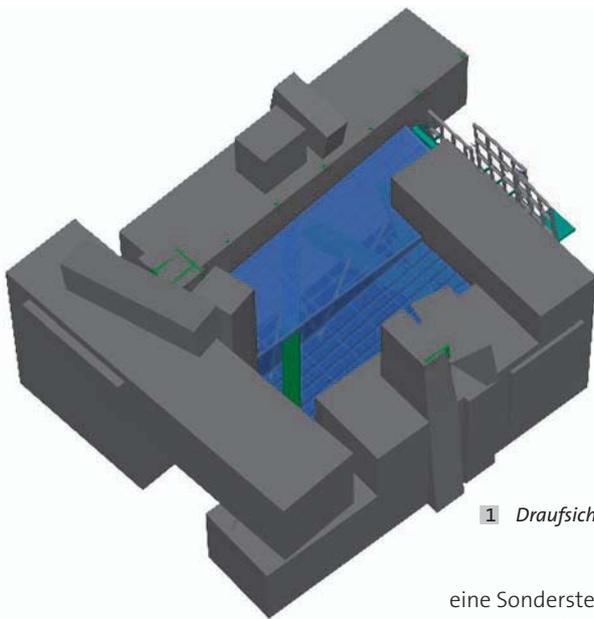
Mit dem Erweiterungsbau der Akademie der Bildenden Künste entstand nach dem Entwurf des Architekturbüros Coop Himmelb(l)au, Wien, eines der spektakulärsten Neubauprojekte der Stadt München. Der Tragwerksplaner war dabei mit innovativen Denkansätzen, Verformungssituationen schwingungsanfälliger Bauteile und der Bereitschaft, Tragwerk als »Skulptur« zu verstehen, außerordentlich gefordert.

### Aufgabenstellung

Planungsaufgabe war es, die bestehende, im Laufe der Zeit zu klein gewordene Akademie der Bildenden Künste München durch einen Neubau, der auch eine konzeptionelle Erneuerung der Akademie signalisieren soll, zu erweitern. Der Neubau ersetzt zugleich die ehemalige Steinbaracke westlich des Hauptgebäudes. Der von Coop Himmelb(l)au im Stile des Dekonstruktivismus entworfene Erweiterungsbau der Akademie nimmt innerhalb des stadträumlichen Systems

### Vom Modell zur Wirklichkeit

Die auskragenden Gebäudeteile werden über diagonale Stahlstreben im Gebäude rückverankert, ähnlich einem überdimensionalen Fachwerkträger. So scheinen die Bauteile teilweise zu schweben. Eine unverzichtbare Stützung unter dem zweigeschossigen Querriegel vor dem Akademiegarten ist so minimiert worden, dass sie kaum mehr wahrgenommen wird und somit dem Baukörper fast »Flugeigenschaften« verleiht. Das Glasdach über dem Innenhof wird von einem Fachwerkträger, der die Halle in Nord-Süd-Richtung überspannt, getragen. Die beiden Dachhälften sind windschief gegeneinander geneigt, so dass ein Knick in der Dachfläche entsteht. Einer der fünf Stahlstege, die durch die umschlossene Glashalle einzelne Gebäudeteile vernetzen, durchdringt den im Dachsprung integrierten Fachwerkträger und verbindet so die Halle mit einer im Außenraum liegenden Terrasse. Das freistehende Glasschild vor der Südfassade mit 23,5 m Höhe und einer Glasfläche von ca. 375 m<sup>2</sup> hat keinen Kontakt zum Gebäude und betont mit seinem massiven, 16 m hohen Stahlportalrahmen und Stützendurchmessern von > 1 m den Haupteingang. Wegen der Komplexität des Bauwerkes und des vielfach verspringenden Höhenniveaus wurde es erforderlich, die gesamte Planung an einem computer-gestützten 3-D-Modell zu orientieren. So gab es für jeden Punkt des Gebäudes eine Definition mit drei Koordinaten, die dann nach Einarbeitung in die Ausführungsplanung 1:1 in die Ausführung übernommen werden konnten. Die Draufsicht des EDV-Gebäudemodells zeigt deutlich, dass die einzelnen Baukörper wie übereinander geschachtelte Prismen angeordnet sind (Abb. 1).



