

Archäologie des Konstruierens – Eremitage, Walhalla, Neues Museum Berlin

Werner Lorenz

In: Bundesingenieurkammer (Hrsg.): Ingenieurbaukunst in Deutschland - Jahrbuch 2005. Hamburg: Junius Verlag GmbH, 2005, S. 172-181. ISBN 3-88506-563-0

Konstruieren ist nicht unbedingt das, was wir gerade denken. Es gab schon so viele andere Arten, und immer wieder gibt es neue.

Ein wesentliches Entwicklungsmoment dafür ist der Gebrauch neuer Werkstoffe. So begannen griechische Bauleute irgendwann im 8. oder 7. Jh. v. Chr. damit, ihre Heiligtümer nicht mehr in Holz, sondern in Naturstein zu denken und zu errichten. Die Regeln, nach denen sich mit Stein leistungsfähige Tragwerke erstellen ließen, waren andere als die tradierten des Holzbaus. Struktur, Dimension, Detail, Bearbeitung – der gesamte Kanon geeigneter Konstruktionspraktiken musste neu erarbeitet werden. Im 5. Jahrhundert hatten die Griechen mit der entwickelten Tektonik ihren spezifischen Regelapparat für das neue Bauen mit Stein definiert. Die konstruktive Qualität reichte bis zu gezielten Eisenarmierungen zur Verbesserung der werkstoffbedingt schwachen Biegetragfähigkeit. Gleichwohl ist Tektonik nur eine, und eigentlich nicht die best geeignete Antwort auf die spezifischen Eigenschaften des Baustoffs Naturstein. Bogen- und Schalentragwerke, den Griechen zwar bekannt, erst von den Römern aber zu großer Reife und Perfektion entwickelt, schöpfen die Optionen des Materials anders, aus unserer Sicht besser aus.

Offenkundig werden derartige Entdeckungsprozesse nicht nur durch neue Baustoffe angestoßen, die aufgrund veränderter Produktionsweisen oder Ausbeutungschancen anders als zuvor nun in relevanten Mengen zur Verfügung stehen, sondern auch durch andere Momente wie etwa neue gesellschaftliche Anforderungen und Bilder von zu Bauendem; erinnert sei an die Entstehung des gotischen Bauens.

Offenkundig auch folgen derartige Entwicklungsprozesse einem prinzipiell ähnlichen Ablauf. Nach einer möglicherweise sehr langen genealogischen Frühphase, in der vereinzelt bereits bestimmte Elemente des künftig anderen Bauens praktiziert werden, setzt zu einem bestimmten Zeitpunkt die eigentliche konzentrierte Ausbildung des neuen Konstruktionskanons ein. In großer Dichte und rascher Folge werden nun die Spezifika des neuen Bauens formuliert. In der abschließenden Reifephase schließlich lässt die Entdeckungsintensität wieder nach, die Innovationskurve verflacht, der Regelkanon ist im Wesentlichen gefestigt und anerkannt, der Werkstoff ist – oder vielmehr: scheint – ausgereizt. Denn ebenso offenkundig ist damit nicht immer und zwingend tatsächlich das best geeignete Regelwerk definiert worden.

Andere, bis dahin nicht gedachte, sind denkbar, sofern die Paradigmen verschoben werden. Bogen und Tektonik – zwei signifikant unterschiedliche Konstruktionsweisen für das gleiche Material, den Naturstein.

Konstruktionssprachen

„Konstruieren ist Dichten“ schrieb gegen Ende des 19. Jahrhunderts Heinrich Seidel, Bauingenieur, Konstrukteur der großen Halle des legendären Anhalter Bahnhofs in Berlin, der später zum Dichter konvertierte. Seidels Metapher taugt zu mehr als einem schönen Bild voller Poesie. Sammlungen spezifischer Konstruktionsweisen wie der Holz- oder Steinbau lassen sich als Sprachen auffassen. Die Kategorie der „Konstruktionssprache“ umfasst dabei das gesamte Geflecht spezifischer Sichtweisen, Praktiken und Regeln, die sich mit der Einführung und Verbreitung einer neuen bestimmenden Einflussgröße im Bauwesen herausbilden. Für dieses Verständnis von Sprache ist weniger ihre kommunikative Funktion von Interesse als vielmehr ihre Struktur – Vokabular, Grammatik, Syntax etc. So, wie sich Sprachen in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen zu ganz unterschiedlichen Ausformungen bilden und entwickeln, so bilden und entwickeln sich auch die Konstruktionssprachen in ihren Abhängigkeiten von unterschiedlichen Einflussgrößen - seien es die Potentiale der verfügbaren Materialien, seien es deren gesellschaftliche oder kulturelle Gebrauchsformen, seien es makroökonomische Spezifika.

Die Geschichte der Bautechnik kann geschrieben und gelesen werden als Aufstieg und Niedergang immer neuer Konstruktionssprachen, die ihren Ausdruck in der kontinuierlichen Produktion immer neuer gebauter „Texte“ in diesen unterschiedlichen Sprachen finden. Die Frage nach den Entstehungsprozessen derartiger Konstruktionssprachen ist dabei nicht nur historisch, sondern in vielfacher Hinsicht von Interesse. Sie ist von zentraler Bedeutung für eine aktuelle Konstruktionspraxis, die sich der Herausforderung stellen will, für die Werkstoffe der Zukunft neue Arten des Umgangs und Gebrauchs zu entwickeln. Geschichte als Produktivkraft: Vielleicht kann historische Analyse dazu beitragen, die Entwicklungsprozesse derartiger Konstruktionssprachen einem tieferen Verständnis zu erschließen.

