

# Transparenz, Stringenz und Leichtigkeit

## Eleganz im Brückenbau

Josef Schwartz, Toni Kotnik Brücken verbinden nicht nur Orte, vielmehr sind sie auch im Spannungsfeld von technisch-naturwissenschaftlicher Notwendigkeit und gestalterischer Freiheit ideale Bauwerke des Übergangs.

Brücken sind, insbesondere in der Schweiz, untrennbarer Bestandteil des Lebensraums und der Baukultur. Als wichtige Infrastrukturbauten stellen sie einen der Grundpfeiler unserer mobilen Lebensart dar. Brücken sind Bauwerke, die durch topografische Brüche getrennte Orte miteinander verbinden, sind Mediatoren, sind Bauwerke des Dazwischen. Dieses Dazwischensein ist aber nicht nur in einem materiellen Sinne zu verstehen als gebaute Verbindung zwischen Orten, sondern auch in einem ideellen Sinne. So bezeichnet Christian Menn Brücken als Bauwerke des Übergangs – als Übergang vom Tiefbau zum Hochbau oder vom Ingenieurwesen zur Architektur, also als Bauwerke zwischen technisch-naturwissenschaftlicher Notwendigkeit und gestalterischer Freiheit.

### Mathematik und Formensprache

Die weit verbreitete Vorstellung von der Eleganz im Brückenbau als Resultat einer abstrakten Schönheit auf Basis von mathematisch beschreibbaren mechanischen Zusammenhängen greift somit zu kurz. Der in den Ingenieurwissenschaften häufig zu beobachtende Reflex der argumentativen Absicherung durch das numerisch Fassbare, etwa die Spannweite, den Schlankheitsgrad oder die Brückenform als Resultat des Kräfteverlaufs, kann weder als ausreichende Antwort auf die Frage nach den Entwurfskriterien einer eleganten Brücke noch für deren Beurteilung betrachtet werden. So fol-

gen beispielsweise Menns Letziwaldbrücke bei Avers Cresta und die Crestawaldbrücke bei Sufers den statischen Prinzipien für Bogenbrücken und unterscheiden sich doch deutlich in ihrer Formensprache. Die Mathematik der Naturgesetze gibt keine Antwort auf das Wie oder Warum der Gestaltung, sondern beschreibt lediglich ein Geflecht von kausalen Beziehungen zwischen verschiedenen Grössen, das durch den Brückenbauer in einem Entwurfsprozess erst noch eine konkrete Ausformung erfahren muss.

Dies wird bei den erwähnten Brücken von Christian Menn besonders deutlich: Bei beiden wird die Stabilisierung durch das gleiche Prinzip des Zusammenspiels von Bogen und Fahrbahnträger erreicht. Bei der Letziwaldbrücke erfolgt die Aussteifung der Brücke vor allem durch den Bogen, der kräftig gestaltet ist, in Anlehnung an die Salginatobelbrücke von Robert Maillart eine variable Höhe aufweist und monolithisch mit dem schlankeren Träger verschmilzt. Die dadurch möglich gewordene kleinere Pfeilhöhe verleiht dem Bauwerk eine ausserordentliche Dynamik, die durch die Formgebung des Bogens noch verstärkt wird. Die anschwellende Linienführung gibt der Brücke eine angespannte Konzentriertheit – wie eine Wildkatze im Sprung überwindet die Letziwaldbrücke die steil abfallende Schlucht. Die Dominanz des Bogens sowohl in statischer wie auch in visueller Sicht unterstreicht den mutigen Brückenschlag im topografisch schwierigen



Christian Menn: Letziwaldbrücke, Avers Cresta, 1960. – Bild: zvg



Christian Menn: Crestawaldbrücke, Sufers, 1959. – Bild: zvg

Gelände. Die Crestawaldbrücke hingegen wird mit Hilfe des Fahrbahnträgers ausgesteift. Der Bogen und die verbindenden Stützen werden hierdurch entlastet und können schlank gehalten werden. Dies führt zu einer hohen Transparenz des Bauwerks und betont die Öffnung des Tals. Durch die Grosszügigkeit der Linienführung des Bogens scheint die Brücke entspannt in der umgebenden Landschaft zu ruhen.