1 Draufsicht 3-D-Modell

eine Sonderstellung ein. Die offene Figuration der skulpturalen Baukörper wird durch eine lebendig changierende, schimmernde Metall- und Glasfassade hervorgehoben und so als Besonderheit innerhalb der verschiedenen Stadträume signifikant gemacht.

Durch die Verglasung des zentralen Innenhofes entsteht eine halböffentliche Halle, die die wie Prismen übereinander geschichteten Baukörper mit ihren unterschiedlichen Nutzungen zu einer Einheit zusammenfügt und den Gebäudekomplex in energetischer Hinsicht wirtschaftlicher (Pufferzone, Wärmespeicher) macht.

Neben der Aufgabe, das Gebilde zum »Tragen« zu bringen, stand für die Tragwerksplanung dabei im Vordergrund, den Ausdruckswunsch der Architekten zu unterstützen und die Entwurfsvision gemeinsam zu verwirklichen.

## Statisch-konstruktive Besonderheiten

### Integrierte Fachwerkssysteme:

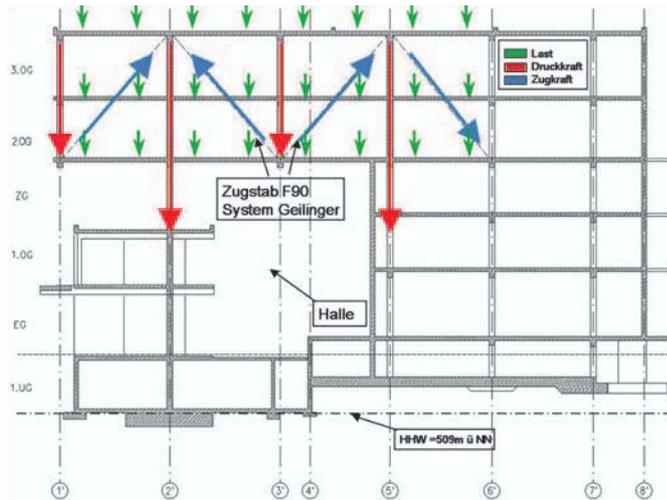
Die Vorgabe des Entwurfs lautete: Einzelne Baukörper sollen weit auskragend und »schwebend« in den Raum ragen, gleichzeitig dürfen keine Wandscheiben zur Kraftweiterleitung verwendet werden. Gefordert war eine luftige Skelettbauweise.

Zur Umsetzung dieser Vorgabe werden die auskragenden Bauteile über Stahldiagonalen rückverankert. Das statische System entspricht einem Fachwerkträger wie bei Brückenbauwerken. Die Fachwerkdiazagonalen werden als reine Zugglieder in Stahlverbundbauweise ausgeführt, Ober- und Untergurt des Fachwerkträgers werden von den Geschossdecken gebildet.

Die Besonderheit der Stahldiagonalen besteht zum einen in der hohen aufzunehmenden Last von 1.100 kN und zum anderen in der F-90-Anforderung für den Brandschutz. Brandschutzanstriche für Zugglieder sind nicht zugelassen, da die Schutzschicht unter der sich im Brandfall einstellenden Dehnung des Stahls reißen würde. Bei den gewählten Elementen System »Geilinger« wird das tragende Stahlzugglied mit einem Betonmantel gegen Brandeinwirkung geschützt. Um ein Abplatzen des Betonmantels zu verhindern, wird dieser wiederum durch ein außen liegendes Stahlrohr gehalten, das gleichzeitig als Schalung dient.

Die statische Funktionsweise ist in Abbildung 2 kurz erläutert: Die einzelnen Geschossdecken spannen jeweils von Unterzug zu Unterzug. Über die senkrechten Stützen (rote Pfeile) und die Unterzüge wird die Last (grüne Pfeile) in die Geilinger Stützen weitergeleitet (blaue Pfeile) und von dort in die bis zur Gründung durchgehenden Bauteile geführt (rote Pfeile). Der Stützbock unter der Auskragung wird aus gestalterischen Gründen optisch zurückgenommen und in den Abmessungen minimiert, um so den schwebenden Eindruck des Baukörpers zu erhalten. Die Lastkonzentration für den Stützbock ist erheblich und führte zu einer Ausführung der stützenden Teile in B55, 40 cm × 40 cm, Bewehrung  $d = 40$  mm im Mindestabstand.