Erstaunlicherweise sind diese komplexen Vorgänge ungeachtet ihrer Bedeutung bisher kaum untersucht worden. Vergleichbare Untersuchungen konzentrierten sich bislang eher darauf, wie und unter welchen Bedingungen konkretes Entwurfshandeln, Erfindung und Innovation entstehen. Zwar wesentliche, aber doch nur einzelne Schritte im Prozess der Sprachbildung standen damit im Mittelpunkt. Das Spektrum der Ansätze zum Verständnis des Konstruktions-, Erfindungs- und Innovationsprozesses reicht bis zu den sorgfältigen Sprachbildern des französischen Philosophen Paul Valéry, der zu Beginn des 20. Jahrhunderts insbesondere in seinen Studien über Leonardo da Vinci der Faszination des Konstruierens literarischen Ausdruck zu geben wusste: „Wer sich nie an das Abenteuer einer Konstruktion gewagt hat (...), wer nicht auf dem blanken Weiß der Seite ein Bild geschaut hat, (...) und wer nicht im lichten

Luftraum ein nichtvorhandenes Bauwerk erblickt hat, wen nicht Schwindel angesichts des Abstandes von einem Ziel ergriffen hat, (...) – der kennt auch nicht (...) den Reichtum und die Ergiebigkeit und die geistige Spannweite, die den Tatbestand des Konstruierens erhellt“. Um Ungeahntes erahnen zu können, gelte es, „aus dem Schlaf eines Denkens, das zu lange gewährt hat, zu erwachen“. Das Geheimnis von Persönlichkeiten wie Leonardo entdeckte er in deren Fähigkeit, Beziehungen zu finden „zwischen Dingen, deren Zusammenhang uns nicht aufgrund gesetzmäßiger Kontinuität gegeben ist“.

Ist dies nicht doch auch eine konzise Beschreibung des Gesamtprozesses der Entwicklung einer neuen Konstruktionsprache?

Nehmen wir eine dünne Scheibe Geschichte, die Dekade um 1840, nehmen wir drei markante „Texte“ aus drei verschiedenen Kulturen, und versuchen wir, uns der Genealogie der Konstruktionsprache des Stahlbaus anzunähern. Die Zeit ist gut gewählt, es ist die hohe Zeit der Entdeckung des Stahlbaus, eine offene, noch regellose Zeit, in der die alten Muster der tradierten Konstruktionsprachen nicht mehr taugen, neue aber noch nicht bereit stehen. Es gibt keine „gesetzmäßigen Kontinuitäten“ mehr, die Beziehungen zwischen den Dingen sind nicht mehr gegeben.

Der konstruktive Imperativ der Zeit ist Neugier, die Praxis ist endloses Konstruieren, Optimieren und Entwickeln erst zu erahnender Strukturen und Details. Diese dichten, konzentrierten Hauptphasen, charakterisiert durch in der Regel hohe Kreativitätsanteile und eine große Bandbreite von Lösungen, von denen viele später wieder verworfen und vergessen werden, versprechen die aussagekräftigsten Erkenntnisse für ein tieferes Verständnis der konstruktiven Sprachbildung.

Die Spurensuche führt uns nach Bayern, Preußen und Russland - Staaten, die gerade von der ersten Welle der industriellen Revolution ergriffen wurden, Gesellschaften, Kulturen, Arbeitswelten, Konstruktionspraktiken im Übergang. Jedes der drei Gebäude ist ein herausragendes Denkmal, zwei von ihnen sind als Weltkulturerbe gelistet, und jedes ist voll von Gusseisen und Stahl. Für die Bautechnikgeschichte ist dies der spannendste Teil der Bauten, Hochtechnologie ihrer Zeit.

Walhalla

Als König Ludwig I am 18. Oktober 1842 den nahe Regensburg hoch oberhalb der Donau gelegenen Ehrentempel der „Walhalla“ endlich der Öffentlichkeit übergeben kann, hat das Projekt bereits eine jahrzehntelange Planungs- und Baugeschichte hinter sich. Die Idee einer „Walhalla“ als Totenhalle für gefallene Krieger und Könige geht zurück auf die altnordische Mythologie; sie ist seit dem 9. Jahrhundert durch Epen wie das Eirikslied überliefert. Schon als junger Kronprinz hatte Ludwig von einer derartigen Ruhmeshalle geträumt. Schon seit 1807 hat er deren Errichtung vorbereitet. Die Bildnisse berühmter Menschen „*deutscher Zunge*“ sollten hier ihren Platz finden. Gleichwohl sollte es noch mehr als 15 Jahre dauern, ehe am 18.

Oktober 1830 der Grundstein für die „Walhalla“ gelegt werden konnte, auf den Tag genau zwölf Jahre später konnte er geweiht werden. Das Datum unterstrich die antinapoleonische Intention des Projektes, bezeichnete es doch den Jahrestag der Völkerschlacht bei Leipzig, wo die Alliierten Österreich, Russland, Preußen und das eben übergelaufene Bayern im Jahre 1813 Napoleons Truppen die erste vernichtende Niederlage beigebracht hatten - der Wendepunkt in der Geschichte der europäischen Erhebung gegen Napoleon. Mit vier Millionen Gulden reinen Baukosten war das Projekt zum teuersten der vielen teuren Bauvorhaben des Königs avanciert. Anlässlich der Eröffnung machte Ludwig gegenüber „seinem“ Architekten Leo von Klenze aus seiner Begeisterung keinen Hehl. Die Worte könnten lobender nicht sein, mit denen er Klenze überschüttet: *„Herrlich, herrlich, Klenze, prachtvoll, grandios, klassisch und schön, wie ich nur jemals etwas sah.“*

Das technische Kunstwerk hinter den Kassetten der Decken und Verkleidungen der Senkgiebel, den merkwürdigen und äußerst feingliedrig komponierten eisernen Dachstuhl, dürfte er damit nicht gemeint haben. Noch heute sieht ihn keiner der vielen Besucher, die Jahr für Jahr diesen eng an den Athener Parthenon angelehnten dorischen Tempel oberhalb der Donau ersteigen.

In der Tragstruktur lassen sich zwei verschiedene Bereiche unterscheiden. Der kleinere Teil über dem rückwärtigen Opisthodom wird bestimmt durch ein einfach gerichtetes, lineares Tragwerk. Das größere Dach über der Cella ist komplizierter aufgebaut. Die drei nahezu quadratischen Felder mit einer Seitenlänge von knapp 15 m werden jeweils von einem doppelt gerichteten, räumlichen Tragwerk überspannt. Jeder dieser drei Trägerroste besteht aus Quer- und Längsbindern. Zusätzliche Diagonalstreben stemmen sich gegen die Ecken eines jeweils umlaufenden Fußkranzes und verstärken die räumliche Tragwirkung.

