

WETTBEWERBE: SAURER WERKZWEI IN ARBON

MAGAZIN: HYBRIDE LANDSCHAFTSMODELLIERUNG | EIN HAUS DER BAUKULTUR IN BASEL

# PIER LUIGI NERVI

NEUGIER UND OBSESSION | VOM STAHL ZUM BETON | EXPERIMENTE | GRAFISCHE STATIK

SIA: FIT FÜR WETTBEWERBE | AUFTRAGSBESTAND IN REKORDHÖHE

# TEC21

sia

NR. 37

6. SEPTEMBER 2013





Modell der Arena von Norfolk (Virginia) aus Kunstharz im Mst. 1:50, getestet am Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES) in Bergamo, 1967.  
(Foto: Archivio Storico ISMES)

## PIER LUIGI NERVI

Die Bauwerke, die der italienische Ingenieur Pier Luigi Nervi (1891–1979) im Lauf seines rund 60 Jahre umfassenden Schaffens projektierte, faszinieren, weil in ihnen Form und Konstruktion aufeinander bezogen sind: Die in Rippen aufgelöste Kuppel beim Palazzetto dello Sport in Rom (1956–57) erzeugt eine zeltartige Wirkung; beim Stadio Berta in Florenz (1929–32) erwächst die Spannung aus dem «statischen Paradox»<sup>1</sup>; die formale Plastizität des Ponte del Risorgimento in Verona (1963–68) ist eine direkte Antwort auf die konstruktiven Probleme; und die emblematische Wirkung der St. Mary's Cathedral in San Francisco (1966–71) machen acht auf einem griechischen Kreuz angeordnete hyperbolische Paraboloiden aus.

Diese Kirche war indes auch der Schwanengesang – auf Nervis experimentelle Methode der Tragwerksprüfung und auf seine Firma: Die Untersuchungen am Modell, die der Ingenieur 1964–65 durchgeführt hatte und die seine Intuition bestätigten («Experiment als Instrument»), wurden ihrerseits bald darauf durch Computerberechnungen überprüft und mithin obsolet gemacht. Aus *ingegneria* wurde *engineering*. Dieses besiegelte nicht nur das Ende des von Nervi als Familienbetrieb geführten Unternehmens, sondern auch eines ganzen Zeitalters des Bauingenieurwesens. Pier Luigi Nervi geriet nach seinem Tod zunächst in Vergessenheit – ehe seine Wiederentdeckung einsetzte. Entschlüsselt ist das Phänomen nach wie vor nicht, ist Carlo Olmo überzeugt («Neugier und Obsession»). Der Kurator der Ausstellung, die ab 19. September an der ETH Zürich gezeigt wird, verweist u. a. auf Nervis vielfältige Inspirationsquellen – seine Sammlungen von Pflanzen und von Büchern über Mikroorganismen, aus denen sich seine organische Ader speiste.

Einen weiteren Schatz, den es noch zu heben gilt, sind seine zahlreichen Fotografien, auf denen er Bauwerke nahezu aller Epochen seit der griechischen Antike einfing. Eine Art *musée imaginaire*, in dem er «ad hoc fischte» (Olmo). Auf dem Weg «vom Stahl zum Beton» sind sie auszumachen, die Zitate und Anspielungen.

Bereits initiiert ist, von Nervi zu lernen, ihn als Vorbild zu etablieren. Die BLOCK Research Group revitalisiert seine Lehre, seine Experimente und seine Tragwerke: Während eines Jahres lernten Studierende von Gianni Birindelli nach Nervis gleichnamigem Buch «Costruire correttamente». Die grafische Statik wird digital nachgebildet («Grafische Statik»), und die gewölbten Rippendecken des Palazzo del Lavoro in Turin (1959–60) und des Palazzetto dello Sport werden als Kombination beider Strukturen «modelliert» und ebenfalls in der Ausstellung präsentiert.