In der Zusammenarbeit mit den Architekten war die Gestaltung dieser zurückgenommenen Stützelemente ein ganz wesentlicher Punkt. Es galt für uns, die Möglichkeiten der Tragwerksplanung vollständig auszuschöpfen, um die Vision der Architekten zu verwirklichen (Abb. 3; 4).



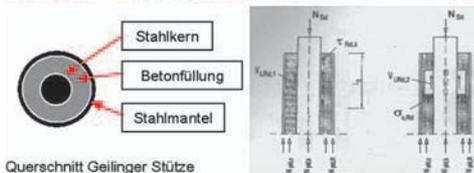
2 Kräfteverlauf im »fliegenden Prisma«



3 Stützenminimierung für »schwebende« Baukörper



4 Brückenfachwerk für auskragende Bauteile



Querschnitt Geilinger Stütze

## 5 Knotendetail für die Zugdiagonalen

Die Knotenausbildung dieser Fachwerk-systeme, die Krafteinleitung vom Stahl in die Betonbauteile und die Koordination von Einbauteilen und Bewehrung lassen sich an Abbildung 5 ablesen.

Glasdach über dem Atrium:  
Der von den U-förmig angeordneten Bauteilen 1–3 gebildete Innenhof soll als lichtdurchflutetes Atrium genutzt werden und gleichzeitig aus Sicht der Bau-physik als Wärmepufferzone fungieren. Hierzu musste ein Tragsystem gefunden werden, das trotz der zu erwartenden Bauteilbewegungen, z. B. aus Temperatur, keine inneren Zwängungsspannungen aufbaut.

Als Primärkonstruktion wurde ein schwimmend gelagerter Trägerrost gewählt. Der Fachwerk-Hauptträger in Hallenmitte ist als einziges Element des Glasdachs horizontal gehalten. In Ost-West-Richtung dient dieser Träger als neutrale Achse, so dass die Bewegungen gleichmäßig auf den Dachrand verteilt werden und der Bewegungsweg mini-miert wird. In Nord-Süd-Richtung ist der Träger am Nordende fixiert, am Süden-de ist er in Längsrichtung verschiebbar, in Querrichtung fest gelagert. Am Hallendachrand werden umlaufend allseits verschiebbare, gesondert ent-wickelte Kalottenlager eingesetzt. Dies gewährleistet eine ungehinderte hori-zontale Verschiebbarkeit zum Ausgleich von Temperaturdehnungen sowie eine Verdrehbarkeit zur Aufnahme der Biege-verformungen des Trägerrostes.

## 6 Montagezustand Fachwerkträger Glasdach



Aber auch hier steckte der Teufel im De-tail: Neben der beschriebenen allseitigen Verschiebbarkeit galt für die Lagerungs-punkte außerdem die Anforderung, dass sie wartungsfrei (hinter der Verkleidung) sein mussten und wegen der vergleichs-weise geringen Horizontalsteifigkeit der angrenzenden tragenden Massivbauteile keine Rückstellkräfte in die Konstruktion einleiten durften.

Zum Einsatz kamen Kalottenlager des Herstellers Federal Mogul mit der Mate-rialbezeichnung »deva 101«. Die Gleit-fähigkeit gleicht der von Teflonbeschich-tungen, die Oberflächen haben jedoch keinen nennenswerten Verschleiß. Auf-lager C in Abbildung 6 zeigt die geson-dert entwickelte Edelstahl-Konsolle, die neben der genannten Gleiteigenschaft auch die Gabellagerung des Hauptträ-gers für die Dachkonstruktion sicherstel-len muss.