Die im Jahre 2000 durchgeführte Bestandsaufnahme des Tragwerks entwickelte sich zur Kontaktaufnahme mit einer hinter den Decken verborgenen, längst verloren geglaubten Konstruktionslandschaft des frühen 19. Jahrhunderts.

Erste Beobachtung: Wir stießen auf eine Vielzahl uns heute völlig fremdartig anmutender Details. Es gibt kaum Schrauben, Niete oder Spannschlösser, dafür viele Keile. Das ganze Dachwerk ist wie ein einfacher Bausatz ineinander gesteckt. Ausnahmslos aus rechteckigen oder quadratischen Vollprofilen konzipiert, wiegen die einzelnen Stäbe maximal 100 kg. So ließen sie sich per Hand von zwei Arbeitern transportieren.

Zweite Beobachtung: Die Schadensaufnahme ergab einen allgemein guten Zustand des Tragwerkes. Sämtliche originalen Bauteile haben verlustfrei die letzten 150 Jahre überdauert, und ebenso die wichtigsten Verbindungen, die offenbar funktionstüchtig sind und sich nicht gelöst haben. Im Rahmen der rein visuellen Inspektion ließen sich auch keine Imperfektionen oder Durchbiegungen ausmachen. Die Oberfläche erscheint zwar roststaubig, doch gibt es keine Abzunderungen oder gar Lochfraß.

Dritte Beobachtung: Bei einer Gesamtmenge verbauten Eisens von etwa 34 t ergibt sich bezogen auf die überdeckte Fläche von ungefähr 25 x 56 m eine überraschend niedrige

Eigenlast der Konstruktion von weniger als 30 kg/m². Gleichwohl zeigte die statische Analyse, dass die Details durchaus beanspruchungsgerecht konstruiert sind, und das Material zwar relativ hoch, aber erträglich ausgelastet ist; auch die Durchbiegungen bleiben vertretbar. Die Struktur ist extrem leicht, und doch bemerkenswert klug konstruiert.

Vierte Beobachtung: Sämtliche Binder sind auf dem Mauerwerk und untereinander mit Hilfe von kleinen Walzen gelagert, „(...) auf welchen sich die Hängewerke bei eintretender Dilatation durch Temperaturwechsel frei bewegen können“, wie es Klenze selbst in einer Publikation von 1842 erläutert hat. Diese Walzen sind eine Sensation: Sie bedeuten nicht weniger als die genial-konsequente Einführung des Rollenlagers in den Stahlbau, und damit eines Details, das von da an für mehr als ein Jahrhundert den modernen Stahlbau prägen sollte.

Zieht man Bilanz, erweist sich die zarte, filigrane, fremdartige Struktur als von hervorragender Qualität, als offensichtlich hoch leistungsfähig. Seit mehr als 150 Jahren tut sie verlässlich und ohne nennenswerte Schädigungen ihren Dienst. Doch so fein sie auch ist – kein Besucher wird ihrer ansichtig. Der Architekt Klenze hat sie dem Auge entzogen, er wollte ihn davor schützen. Auch in der ebenfalls von ihm entworfenen Neuen Eremitage sollte er wenige Jahre später diesem Entwurfsansatz folgen. Die krasse Diskrepanz zwischen Struktur und Gestalt fällt nicht erst uns als vom Konstruktivismus des späten 20. Jahrhunderts geprägten Beobachtern auf. Schon Zeitgenossen nahmen daran Anstoß.

Gegen Ende des 20. Jahrhunderts kondensierte sich die Spezifik bayrischer Technikrezeption im Topos des „Laptops in der Lederhose“. Dem offensiven Klassizisten Klenze war das örtliche Hosenkleid vermutlich eher fremd. Näher stand ihm der Chiton, durch welchen – wie er einmal schrieb – „eine athenische Jungfrau sich gegen die Unbilden des Regens und der Kälte schützte“. Klenzes Walhalla, diese zeitgenössische Hochtechnologie hinter den dori-schen Fassaden eines Parthenon-Zitats, das ist - ein Laptop im Chiton.

Neues Museum

Gerade 17 Jahre lagen zwischen dem Baubeginn der beiden ersten Museen auf der heute als „Museumsinsel“ bekannten Berliner Spreeinsel; Grund genug, das von Karl Friedrich Schinkel entworfene erste fortan als das „Alte“ und das von Friedrich August Stüler geplante zweite fortan als das „Neue Museum“ zu benennen. Die Faszination, die von diesem seit 1841 errichteten, so namenlosen Gesamtkunstwerk bis heute ausgeht, hat viele Facetten. Es lässt sich lesen als Glanzstück des späten Klassizismus, ungeachtet seiner Monumentalität maßvoll, ja nobel in den Proportionen. Es lässt sich lesen als Kompendium der Weltkulturen, als Stein gewordenes Programm einer Museumsidee, die das Gebäude selbst zum Ausstellungsstück erhebt, in dem alle Säle im Charakter ihrer Dekoration mit den ausgestellten Kunstwerken zu korrespondieren haben. Es lässt sich aber auch lesen als Konstruktion, und unversehens macht die Unterscheidung in „Alt“ und „Neu“ einen ganz eigenen Sinn. Weit mehr als 17 Jahre

scheinen plötzlich die beiden Häuser auf der Museumsinsel zu trennen. Hatte Schinkel sein Tragwerk noch weitgehend aus dem klassischen Fundus des Mauerwerk- und Holzbaus entwickelt, setzte Stüler dem ein konstruktives Programm entgegen, das durch ein weites Spektrum ungewöhnlicher Bauweisen charakterisiert war – durch Leichtziegel, Topfgewölbe und vor allem eine kaum überschaubare Vielzahl oft verborgener eiserner Konstruktionen. Schinkel hatte sich noch weitgehend auf die technische Tradition des 18. Jahrhunderts gestützt. Stüler verband seinen Entwurf untrennbar mit den neuen Bauweisen des Neunzehnten. Errichtet genau in der Mitte der ersten großen Industrialisierungsphase in Preußen, die zwischen 1830 und 1870 zu datieren ist, wurde das Neue Museum zur einzigartigen Inkunabel einer neuen preußischen Konstruktionskunst im Zeichen der Industrialisierung. Dem äußeren Anschein zum Trotz hat das Gebäude kaum noch etwas mit einem konventionellen Massivbau gemein. Der gesamte Baukörper wurde von einer Substruktur unterschiedlichster guss- und schmiedeeiserner Tragglieder durchzogen. Viele davon waren konstruktionstypologisch neu nicht nur im Berliner Raum.