Dr. Rahel Hartmann Schweizer, hartmann@tec21.ch

### Anmerkung

1 Pier Luigi Nervi, *Architettura come Sfida*, in: Palazzote 1525, 8.–25.11.2012, Mantua, o. S.

### 5 WETTBEWERBE

Saurer WerkZwei in Arbon

### 9 MAGAZIN

Hybride Landschaftsmodellierung | Ein Haus der Baukultur für Basel | Neubauten – in Kürze

### 16 NEUGIER UND OBSESSION

Rahel Hartmann Schweizer Carlo Olmo, Professor am Politecnico von Turin, analysiert im Gespräch die komplexe Persönlichkeit Pier Luigi Nervis.

### 18 VOM STAHL ZUM BETON

Jürg Conzett Zwischen den Fachwerken des 19. Jahrhunderts in Eisen und Stahl und Nervis filigranen Betontragwerken besteht ein überraschender Zusammenhang.

### 20 EXPERIMENT ALS INSTRUMENT

Gabriele Neri Pier Luigi Nervi verliess sich nicht auf abstrakte konstruktionswissenschaftliche Berechnungen, sondern prüfte seine Tragwerke am Modell.

### 23 GRAFISCHE STATIK

Tom Van Mele, Claudia Ernst, Philippe Block Lernen von Nervi könnte z. B. heissen, sich auf die grafische Statik zu besinnen. Die BLOCK Research Group an der ETH Zürich greift auf diese Methode zurück.

### 27 SIA

Fit für Wettbewerbe | Auftragsbestand in Rekordhöhe

### 31 FIRMEN

SVGG | DM Bau

### 37 IMPRESSUM

### 38 VERANSTALTUNGEN

# GRAFISCHE STATIK ZUM VERSTÄNDNIS DER KRÄFTE

Mit den Mitteln der grafischen Statik suchte Pier Luigi Nervi einerseits der zunehmenden Trennung von Architektur und Ingenieurwissenschaften in zwei voneinander unabhängige Disziplinen zu begegnen. Andererseits verlagerte er damit das Gewicht von der «konstruktiven Intuition» hin zur «Kenntnis[se] dieser mathematischen Entwicklungen, welche [...] die sogenannte Theorie der Tragstrukturen begründen». Die BLOCK Research Group an der ETH Zürich greift auf diese Methode zurück und hat mit eQUILIBRIUM, eine internetbasierte Lehr- und Lernplattform für den Tragwerksentwurf entwickelt.

Pier Luigi Nervi ist für seine eleganten Bauwerke in Stahlbeton wie etwa den Palazzetto dello Sport in Rom und den Busbahnhof an der George Washington Bridge in New York bekannt. Er vertrat eine Haltung, die er als «konstruktive Ehrlichkeit» bezeichnete, und förderte durch sein Werk eine ganzheitliche Herangehensweise an den architektonischen Entwurf mit dem Ziel, den Zusammenhang zwischen Ästhetik und tragstruktureller Effizienz zu stärken. Wie andere Konstrukteure seiner Zeit, z. B. Robert Maillart, Gustav Eiffel und Eladio Dieste, verwendete Nervi die grafische Statik als Grundlage für viele seiner Entwürfe und Berechnungen. Die grafische Statik ist ein Verfahren zur Ermittlung des statischen Gleichgewichts von Tragwerken mittels geometrischer Konstruktionsweisen. Sie basiert auf dem Zusammenhang zwischen der geometrischen Form und dem inneren Kräftefluss eines Tragwerks, der durch reziproke Diagramme, den Lageplan und den Kräfteplan, dargestellt wird. Nervi sah in der Verbreitung grafischer Methoden ein Mittel, wichtigen Herausforderungen seiner Zeit zu begegnen. Dies war zum einen die zunehmende Trennung von Architektur und Ingenieurwissenschaften in zwei voneinander unabhängige Disziplinen, die sich in der Entstehung separater Fachbereiche widerspiegelte. Zum anderen war es die Abkehr von der sogenannten «konstruktiven Intuition» zugunsten der »Kenntnisse dieser mathematischen Entwicklungen, die [...] die sogenannte Theorie der Tragstrukturen begründen»<sup>1</sup>. Er forderte, dass die grafische Statik eine wichtige Rolle in der Ausbildung sowohl von Architekten als auch von Ingenieuren spielen solle, «da ihre Handhabung gegenüber analytischen Methoden ein direktes Verständnis der Kräfte, ihrer Zusammensetzung, ihrer Zerlegung und ihres Gleichgewichts ermöglicht»<sup>2</sup>.