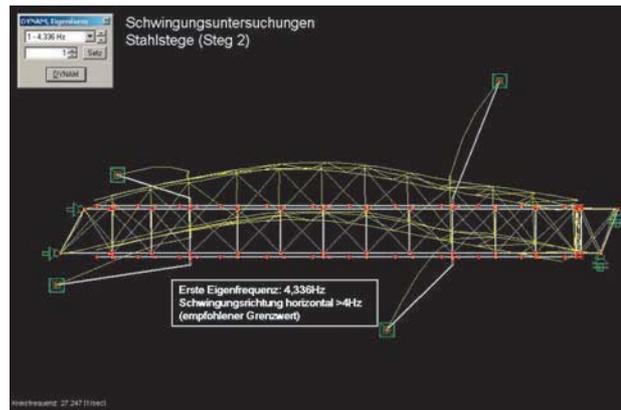
Das Glasdach selbst erhält ungewöhn-lich große Auflasten aus »Schneesackbil-dung«, ist begehbar und wirkt trotz des vergleichsweise massiven Trägerrostes sehr transparent. Die Glasflächen sind ohne Sekundärträger auf dem durchgän-gig vor Ort verschweißten biegesteifen Stahlträgerrost aufgelagert.

Verbindungsstege:

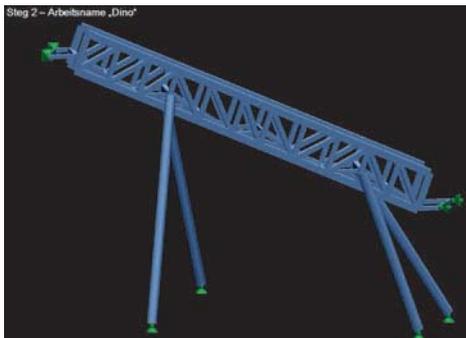
Während in den Bauteilen des Gebäudes das Tragwerk vornehmlich dazu dient, das Bild vom schwebenden skulpturalen Baukörper zu unterstützen, »spielt« der Entwurf bei den die einzelnen Gebäude-teile untereinander vernetzenden Stegen geradezu mit der Konstruktion. Die Brük-ken widersprechen gewohnten Vorstel-lungen von Lastabtragung und wirken mit ihren prismatischen Oberkörpern auf stelzenartigen Beinen wie sich bewegende Objekte. Dadurch entsteht innerhalb der Glashalle eine spürbare Dynamik, die den ganzen Raum erfüllt.

Um diesen architektonischen Anspruch Wirklichkeit werden zu lassen, mussten Tragsysteme gefunden werden, die zwar in einigen Aspekten den üblichen stati-schen Konzepten widersprechen, aber dennoch den Anforderungen an Trag-sicherheit und Gebrauchstauglichkeit gerecht werden.

Die entwickelte Lösung geht davon aus, dass die Erschließungsstege in der Atri-umhalle als brandschutztechnisch nicht »notwendige« Laufverbindungen in F-0-Qualität ausgeführt werden. Sie sind jeweils als eigenständig tragende Sys-teme ausgelegt, die lediglich horizontal am Gebäude gehalten werden, um die Schwingungsanfälligkeit zu senken.



7 Schwingungssimulation Brückensteg



8 9 Verbindungssteg im EDV-Modell und in der Wirklichkeit



Die durchgängig geschweißten Stahlkonstruktionen werden als selbsttragende Trogquerschnitte mit Fachwerkträger-Brüstungen ausgebildet. Besondere Anforderungen an die Ästhetik der Tragkonstruktion waren nicht gestellt, da von vornherein klar war, dass die Überbauten vollständig verkleidet werden. Damit konnten die Dimensionen nach statischen Erfordernissen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewählt werden. Die Stegstützen werden über biegesteif angeschlossene Portalrahmen mit dem trogförmigen Überbau gekoppelt. So lässt sich der skulpturale Ausdruck aufrechterhalten und gleichzeitig, für den Betrachter nicht wahrnehmbar, eine ausreichende Stabilität der Konstruktion erzielen, ohne die die geometrisch bedingte hohe Schwingungsanfälligkeit nicht begrenzt werden könnte.

### Schwingungsuntersuchungen

Da die Brückenstege durch Fußgängerverkehr im Schwingungsverhalten angeregt werden können, galt es, unverträgliche Schwingungen der Stege zu vermeiden. Die durchschnittliche Schritt- frequenz von Fußgängern liegt bei etwa

2,5 Hz. Untersuchungen haben ergeben, dass es für Fußgänger möglich ist, bei ungünstigen Verhältnissen Frequenzen bis zur doppelten Schritt- frequenz anzuregen. Daher wurden für jeden Steg die ersten vier Resonanzfrequenzen und das zugehörige Schwingungsverhalten untersucht.