Als durch Kriegs- und Nachkriegszerstörungen unwiederbringlich verloren müssen zwei faszinierende Bereiche dieses eisernen Netzwerks gelten. Zu nennen ist zum einen eine äußerst leichte, schmiedeeiserne Rippenstruktur, die als tragendes Gerüst eines Sterngewölbes im so genannten Sternen- oder Gotischen Saal entwickelt wurde. Zum anderen ist auf das feingliedrige Glasdach hinzuweisen, das den gesamten „Ägyptischen Hof“ mit einer Grundfläche von 380 m² stützenfrei überdeckte und dessen dicht gestaffelte, pfettenlose Hängewerksbinde Vorbilder aus dem englischen Bahnhofs- und Fabrikbau in Erinnerung rufen.

Wendet man sich den im verbliebenen Torso heute noch erhaltenen Eisenkonstruktionen zu, so überrascht zunächst die Selbstverständlichkeit, mit der für die Geschossdecken in großem Maßstab gusseiserne Balken genutzt wurden. Ohne dass es dafür in Berlin bereits eine nennenswerte Tradition gegeben hätte, entwickelte man für das Neue Museum das Grundmuster jener Massivdecke, die im englischen Industriebau entwickelt und fortan bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts als „Preußische Kappendecke“ in unzähligen Berliner Stockwerkbauten zur Anwendung kommen sollte. Darüber hinaus wurde das Konzept sogleich auf Kassettendecken mit orthogonalen Trägerrosten erweitert. Noch ohne nennenswertes Beispiel in Berlin war auch die Einbeziehung gebrannter Tontöpfe zur Minderung von Gewicht und Schub der Decken – eine Bauweise, die bereits gegen Ende des 18. Jahrhunderts in Paris entwickelt, wenig später u.a. im englischen Fabrikbau übernommen und außerhalb Preußens bald schon vielfach zur Anwendung gekommen war – nicht zuletzt seit den 1830er Jahren in St. Petersburg für die Kuppel der Isaak-Kathedrale und den Wiederaufbau des Winterpalastes, über den noch zu berichten sein wird.

Zumindest partiell noch erhalten ist ein weiterer Konstruktionstypus – das eiserne Skelett aus Stützen und Bindern. In strenger Reihung durchzogen solche Tragskelette die oberste Etage des gesamten Südflügels. Äußerst schlanke Gussstützen trugen ebenfalls gegossene Bal-

ken, auf den weit gespannte Gewölbe aus porösen Leichtziegeln und wiederum Tontöpfen ruhten.

Als die aber wohl beeindruckendsten unter den noch erhaltenen Traggliedern sind die weit gespannten Binder zu nennen, die in fast allen Sälen des Nordflügels als Raum überspannende Unterzüge genutzt wurden. Jeder dieser „Bogen-Sehnen-Träger“ besteht aus einem gusseisernen Bogen sowie einem Paar schmiedeeiserner Sehnen, denen in Hinblick auf die dünnen Außenwände vitale Bedeutung für die Schubaufnahme zukommt. Das zwingend hohe Sicherheitsniveau dieser Zugbänder erreichten die Konstrukteure durch Risikostreuung. Jede Sehne wurde aus mehreren einzelnen Rundstäben besten englischen Low-Moor-Eisens zusammenschmiedet, auf $2\frac{1}{3}$ Zoll Durchmesser ausgewalzt, vor dem Einbau einer Belastungsprobe in der hydraulischen Presse unterzogen und vor Ort mit Spannschrauben fein eingestellt. Im Ergebnis standen damit beanspruchungsgerecht differenzierte Mischkonstruktionen aus Guss- und Schmiedeeisen bereit, mit denen sich die Gebäudetiefe von gut 10 m mit geringer Trägerhöhe stützenfrei überspannen ließ, ohne die Außenwände durch unerwünschte Horizontallasten zu gefährden. Gerade die Bogen-Sehne-Träger spiegeln die Konstruktionskunst einer Epoche wider, in der man zunächst sehr differenziert mit Guss- und Schmiedeeisen zu bauen lernen musste, bevor den Konstrukteuren der Stahl als Massenware zu tragbarem Preis und mit standardisierten Profilen zur Verfügung stand.

Dass die Entscheidung zugunsten der Eisenbauweise für den Gesamtentwurf des Neuen Museums von grundlegender Bedeutung war, zeigt eine Analyse der zentralen Vorgaben dieses Monumentalbaus –

- eine extrem knapp bemessene Rohbauzeit von weniger als einem Jahr
- die größtmögliche Reduktion der Eigenlasten in Anbetracht extrem schlechter Gründungsverhältnisse
- möglichst wenige und dünne Wände, die in Erwartung unterschiedlicher Teilsetzungen und in Anbetracht der wenigen aussteifenden Querschotte untereinander und mit den Deckenscheiben zugfest verklammert werden mussten
- und schließlich Deckentragwerke, die leicht, „feuersicher“, frei von Horizontalschub und mit möglichst geringen Konstruktionshöhen errichtet werden mussten, um innerhalb der durch das benachbarte (zweigeschossige!) Alte Museum vorgegebenen Maximalhöhe dennoch drei vollwertige Etagen errichten zu können.