## ANALYTISCHE METHODEN VERDRÄNGEN GRAFISCHE STATIK

Abb. 02 zeigt die Fotografie einer Zeichnung Nervis zur grafischen Ermittlung des Tragverhaltens der Flugzeughallen in Orvieto, Orbetello und Torre del Lago Puccini unter dem Einfluss verschiedener Nutzlasten. In der Zeichnung wird sowohl eine gleichmässig über die gesamte Spannweite verteilte Schneelast als auch eine Kombination aus einer ungleichmässig verteilten Schneelast und einer Windlast untersucht. Die Annahme, dass jede der dokumentierten Weiterentwicklungen des Entwurfs eine ähnliche grafische Untersuchung erfordert hätte, verdeutlicht, dass die Verwendung der grafischen Statik mit zunehmenden Anpassungen mühsam und zeitaufwendig werden kann. Dies mag einer der Gründe dafür sein, dass grafische Methoden mit dem Anbruch des Informationszeitalters von analytischen und numerischen Methoden verdrängt wurden. Heute lassen sich die Methoden der grafischen Statik mithilfe neuer digitaler Werkzeuge in parametrischen CAD-



01

Programmen verwenden, in denen geometrische Abhängigkeiten regelbasiert definiert werden können. Dies ermöglicht die Konstruktion interaktiver Zeichnungen, die sich vom Nutzer dynamisch verändern lassen, und erlaubt die Echtzeitvisualisierung der wechselseitigen Beziehung von Form und Kraft innerhalb eines statischen Systems.

### NERVI ALS VORBILD

Inspiziert von Nervis didaktischen Methoden und mittels der beschriebenen Möglichkeiten entwickelte die BLOCK Research Group an der ETH Zürich eEQUILIBRIUM<sup>3</sup>, eine internet-basierte Lehr- und Lernplattform für den Tragwerksentwurf. Über die Auseinandersetzung mit interaktiven Modellen statischer Systeme bietet eEQUILIBRIUM Architekturstudenten die Möglichkeit, frühzeitig ein intuitives Verständnis für das Tragverhalten ihrer Entwürfe zu entwickeln. Ziel ist es, in Anlehnung an Nervi einen ganzheitlichen Ansatz zu fördern, der Tragwerksentwurf und Tragwerksanalyse in einen Prozess integriert.

Die Lernplattform eEQUILIBRIUM dient nicht nur zur Veranschaulichung der Methoden der grafischen Statik, sondern erläutert zugleich, wie komplexe Tragwerke – beispielsweise die Flugzeughallen von Nervi oder die Salginatobel-Brücke von Maillart – mithilfe einfacher geometrischer Methoden entworfen und analysiert werden können.