Für die Schwingungsuntersuchungen von Baukonstruktionen sind folgende Grenzwerte relevant:

- vertikale Schwingungen:  
 $f < 5 \text{ Hz}$  (Empfehlung 8 Hz),
- horizontale Schwingungen:  
 $f < 2,5 \text{ Hz}$  (Empfehlung 4 Hz).

Um den Einbau kostenintensiver und wohl auch nur als Notlösung zu akzeptierender Schwingungsdämpfer zu vermeiden, wurden die Konstruktionen im Vorfeld schon auf Resonanzfrequenzen oberhalb der kritischen Werte ausgelegt. Die Eigenfrequenz ist abhängig von der Geometrie, der Steifigkeit des Bauwerks und den Lagerbedingungen. Somit wurde die Dimensionierung der Stege im

Wesentlichen vom Verformungsverhalten und der erforderlichen Schwingungssteifigkeit bestimmt.

Um die Stege möglichst wirklichkeitsnah untersuchen zu können, insbesondere die »portalrahmenartige« Biegesteifigkeit des Systems Stütze-Trog-Stütze zu erfassen, wurden sie in der EDV im räumlichen System simuliert (Abb. 7). Die Abbildungen 8 und 9 zeigen den Übergang vom EDV-Modell zum gebauten Brückenbauwerk innerhalb der Atriumhalle. Da die gesamte Verkleidung und das Glasdach noch fehlen, werden an Abbildung 9 auch die Konstruktionen der hier eingeschossigen Fachwerkbrücken und des auf 17 m hohen Fertigteilstützen in B45 aufgelagerten südlichen Bauteilprismas deutlich.



Steg 4 trägt intern den Arbeitsnamen "Blumentrog", da als statische Besonderheit die Stützenanschlüsse nur einseitig an dem Lauftrög befestigt sind. Der Brückentrog hängt somit wie ein Blumenkasten auskragend an den Stützenböcken.



10 Tragwerk als Skulptur

Am Steg 4, einem einseitig gestützten »Blumentrog«, wird als weiterem Beispiel erkennbar, wie die Architektur mit den Konstruktionen spielt. Zum einen, um zu verfremden, zum anderen, um eine Spannung im Raum zu erzeugen, die sich kaum logisch begründen lässt, aber innerhalb der Atriumhalle spürbar wird.

### Fazit

Im Oktober 2005 wird das Gebäude an den Nutzer übergeben. Damit endet eine lange Planungsgeschichte, die 1993 mit dem Entwurf begann und nach fast zehn Jahren Unterbrechung 2002 mit der Genehmigungs- und Ausführungsplanung wieder aufgenommen wurde. Bei der Erfüllung unseres Auftrags, die uns zwischenzeitlich an einige Grenzen stoßen ließ, mussten wir erkennen, dass ein derart komplexes Bauvorhaben schwerlich zu den Honorierungsregeln der HOAI passt. Kreative Planung, die im Dienste baulicher Innovation fast durchgehend ohne Standarddetails aus-

kommt, macht sich daher kaum bezahlt. Aber unter dem Strich bleibt auch die Gewissheit, dass es sinnvoll ist, seinen Qualitätsgrundsätzen treu zu bleiben und dafür mit der Erfahrung belohnt zu werden, durch Engagement und Einfühlungsvermögen diese Vision von Architektur ausführbar gemacht zu haben. Das fertige Gebäude steht wie eine übergroße Skulptur innerhalb der angrenzenden Stadträume. Sowohl von außen als auch im Inneren des Gebäudes mit den vernetzenden Brückenstegen der Atriumhalle ist erkennbar, dass ein interaktives Miteinander von Gestaltung und Tragwerk Gebäude entstehen lässt, in denen die Phantasie wieder Räume findet.

### Autoren:

Dipl.-Ing. Alexander Brachmann  
 Dipl.-Ing. Christian Wendlandt  
 P|G|B Planungsgruppe Brachmann,  
 Gesellschaft für vernetzte Bauberatung mbH,  
 München



11 Atriumhalle und Westfassade  
 © P|G|B Planungsgruppe Brachmann (alle Abb.)