Diese beiden Beispiele machen deutlich, dass der Bau einer eleganten Brücke einen entwerfenden Bauingenieur voraussetzt, also eine synthetisch denkende Person mit solidem Fachwissen und einem starken Gestaltungswillen. Darauf hat bereits Le Corbusier hingewiesen und dafür den Begriff des «schöpferischen Konstrukteurs» geformt: «Ingenieur: das bedeutet Analyse und Berechnung; Konstrukteur: das bedeutet Synthese und schöpferische Tat.» Elegante Bauwerke können daher nur entstehen, wenn die innere Logik der technisch-naturwissenschaftlichen Notwendigkeit mit der äusseren Logik der gestalterischen Freiheit zu einer Einheit wird und sich beide gegenseitig bedingen. Neben der Spannweite, dem Schlankheitsgrad oder der Geometrie des Tragwerks in Abhängigkeit des Kräfteflusses müssen aus diesem Grund auch die Beziehung von Brücke und Landschaft, der Grad der Transparenz respektive die Frage der visuellen Präsenz ebenso wie die Materialisierung thematisiert werden. Ein eleganter

Brückenbau zeichnet sich dadurch aus, dass die ingenieurwissenschaftliche Sprache der Statik und die architektonische Sprache der Formen und Materialien in Einklang stehen.

#### Logik und Ästhetik

Das Elegante hat also sowohl rationale wie auch sinnliche Aspekte. Die Eleganz des Rationalen offenbart sich aber nicht wie häufig angenommen in der mathematischen Beschreibung der statischen Gesetzmässigkeiten, sondern im Denken, das durch Formeln und abstrakte Beschreibungen ausgedrückt wird. Es offenbart sich in den Beweisen der mathematischen Aussagen, in denen sich die rationale Eleganz zeigt. So schreibt Hans Magnus Enzensberger: «Es ist kein Zufall, dass den meisten Mathematikern ästhetische Kriterien nicht fremd sind. Es genügt ihnen nicht, dass ein Beweis stringent ist; ihr Ehrgeiz zielt auf «Eleganz.» Und Henri Poincaré ergänzt: «Das Ästhetische mehr als das Logische ist die dominierende Komponente in der mathematischen Kreativität.» Dieses Ästhetische, die Eleganz im Rationalen, zeigt sich im Dreiklang von Transparenz, Stringenz und Leichtigkeit. Mit der Transparenz wird das Komplizierte einfach und folgerichtig, mit der Stringenz wird deutlich, worauf es wirklich ankommt und die Methodik der Argumentation lässt für einen Augenblick die Leichtigkeit des Denkens erahnen.



Ponte dei Salti, Lavertezzo, verm. 18. Jh., nach der Überschwemmung von 1951 erneuert. – Bild: Autoren

Die Eleganz des Rationalen ist demnach eine Art von «einfühelndem Schauen und Aufdecken», eine Methode des Verstehens, wie sie von Edmund Husserl als Ausgangspunkt der phänomenologischen Philosophie definiert worden ist. In einem phänomenologischen Lesen der architektonischen Sprache der Formen und Materialien eines Brückenprojektes kann das Elegante im Gestaltungswillen sichtbar werden. Wie die rationale Eleganz zeigt sich die sinnliche Eleganz in der Transparenz, der Stringenz und der Leichtigkeit einer Brücke. In der Transparenz wird die Einfachheit und Folgerichtigkeit des Entwurfs in Bezug auf die technischen wie auch kontextuellen Rahmenbedingungen deutlich, in der Stringenz zeigt sich seine Reduziertheit auf das Wesentliche und mit der Leichtigkeit wird die dem Entwurfsprozess eingeschriebene Notwendigkeit der Entwicklung deutlich.