Stüler hätte keinen konventionellen Massivbau mehr bauen können. Sein ehrgeiziger Entwurf ließ sich nur mehr mit einer neuen, anderen Konstruktionsweise verwirklichen. Sofort äußerst exponiert und repräsentativ, entstand damit erstmals in Preußen ein Monumentalbau, dessen gesamte Konzeption aus der zeitgenössischen Hochtechnologie der Eisenbauweise heraus entwickelt wurde. Die Nutzung und Entwicklung der Konstruktionsprache des jungen Stahlbaus war zur *conditio sine qua non* der gesamten Planung geworden. Stülers Wurf war viel-

schichtig, voller Facetten. Sein Eisenbau wurde zu einem komplizierten Gefüge unterschiedlicher Raum- und Konstruktionsformen, einer dreigeschossigen, von leichten Wänden umhüllten Polystruktur. Gleich einer Leistungsschau fächerte sie das konstruktive Potential der neuen, noch zu entdeckenden Konstruktionsprache auf. Die Geste unterstrich unmissverständlich: Auch Preußens Bautechnik war ins Zeitalter der Industrialisierung eingetreten.

Eremitage

Die Sammlungen der St. Petersburger Eremitage, begründet im 18. Jahrhundert durch Katharina die Große, gehören zu den bedeutendsten der Welt. Nicht minder berühmt sind die anderen Bauten, die den heutigen Museumskomplex der „Staatlichen Eremitage“ bilden. Entlang des Neva-Ufers durch eine Vielzahl von Brücken und Gängen miteinander verbunden, bilden der Winterpalast (1754-1762), die Kleine Eremitage (1764-1775), die Alte (oder: Große) Eremitage (1771-1787), die Neue Eremitage (1839–1852) mit der einbezogenen Raphaels-Loggia (1783-1787) und nicht zuletzt das Eremitage-Theater (1783-1789) ein eindrucksvolles Ensemble der europäischen Architektur des 18. und 19. Jahrhunderts, das nach dem Wunsch seiner kaiserlichen Bauherren höchsten Repräsentationsanforderungen zu genügen hatte. Die Spannweite der künstlerischen Ausdrucksformen reicht von den grandiosen barocken Raumfolgen, die Francesco Bartolomeo Rastrelli seit etwa 1750 im Auftrag der Zarin Elisabeth entwarf, bis hin zum streng komponierten Klassizismus eines Leo von Klenze, der sein Museumskonzept im Auftrag Nikolaus I. mit großer Geste von der Münchener (Alten) Pinakothek auf die Neue Eremitage zu übertragen wusste.

Als Teil des historischen Zentrums von St. Petersburg, dessen städtebauliche Komposition auf die Stadtgründung durch Peter den Großen im Jahre 1703 zurückgeht, hat die UNESCO auch die Bauten des Eremitagekomplexes im Jahre 1990 in den Rang des Weltkulturerbes erhoben – und damit auch die „Landschaft“ der eisernen Dach- und Deckentragwerke des Eremitagekomplexes. Wie in der Walhalla dem Auge des Besuchers völlig entzogen, verbirgt sich hier ein ungleich weiter ausgedehntes Gewebe äußerst unterschiedlicher Konstruktionen, dem als bautechnischen Gesamtkunstwerk der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht nur im europäischen Maßstab, sondern weltweit wohl einzigartige Bedeutung zukommt.

Dass die bauzeitlich als Hochtechnologie zu wertenden Strukturen heute in unterschiedlichen Ausformungen nicht nur die Säle der in den 1840er Jahren errichteten Neue Eremitage überspannen, sondern auch das weit verzweigte Gefüge der anderen Bauten umfassen, ist dem vernichtenden Brand des Winterpalastes im Dezember 1837 zu schulden. Für den umgehenden Wiederaufbau forderte die kaiserliche Baukommission den großflächigen Einsatz neuer, vermeintlich feuersicherer Eisentragwerke. Eisen und Stahl traten jedoch nicht nur im Winterpalast an die Stelle des traditionellen Baustoffs Holz. Auch alle anderen Gebäude wurden in einer insgesamt 15 Jahre währenden Baumaßnahme generalüberholt, umgebaut und erweitert. Dem vollständigen Austausch der alten hölzernen Dach- und Decken-

tragwerke durch eiserne Konstruktionen folgte eine Neugestaltung aller Säle im Hauptgeschoss und in den Obergeschossen sowie die abschließende Bebauung des Terrains durch ein weiteres Museumsgebäude – Klenzes Neue Eremitage.

Die bereits 1838 begonnenen Stahlbau-Maßnahmen waren im Wesentlichen 1847 abgeschlossen. Bauen im Bestand: Wie im Berliner Neuen Museum bildete auch hier die Forderung nach größtmöglicher Leichtigkeit das entscheidende Entwurfskriterium für die neuen Konstruktionen. In erster Näherung lassen sich drei zentrale Strukturtypen ausmachen. Für die vielfach variierenden Dachstühle, die stützenfrei Weiten bis über 20 m zu überspannen hatten, kam ein Spektrum leichter, fachwerkartiger Binder zur Anwendung; sie ähneln den etwa zur selben Zeit in Frankreich und Deutschland entwickelten Wiegmann-Polonçeau-Trägern. Die Decken der großen Paradesäle mit Spannweiten von ebenfalls bis über 20 m wurden mit unterschiedlich ausgeformten, in der Regel dicht gestaffelten Sprengwerkbindern überspannt. Für die Decken mit geringeren Spannweiten von bis zu 15 m schließlich entwickelte man genietete Blechträger mit teilweise elliptischem Querschnitt. Bei diesen hochinteressanten Leichtbauträgern, nach ihrem Konstrukteur, Matthew Clark, als Clark-Träger bezeichnet, werden die extrem dünnwandigen Stege durch abgespreizte Blech-Membranen versteift. Der Stahlleichtbau fand sein Pendant in der Ausbildung der Decken. Schon einige Jahre vor der großflächigen Anwendung im Neuen Museum kamen auch beim Neu- und Wiederaufbau der Eremitage flächendeckend scheinrechte oder leicht gekrümmte Gewölbe aus Tontöpfen zur Anwendung, die in St. Petersburg allgemein große Verbreitung gefunden zu haben scheinen; eines der prominentesten Beispiele ist das Topfgewölbe der gewaltigen Innenkuppel der Isaak-Kathedrale.

