

DISS. ETH NO. 28878

***THE MODEL AS A WORKING METHOD
HEINZ ISLER'S EXPERIMENTAL APPROACH TO SHELL DESIGN***

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES

(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

GIULIA BOLLER

Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura, Università di Trento

born on *17.06.1990*

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Joseph Schwartz

Prof. Dr. Laurent Stalder

Prof. Dr. John Chilton

Prof. Dr. Antoine Picon

2022

Abstract

The Swiss engineer Heinz Isler (1926-2009) is among the most prominent figures in shell design. Thanks to a form-finding approach based on the use of physical models, he conceived many shell projects in reinforced concrete, from the most common industrial shells developed with the pneumatic membrane principle to the more complex ones with the hanging membrane method. His unconventional shells still represent an important source of inspiration for today's structural engineers. Physical models helped Isler to go beyond the established structural typologies, opening up endless possibilities of shell shapes. If other structural designers used physical models in specific cases, Isler worked with them throughout the entire design and construction process, from the initial concept to form-finding, until the study of the building's structural behaviour on the full-scale shell. The doctoral thesis looks at Isler's unconventional shell design through his physical models. The models are the main actors in his experimental approach. Indeed, not every physical model was built with the same purpose and not every physical model behaved in the same way: they were made with different materials and on different scales. In the design process, the physical model and the data derived from it became alternatively the reference for the next experiment to come. This iterative procedure refined Isler's shell design at a global level, beyond the single projects. From this perspective, even the built shells can be considered as physical models at a full scale, to gain knowledge for the further shells to be constructed. Thanks to the rich documentation stored at gta Archives (ETH Zürich), it is not just possible to understand the successes of Isler's famous shells, but also to inform about issues that occurred during his experimental process. The precise study of Isler's experiments opens up a new perspective on his work by grasping the secret paths of his scientific method. In this way, the design and construction processes are reconstructed. This procedure enables a better understanding of Isler's experimental approach to shell design, by placing him within the broader engineering context of his time.

The doctoral thesis is part of a research project funded by the Swiss National Science Foundation (SNSF) (2018-2022).

Zusammenfassung

Der Schweizer Ingenieur Heinz Isler (1926-2009) gilt als einer der bedeutendsten Gestalter von Schalenträgwerken während des letzten Jahrhunderts. Dank seines auf physischen Modellen basierenden Formfindungsansatzes konzipierte er zahlreiche Schalenprojekte aus Stahlbeton, von den häufigsten industriellen Schalen, die mit dem Prinzip der pneumatischen Membran entwickelt wurden, bis hin zu den komplexeren Schalen mit der Methode der hängenden Membran. Seine unkonventionellen Schalen stellen auch heute noch eine wichtige Referenz für Bauingenieure dar. Physische Modelle halfen Isler, über die etablierten Tragwerkstypologien hinauszugehen und unendliche Möglichkeiten von Schalenformen zu eröffnen. Während andere Ingenieure nur in bestimmten Fällen physische Modelle verwendeten, arbeitete Isler den gesamten Entwurfs- und Bauprozess mit ihnen. Die Dissertation untersucht Islers unkonventionelle Schalenentwürfe anhand seiner physischen Modelle. Die Modelle sind die wichtigsten Akteure in seinem experimentellen Ansatz. Allerdings wurden sie nicht alle mit dem gleichen Zweck gebaut und ihr Verhalten variierte: Sie wurden mit unterschiedlichen Materialien und in unterschiedlichen Massstäben hergestellt. Im Entwurfsprozess wurden das physische Modell und die von ihm abgeleiteten Daten abwechselnd zur Referenz für das nächste Experiment. Dieses iterative Verfahren verfeinerte Islers Entwurf auf einer globalen Ebene, die über die einzelnen Projekte hinausgeht. Aus dieser Perspektive konnten sogar die gebauten Schalen als physische Modelle in vollem Massstab betrachtet werden, um Erkenntnisse für die weiteren zu entwickelnden Schalen zu gewinnen. Dank der reichhaltigen Dokumentation, die dem gta Archiv (ETH Zürich) vorliegt, ist es nicht nur möglich, den Erfolg Islers berühmter Schalen zu verstehen, sondern auch über Probleme zu informieren, die während seines experimentellen Prozesses auftraten. Die präzise Betrachtung von Islers Experimenten eröffnet eine neue Perspektive auf sein Werk, indem sie die Geheimnisse seiner wissenschaftlichen Arbeitsweise erschliesst. Auf diesem Wege werden seine Entwurfs- und Konstruktionsprozesse rekonstruiert.

Die Dissertation ist Teil eines vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderten Forschungsprojekts (2018-2022).

Riassunto

L'ingegnere svizzero Heinz Isler (1926-2009) è una delle figure più importanti nella progettazione di strutture a guscio. Grazie ad un approccio di ricerca della forma basato sull'uso di modelli fisici, egli concepì molti progetti in calcestruzzo armato, dai più comuni gusci industriali sviluppati con il principio della membrana pneumatica a quelli più complessi con il metodo della membrana appesa. Le sue strutture non convenzionali rappresentano ancora oggi un'importante fonte di ispirazione per gli ingegneri contemporanei. I modelli fisici aiutarono Isler ad andare oltre le tipologie strutturali consolidate, aprendo infinite possibilità di forme a guscio. A differenza di altri progettisti strutturali che fecero uso di modelli in casi specifici, Isler li utilizzò durante l'intero processo di progettazione e costruzione, dal concetto iniziale alla ricerca della forma, fino allo studio del comportamento strutturale dell'edificio in scala reale. La tesi di dottorato esamina il metodo progettuale di Isler attraverso i suoi modelli fisici. I modelli sono gli attori principali del suo approccio sperimentale. Infatti, non tutti i modelli fisici furono costruiti con lo stesso scopo e non tutti i modelli fisici si comportarono allo stesso modo: essi vennero realizzati con materiali diversi e a scale diverse. Nel processo di progettazione, il modello fisico e i dati da esso derivati divennero alternativamente il riferimento per l'esperimento successivo. Questa procedura iterativa perfezionò il progetto dei gusci di Isler a livello globale, al di là dei singoli progetti. Da questo punto di vista, anche i gusci costruiti possono essere considerati come modelli fisici in scala reale, per acquisire conoscenze fondamentali per la costruzione dei gusci successivi. Grazie alla ricca documentazione conservata presso gli Archivi gta (ETH Zürich), non solo è possibile comprendere i successi dei famosi gusci di Isler, ma anche ottenere informazioni sui problemi che si sono verificati durante il processo sperimentale. Lo studio preciso degli esperimenti di Isler apre una nuova prospettiva sul suo lavoro, cogliendo i percorsi segreti del suo metodo scientifico. In questo modo, i processi di progettazione e costruzione vengono ricostruiti. Ciò permette di comprendere meglio l'approccio sperimentale di Isler alla progettazione delle sue strutture, collocandolo nel più ampio contesto ingegneristico dell'epoca.

La tesi di dottorato fa parte di un progetto di ricerca finanziato dal Fondo Nazionale Svizzero (FNS) (2018-2022).