Beim Ponte dei Salti über die Verzasca bei Lavertezzo sind die angeführten Kriterien der Eleganz auf natürliche Art und Weise erfüllt worden: Die Reduziertheit der zur Verfügung stehenden Mittel hat zu einer Konzentration auf das Wesentliche geführt. Als Baumaterial kam nur der vor Ort anstehende Gneis in Frage. Für die tragenden Bögen wurde das Gestein radial entlang der Bogenlinie angeordnet, für den Bogentrog wurde es horizontal geschichtet. Der Ort für die Brücke wurde derart gewählt, dass eine Zwischenabstüt-

zung einfach realisiert und somit die notwendigen Spannweiten reduziert werden konnten. Die Brücke erscheint dadurch an die natürlichen topografischen Gegebenheiten angepasst. Zur weiteren Optimierung der statischen Verhältnisse wurde der Bogentrog nicht bis auf eine über die gesamte Brückenlänge konstante Kote aufgefüllt, sondern qualitativ der Bogenform angenähert, was in einer leicht wellenförmigen Linie der Brückenoberkante resultiert und die weiche Formensprache des ausgewaschenen Gesteins im Flussbett widerspiegelt. Das lokale Gestein als Baumaterial fördert zusätzlich die Integration der Brücke in die Landschaft. Es sind diese so selbstverständlich erscheinenden Gegebenheiten, die der Brücke ihre Eleganz verleihen. Alle entwerferischen Entscheide wurden intuitiv auf der Basis praktischer Erfahrungen getroffen, gab es doch zur Zeit des Baus noch keine theoretischen Berechnungsverfahren. Es sind die offensichtliche sinnliche Transparenz, Stringenz und Leichtigkeit des Baus, die das Rationale des Brückenentwurfs sichern.

Obschon sich die 1890 fertiggestellte Bogenbrücke über den Fabrikkanal der Juracementwerke in Wildeggen formal an die Steinbrücke über die Verzasca anlehnt, werden die dort angeführten Qualitäten des Entwurfs hinsichtlich der Brückenform infolge der Materialsubstitution nochmals deutlich gesteigert. Die damals neu aufkommende Betonbauweise nach dem System Mo-



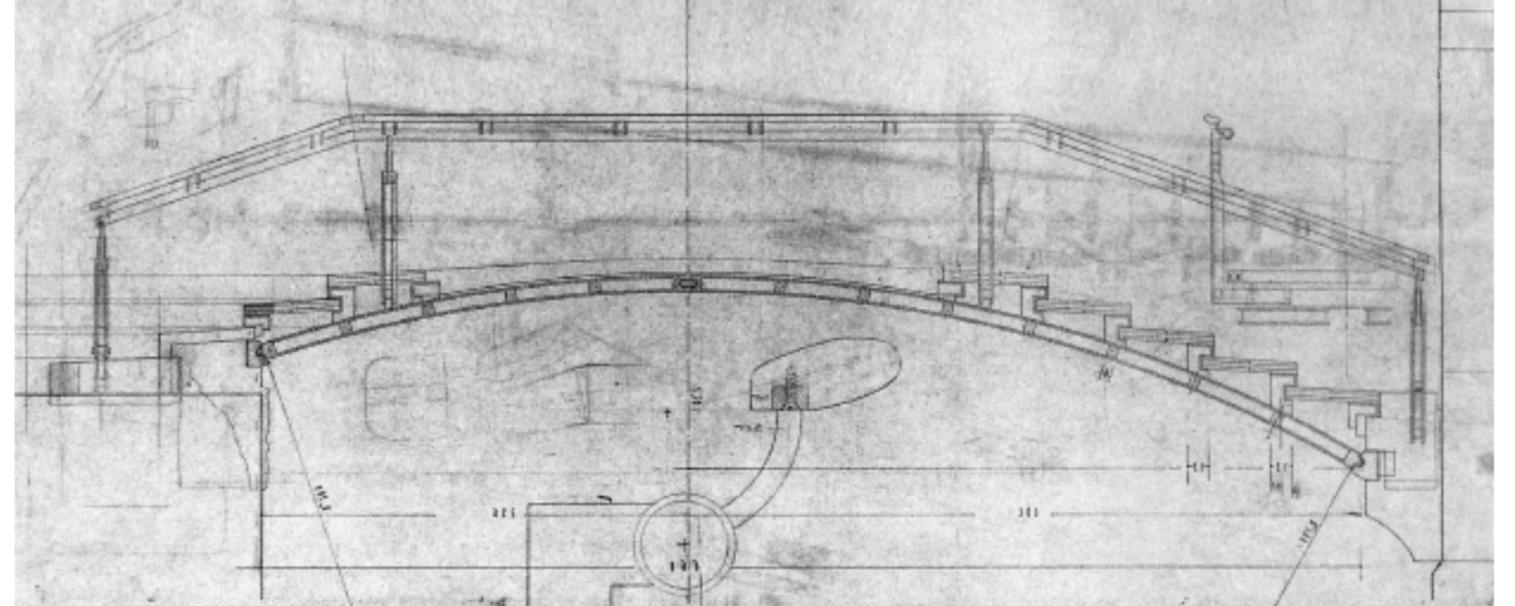
Brücke der Juracementwerke, Wildeg, 1890, nach Belastungsversuchen 1974 abgebrochen. – Bild: Schweizerische Bauzeitung 17(11), 1891, S. 67