Den vielfach variierenden Strukturen aus Profilen, Blechen, Stäben, selbst gewaltigen Ketten, für die es bis dahin nichts Vergleichbares in Wohn- und öffentlichen Bauten gab, steht ein ebenfalls weites Spektrum von Detailbildungen gegenüber. Es reicht von nahezu abenteuerlichen Verkeilungen und Verklammerungen zusammengesetzter Profile über fremdartig anmutende Firstpunkte bis hin zu fein einstellbaren, äußerst modern erscheinenden Spannschlössern.

Im Ergebnis sind Decken wie Dächer des gesamten Eremitage-Komplexes noch heute über eine Länge von mehreren Kilometern von einem dichten Netz weitestgehend im Original erhaltener eiserner Strukturen durchzogen, das innerhalb nur eines Jahrzehntes um 1840 in enger Kooperation russischer Ingenieure mit hinzu gezogenen englischen und französischen Spezialisten entwickelt und errichtet wurde und außerordentliche Aufmerksamkeit auf sich zog. Entstanden in einer technologisch noch „offenen“ Zeit, in der ganz Europa gerade erst daran ging, die noch unbekanntenen Möglichkeiten des Bauens mit Eisen und Stahl zu erkunden und erste Regeln und Praktiken für den Umgang mit diesen neuen Werkstoffen zu formulieren, muss die Dach- und Deckenlandschaft der Eremitage heute aufgrund ihrer Geschlossenheit, ihres Variantenreichtums und der noch weitestgehend erhaltenen originalen Sub-

stanz als das wohl bedeutendste, einzigartige Monument aus eben dieser offenen Zeit verstanden werden.

Drei Texte

Walhalla, Neues Museum, Eremitage: Entwicklung und Realisierung ihrer nahezu zeitgleich entstandenen Eisentragwerke reflektieren die Genese einer neuen Konstruktionsprache, die untrennbar mit der beginnenden Industrialisierung verknüpft war, von den Beteiligten als ein europäisches Projekt verstanden und in grenzüberschreitender Kooperation formuliert wurde – die Sprache des Konstruierens und Bauens mit Eisen und Stahl, die – wie Otl Aicher es formulierte – „erste, technische Moderne“.

Drei Ausformungen einer neuen Bauweise, drei Texte, die gelesen werden wollen, vor Ort, handnah, Binder für Binder, Schraube für Schraube. Im Sommer 2002 haben Studenten der BTU Cottbus begonnen, die Eisentragwerke der Eremitage-Bauten einer detaillierten konstruktiven Bestandsaufnahme (KBA) zu unterziehen; in jährlichen Kampagnen setzen sie seitdem sukzessive ein konstruktionsgerechtes Abbild des opulenten Textes zusammen. Zuvor schon hatten die Walhalla und das Neue Museum auf der Agenda gestanden.

Literatur und Archivalien werden gesichtet, gewiss, doch das Bau- und Tragwerk selbst sind die ersten und wichtigsten Quellen. Erst in der Ausführung, die oft deutlich von den Planunterlagen abweicht, hat der Konstruktionsprozess seinen Abschluss gefunden. Erst im real gebauten Tragwerk erschließen sich Spezifik und Qualität von Konstruktion, konstruktivem Denken und konstruktiver Handschrift in ihrem ganzen Umfang.

Gegenüber der klassischen Bauforschung ist die Perspektive der Untersuchung verschoben. Wenn denn der Prozess des Konstruierens ein zentrales Entwicklungsmoment jeder Konstruktionsprache bildet, dann ist die Fokussierung auf diesen Prozess zwangsläufig ein erster methodischer Imperativ. In der Thematisierung von Konstruktion als Prozess definiert sich grundsätzlich das eigentliche Erkenntnisinteresse von Bautechnikgeschichte - so wichtig die präzise Erfassung, Beschreibung und Einordnung historischer Bauten und Strukturen auch sein mögen. Geschichte gilt ihr als eine Folge unterschiedlicher Praktiken des Konstruierens, in der das Nebeneinander wichtiger ist als das Nacheinander, unabhängig davon, dass jede Zeit mit ihren Werkstoffen für ihre Aufgaben baut und konstruiert. Es geht um den untergetauchten Teil des Eisbergs - nicht die sichtbaren Produkte stehen im Mittelpunkt, sondern die zunächst unsichtbaren Prozesse ihrer Entstehung. Die Konzentration auf den Prozess korreliert im Übrigen mit der wohl prägnantesten Unterscheidung der Arbeit von Ingenieur und Architekt: Sache des Architekten ist das Produkt, der Ingenieur thematisiert den Prozess seiner Entwicklung.

Bereits bei den in-situ-Untersuchungen steht die Frage nach dem „Wie?“ der Entstehung im Mittelpunkt. Von entscheidender Bedeutung dabei sind die konstruktiven Details - Profilmäße, Anschlüsse, Verbindungsmittel, der Art der Lagerung. Erst mit der Lösung des Details steht oder fällt eine Konstruktion. Wer sich je dem Abenteuer des Konstruierens gestellt hat, weiß um beides. Um die Entwicklung einer Konstruktionsprache in der notwendigen Tiefe zu verstehen, ist die Feinarbeit einer detailgenauen Analyse am tatsächlich gebauten Tragwerk unerlässlich. Die Befundaufnahme wird ergänzt um eine sorgfältige Schadensaufnahme, um die kritische Revision möglicher historischer Berechnungen und Belastungsversuche sowie um eigene statische Berechnungen der aufgenommenen Struktur mit Parameterstudien zur Kalibrierung des gewählten Modells. Sie geben Aufschluss über die Materialökonomie, über das Auslastungsniveau der Struktur und damit auch über das konstruktive Vermögen und Geschick ihrer Entwerfer. Mit den spezifischen Methoden des Ingenieurs erschließt sich die Untersuchung Erkenntnismöglichkeiten jenseits des traditionellen Handwerkszeugs der historischen Bauforschung.