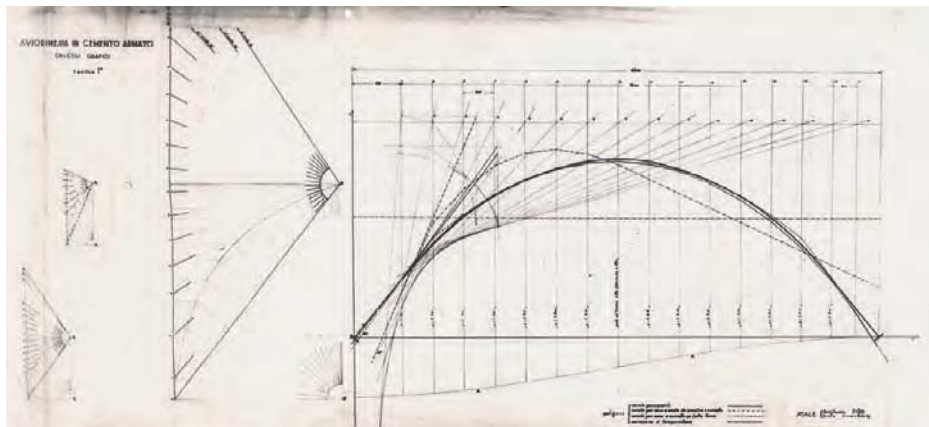
**01 Innenansicht Flugzeughalle Orvieto, 1935.**  
(Foto: anonym, freundlicherweise zur Verfügung gestellt von der Pier Luigi Nervi Project Association)

**02 Grafische Darstellung der Berechnungen der verschiedenen Belastungsbedingungen der Flugzeughalle, Orvieto.**

(Foto: MAXXI, Archivio Pier Luigi Nervi)

**03 Interaktive grafische Darstellung des Tragverhaltens unter Eigengewicht.**

**04 Interaktive grafische Darstellung des Tragverhaltens unter dem Einfluss einer beweglichen Nutzlast.** (Grafiken: eEQUILIBRIUM, block.arch.ethz.ch/equilibrium)



02

Momentaufnahmen (Abb. 03) einer interaktiven Zeichnung auf eQUILIBRIUM veranschaulichen die Analyse des Tragverhaltens der Flugzeughallen von Nervi sowohl unter ihrem Eigengewicht als auch unter dem Einfluss einer beweglichen Nutzlast. Im Querschnitt haben die Flugzeughallen eine parabolische Form. Das Eigengewicht kann in einzelne Punktlasten zerlegt werden, die auf die Knotenpunkte der rhombischen Gitterstruktur einwirken. Die horizontale Verteilung der Lasten ist jedoch nicht gleichmässig, denn das Gewicht der Parabelsegmente variiert je nach deren Länge. Daher lässt sich eine geringe Abweichung der Kettenlinie, die dem tatsächlichen Gewicht des Tragwerks entspricht, von dessen parabolischer Mittelachse feststellen. Sie liegt jedoch innerhalb der Geometrie des Tragwerks. Der Nutzer kann mithilfe eines Schiebereglers den Konstruktionsprozess der Zeichnung Schritt für Schritt nachvollziehen.

Die Wirkung einer zusätzlichen Punktlast, die an unterschiedlichen Positionen entlang der Spannweite der Dachstruktur platziert wird, ist in Abb. 04 illustriert. Der Nutzer kann die Position und Grösse der Punktlast interaktiv verändern und so das Tragverhalten der Struktur unter verschiedenen Lastfällen untersuchen. Wer wie Nervi entwerfen möchte, kann mit eQUILIBRIUM auf spielerische Weise interaktive Formfindungsprozesse und die grundlegende Analyse zweidimensionaler Tragwerkssysteme erforschen. Die Online-Lernplattform ist ein Beispiel dafür, dass die von Nervi angewandten Methoden bis heute nichts an Aktualität verloren haben – im Gegenteil, dank digitaler Werkzeuge sind sie vielleicht relevanter denn je.

#### Anmerkungen

1 P. L. Nervi, Structures. Chicago 1956.  
F.W. Dodge Corp., S. 24.

2 Ebd., S. 21.

3 eQUILIBRIUM, block.arch.ethz.ch/equilibrium

**Dr. Tom Van Mele**, van.mele@arch.ethz.ch

**Claudia Ernst**, dipl. Ing., claudia.ernst@arch.ethz.ch

**Prof. Dr. Philippe Block**, block@arch.ethz.ch