nier ermöglichte es, den mutigen Brückenschlag von 37 m einfeldrig bei einer Pfeilhöhe von 3,5 m und einer minimalen Bogenstärke im Scheitel von nur 20 cm zu realisieren. Der Brückenbogen scheint bis an die Grenze des Möglichen gedehnt worden zu sein, während die massiven Brückenköpfe am Ufer fest verankert in sich ruhen. Durch die geringe Pfeilhöhe fügt sich der Brückenkörper in die Umgebung ein und verbindet die beiden Uferseiten durch seine minimale Erscheinung auf zurückhaltende Weise. Der herausragende Gestaltungswille wird in diesem Herantasten an die Geometrie der physikalischen Limite spürbar. Wichtige Randbedingungen wie der Bauvorgang und die Frage der Wirtschaftlichkeit dienen als Triebfedern bei der Reduktion auf das absolut Notwendige. Aus diesem Drang zum kontinuierlichen Rationalisieren der Gegebenheiten entspringt die elegante Erscheinung der Brücke.

Carlo Scarpas Entwurf der kleinen Kanalbrücke in Venedig markiert den Eingang zur Fondazione Querini Stampalia und interpretiert die klassischen venezianischen Bogenbrücken der Umgebung auf zeitgemässe Weise. Der tragende Steinbogen wird in zwei schlanke Stahlbögen übersetzt, der gemauerte Bogentrog in eine Beplankung aus Eichenholz übertragen. Die Stahlbögen bestehen aus zwei sich gegenseitig stützenden Halbbögen, die in Auflagern aus istrischem Marmor abgestellt sind. Damit werden die unterschiedlichen Funktionen der Brückenelemente durch die Differenzierungen im Material wahrnehmbar. Die unterschiedlichen Höhen der Auflager gleichen sich durch die Verschiebung des Bogenscheitels aus. Hierdurch wird die Geometrie des Bogens meisterhaft in Einklang gebracht mit der schwierigen «topografischen» Situation

– ohne die klassische Form der Bogenbrücke verändern zu müssen. Die Asymmetrie bringt Spannung in den Brückenkörper und erzeugt einen sanften Schwung, der den Besucher empfängt und ihn förmlich in den Palazzo der Fondazione hineingleiten lässt. Die Leichtigkeit der Bewegung wird unterstützt durch die Offenheit des Geländers. Sowohl der Materialwechsel zwischen Geländertragwerk und Handlauf als auch deren formale Ausbildung unterstreichen – im Einklang mit dem gesamten Brückenentwurf – den Kräfteverlauf des Tragwerkes. Es sind die Ausgewogenheit der technischen und tektonischen Ausbildung dieser Elemente und die Gleichzeitigkeit von rationaler und sinnlicher Eleganz, die Scarpas Brückenentwurf den besonderen Reiz verleihen.