Erste Ergebnisse deuten auf durchaus unterschiedliche Annäherungen an die eigentlich doch gleiche Herausforderung des Entwurfs noch unbekannter eiserner Strukturen hin – unterschiedliche Strategien der Strukturoptimierung, unterschiedliche Nutzungen der verschiedenen Eisen-Werkstoffe, unterschiedliche Sicherheitsphilosophien, unterschiedliche Legitimationsformen des Entwurfs, unterschiedliche Gewichtungen von praktischer Erfahrung, theoretischer Berechnung und unvoreingenommenem Belastungsversuch.

Die einzelnen Elemente des eisernen Bausatzes für das Dach der Walhalla etwa sind – ungeachtet der nicht einfachen hybriden Gesamtstruktur – sehr schlicht konzipiert. Man hat sich festgelegt auf einen einzigen Eisenwerkstoff, das Schweißeisen. Alle Profile, allein durch Schmieden und Walzen erzeugt, zeigen einfache, statisch nicht besonders glückliche Rechteckquerschnitte. Das Dach ist leicht, nicht weil die einzelnen Tragglieder besonders geschickt profiliert wurden, sondern einfach, weil sie dünn sind. Allenfalls örtlich wurden sie aufgeweitet. Die Strukturoptimierung greift barocke Traditionen auf, unterschiedliche Teilsysteme wurden zu hybriden Binderformen überlagert, nicht nur im Tragwerk, sondern auch im Detail. Das Tragwerk als Ganzes ist durch Verkeilen gespannt, und auch viele der ineinander gesteckten Details erlangen ihre Steifigkeit erst durch gezielte Verkeilungen. Vor allem aber zeigen die vielfach gewundenen Knoten Lastflüsse, die durch Hängen und Schlingen bestimmt sind. Offensichtlich haben die Konstrukteure des Walhalla-Dachstuhls den Werkstoff Eisen als etwas verstanden, das einem Seil oder Tau nahe kommt, das man verweben und verschlingen kann, das sich auch bewegen darf. Vielleicht ruht dieser Dachstuhl gerade deshalb auf einer Vielzahl von Walzen. „Benutze Eisen wie ein Seil“, „Loslassen statt festzurren“ - so oder ähnlich scheinen die Leitsätze beim Entwurf dieses Eisentragwerks gewesen zu sein.

Ganz anders der Zugang im Neuen Museum Berlin. Statt eines Eisenwerkstoffs kommen zwei zum Einsatz – Guss- und Schweißeisen. Im Tragwerk sind die Werkstoffe gemäß ihrer Funktion materialgerecht differenziert. Die Stäbe sind passgerecht gegossen oder gewalzt, die

gusseisernen Profile weisen erhebliche Differenzierungen auf. Die einzelnen Tragglieder sind nicht dünn, sondern filigran, und deshalb sind sie leicht. Nur gezielt und örtlich wird das Tragwerk durch Stellschrauben vorgespannt. Grundprinzip der Strukturoptimierung ist nicht die Addition, sondern die Vereinfachung. Selbst die anzusetzenden Sicherheiten werden differenziert; Maßnahmen zur gezielten Qualitätskontrolle konzentrieren sich auf die Teilsicherheiten der wichtigen Zugbänder.

Und noch einmal anders der Zugang in der Neuen Eremitage. Wie über der Walhalla herrscht nur ein Werkstoff vor. Zumindest in den ersten Jahren stehen offenbar auch nur Rechteck- und Flachprofile zur Verfügung. Doch anders als in der Walhalla werden sie hier durch Klammern und Spangen zu statisch günstigeren Profilen zusammengesetzt. Wieder wird das Tragwerk als Ganzes vorgespannt, doch nicht durch Keile, sondern durch eine Vielzahl zum Teil gewaltiger Schrauben. Das Grundprinzip der Strukturoptimierung ist hier die geschickte Unterspannung. „Klare Systeme“ im heutigen Sinne sind die Folge. In den stützenfreien Dachstühlen über den Eckpavillons etwa entsteht dadurch ein faszinierend konsequentes räumliches Unterspannungsnetz, das an heutige Bauten wie die Louvre-Pyramide denken lässt. Das Dach ist leicht, weil die Profile extrem schlank gehalten sind - Probelastungen ganzer Binder gewährleisten gleichwohl die nötige Sicherheit.

Ausblick

Drei offenkundig unterschiedliche Zugänge zum Bauen mit Eisen zeichnen sich ab. Verstanden haben wir sie noch nicht. Wir stehen erst am Anfang.

Zum einen ist mit den Konstruktionen der Neuen Eremitage erst ein kleiner Teil der gesamten Eremitage-Tragwerke überhaupt erfasst. Insbesondere steht die genauere Untersuchung der weit rätselhafteren Decken und Dächer des Winterpalastes noch aus. Zum anderen soll der Bogen weiter geschlagen werden. Technik und Technikentwicklung können nicht nur als autonomer Arbeits-, Forschungs- und Entwicklungsbereich verstanden werden. Sie sind weit mehr, sind Konstruktion, Produkt und Gebrauchsgegenstand einer gesellschaftsspezifischen Kultur, wobei „Kultur“ als Gesamtheit der menschlichen Produkte in einem bestimmten gesellschaftlichen Raum-Zeit-Gefüge verstanden sein soll.

Um den Entwicklungsprozess einer Konstruktionsprache in seiner Vielschichtigkeit genau abbilden und verstehen zu können, ist seine disziplinübergreifende Beschreibung als Teil eines umfassenden Wirkungsgeflechtes unverzichtbar. Die Wechselwirkungen zwischen Struktur und Form, Konstruktion und Architektur werden ebenso zu untersuchen sein wie Produktion und Herkunft der Materialien und Halbzeuge. Und zudem wird es interessant sein, „weiche“ Faktoren in die Untersuchung einzubeziehen - die reale Bedeutung eines gesellschaftlichen Klimas von Technikakzeptanz und innovativer Neugier etwa, von sozialem Ansehen und pro-

fessioneller Qualifikation der Akteure oder auch der Bedeutung und realen Effizienz von Technologie- und Wissenschaftstransfer.