Aus der Diskussion der angeführten Beispiele wird deutlich, dass die Eleganz im Brückenbau das Resultat einer sowohl wissenschaftlichen wie auch architektonischen Auseinandersetzung mit der Bauaufgabe ist. Transparenz, Stringenz und Leichtigkeit entstehen in der Umsetzung der technisch-naturwissenschaftlichen Notwendigkeit bei gleichzeitiger Ausnützung der gestalterischen Freiheit. Aspekte der Wirtschaftlichkeit und der Baurealisation können für das Streben nach Eleganz durchaus förderlich sein, denn es sind häufig diese Rahmenbedingungen, welche die Suche nach effizienten Lösungen motivieren. Doch wie Menn bereits betont hat, ist «eine echte Brücke ein kultiviertes Tragwerk». Für den Ingenieur besteht daher nicht nur eine Verpflichtung gegenüber den Kosten, «denn was bleibt, ist nicht die Abrechnungssumme, sondern die Brücke in ihrer Beziehung zur Zeit und zur Landschaft, in die sie hineingebaut wurde.»



Carlo Scarpa, Entwurf für die Brücke bei der Fondazione Querini Stampalia, Venedig, 1963. – Bild: Autoren

**Joseph Schwartz** (\*1957) dipl. Bauing. ETH, Dr.sc. techn. ETH, Bauingenieur. Studium an der ETH Zürich, 1989 Promotion. 1981–1989 Assistent an der ETH, 1990 Oberassistent. 1991–2001 Mitinhaber eines Ingenieurbüros in Zug, seit 2002 eigenes Ingenieurbüro in Zug und enge Zusammenarbeit mit führenden Schweizer Architekten. 2001–2008 Dozent an der Fachhochschule Zentralschweiz in Luzern. Seit 2008 Professor für Tragwerksentwurf an der ETH.

**Toni Kotnik** (\*1969) M. Arch., dipl. Math., Dr. sc. nat., Architekt. Studium an der Universität Tübingen, der University of Utah und der ETH Zürich, Nachdiplom in Computer Aided Architectural Design. 1998 Promotion an der Universität Zürich. 2001–2007 Dozent an der Fachhochschule Zentralschweiz in Luzern. Seit 2007 Dozent an der Architectural Association in London, seit 2008 Oberassistent an der ETH und eigenes Architekturbüro in Zürich.

**résumé** **Transparence, rigueur et légèreté** L'élégance dans la construction des ponts Les ponts sont des ouvrages architecturaux de l'entre-deux. Un entre-deux qu'il ne faut pas comprendre seulement dans son sens matériel comme liaison construite entre deux endroits, mais aussi dans son sens idéal. Les ponts sont en effet des ouvrages de passage qui doivent satisfaire à la fois aux contraintes techniques et aux nécessités de la liberté créatrice. Il est donc limitatif de croire, comme le font beaucoup, que l'élégance dans la construction de ponts est le résultat d'une beauté abstraite qui se baserait sur une cohérence mécanique explicable mathématiquement. Les mathématiques des lois de la nature ne répondent pas à la question du comment et du pourquoi de la création. La construction d'un pont élégant suppose que l'ingénieur soit doué d'une pensée synthétique, qu'il dispose tout à la fois de solides connaissances techniques, d'une forte volonté créatrice et de la capacité de concilier le langage de la statique des sciences de l'ingénierie avec le langage architectural des formes et des matériaux. Ce n'est qu'à travers cette réflexion aussi bien scientifique qu'architecturale que l'ouvrage à

construire respirera l'élégance, comme un accord entre la transparence, la rigueur et la légèreté. Un pont comme ouvrage porteur cultivé.

**summary** **Transparency, Stringency and Lightness** Elegance in bridge building Bridges are structures in-between. This state of being in-between should not be understood purely in the material sense of the bridge as a built connection between places, but also in a more theoretical sense, because bridges are structures of transition between technical-scientific necessity and design freedom. The widespread notion that elegance in bridge building is the result of abstract beauty based on mechanisms that can be described mathematically is somewhat simplistic. The mathematics of natural scientific laws do not provide answers to the design questions how or why. It is far more the case that the construction of an elegant bridge requires a designer-engineer, a person who can think synthetically, who has profound specialist knowledge and a strong will to design combined with the ability to harmonise the engineering language of structural design with the architectural language of forms and materials. It is only through a scientific and architectural examination of the construction task that elegance emerges as triad of transparency, stringency and lightness, producing a bridge that is a cultivated structure. ■