Die Frage nach dem Konstruieren ist die Kernfrage einer Technikgeschichte des Bauens. Eine fatale Fehlentwicklung im Zuge der wissenschaftlichen Durchdringung des Bauingenieurwesens seit Ende des 18. Jahrhunderts war die Vorstellung, Konstruieren sei im wesentlichen auf das Umsetzen wissenschaftlicher Erkenntnisse in die praktische Ausführung zu reduzieren. So wie die Bauingenieure seit Ende des 20. Jahrhunderts das Konstruieren wieder als eigene Kategorie mit eigenen Anforderungen, Gesetzen und Qualitätsmerkmalen zu erkennen beginnen, in der ingenieurwissenschaftlichen Aspekten die Bedeutung einer allenfalls anteiligen Einflussgröße zukommt, so gewinnt auch Bautechnikgeschichte erst dann ihre „natürliche“ Bedeutung und Eigenständigkeit, wenn sie sich aus dem Schatten der Wissenschaftsgeschichte löst und den Prozess des Konstruierens in all' seinen historischen Facetten zum zentralen Erkenntnisziel macht. Indem das begonnene Projekt an herausragenden Präparaten exemplarisch und doch ganzheitlich das Wesen des Konstruktionsprozesses auf methodisch angemessenem, breit angelegten Niveau thematisiert, zielt es darauf ab, modellhaft die Möglichkeiten bautechnikgeschichtlicher Grundlagenforschung zu erkunden.

Wir nennen diese Art bautechnikgeschichtlicher Forschung, die einerseits das Bauwerk selbst als zentrale Quelle der Untersuchung begreift, andererseits aus dieser Quelle heraus nicht das Gebäude zu rekonstruieren und zu interpretieren sucht, sondern eben den Prozess des Konstruierens, - Archäologie des Konstruierens.

Zum weiter Lesen

- Lorenz, Werner: Building with Iron in Nineteenth Century Bavaria: The Valhalla Roof Truss and its Architect Leo von Klenze. In: Construction History, Vol. 17, 2001, S. 55-74.
- Lorenz, Werner: Stülers Neues Museum - Inkunabel preußischer Konstruktionskunst im Zeichen der Industrialisierung. In: Zentralinstitut für Kunstgeschichte (Hrsg.): Die Museen in Berlin., München, Deutscher Kunstverlag 1994, S. 99-112.
- Fedorov, Sergej: Matthew Clark and the origins of Russian structural engineering, 1810-40s: an introductory biography. In: Sutherland, R.J.M. (Hrsg.): Studies in the History of Civil Engineering. Vol. 9 - Structural iron 1750-1850. Aldershot UK u.a. 1997, S. 103-122.
- Lorenz, Werner: Konstruktion als Kunstwerk. Bauen mit Eisen in Berlin und Potsdam 1797-1850. Berlin, Gebr. Mann 1995

Abbildungen

- Abb. 1 Arbeiter im Walzwerk, um 1845 (Illustrierte Zeitung, 1845, nach Lorenz, Konstruktion als Kunstwerk, 1995)
- Abb. 2 Ansicht der Walhalla bei Niederstauf, Gemälde Leo von Klenze, 1836 (Nerdinger, Leo von Klenze, 2000)
- Abb. 3 Walhalla, hybrider Binder über dem Opisthodom (Aufnahme Lorenz, 1999)
- Abb. 4 Walhalla, Entwurfszeichnung für Binder mit Walzenlager über dem Opisthodom (Stadtmuseum München, Maillinger Archiv)
- Abb. 5 Walhalla, Knoten im Trägerrost mit Walzenlager (Aufnahme Lorenz, 1999)
- Abb. 6 Neues Museum, Ansicht von Osten in August Stülers Tafelwerk von 1862 (Stüler, Das Neue Museum, 1862)
- Abb. 7 Neues Museum, Detail zum Tragwerk des Sterngewölbes im Gotischen Saal, Ausführungszeichnung (Staatliche Museen Berlin)
- Abb. 8 Neues Museum, Details zum Tragwerk im Majolikensaal, Ausführungszeichnung (Staatliche Museen Berlin)
- Abb. 9 Neues Museum, Darstellung der Details im Majolikensaal in August Stülers Tafelwerk von 1862 (Stüler, Das Neue Museum, 1862)
- Abb. 10 Neues Museum, Details zum Bogensehnenbinder im Mythologischen Saal, Entwurfszeichnung (Staatliche Museen Berlin)
- Abb. 11 Neues Museum, Bogensehnenbinder im Niobidensaal (Aufnahme Lorenz, 1995)
- Abb. 12 Neues Museum, Schnitt durch den Nordflügel in August Stülers Tafelwerk von 1862 (Stüler, Das Neue Museum, 1862)
- Abb. 13 Die neue Eremitage in St. Petersburg, Gemälde Luigi Premazzi, 1861 (Nerdinger, Leo von Klenze, 2000)
- Abb. 14 Neue Eremitage, Grat- und Stützbinder im Dachtragwerk des Südwest-Pavillons, Entwurfszeichnung (Archiv Fedorov)
- Abb. 15 Neue Eremitage, Visualisierung des Dachtragwerks über dem Südost-Pavillon (Lehrstuhl Bautechnikgeschichte und Tragwerkerhaltung der BTU Cottbus)
- Abb. 16 Winterpalast, Deckentragwerk über dem Georgsaal (Aufnahme Lorenz, 2002)
- Abb. 17 Winterpalast, Membranverspannter „Clark-Träger“ (Aufnahme Matsenkov, 2004)
- Abb. 18 Winterpalast, Detail im Deckentragwerk über dem Wappensaal (Aufnahme Lorenz, 2002)
- Abb. 19 Neue Eremitage, Spanschlösser im Dachtragwerk des Südwest-Pavillons (Aufnahme Heres, 2002)
- Abb. 20 Neue Eremitage, Hüttenstempel von 1837 im Dachtragwerk des Südwest-Pavillons (von 1844/45) (Aufnahme Heres, 2002)