

Diss. ETH No. 23859

Airflow analysis in the architectural design process

A thesis submitted to attain the degree of
Doctor of Sciences of ETH Zurich
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by
Maider Llaguno Municha
Dipl. Arch. GSAPP & ETSASS

born on 31.3.1981
citizen of Spain

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Joseph Schwartz (ETH Zurich)
Prof. Dr. Elie Bou-Zeid (Princeton University)
Prof. Dr. Thomas Staubli (HS Luzern)

2016

Zusammenfassung

In dieser Dissertation werden Design- Analyse Workflows präsentiert, die den Einsatz von Luftströmungsanalysen im architektonischen Entwurfsprozess ermöglichen.

Derzeit gelingt es in architektonischen Entwürfen nicht - trotz des wachsenden Bewusstseins über den Einfluss architektonischer Entwurfsparameter auf das benachbarte urbane Mikroklima und die Luftqualität, sowie der Bedeutung von Luftströmungen für die Strukturodynamik - Überlegungen zum Luftströmungsverhalten in die Entwurfskriterien einzubeziehen. Eines der Haupthindernisse für diesen Mangel an Einbeziehung ist den erhältlichen Analysetools für das Studium von urbanen Mikroklimata und Luftströmungsphänomenen geschuldet. Diese Analyseplattformen sind auf hohe Rechnerleistung erfordernde numerische Simulationen und auf technisch schwierige Windtunnel- und Feldexperimente angewiesen, welche hohe Kosten verursachen und auch spezielle technische Expertise für ihr Management erfordern.

Deswegen haben sich die gängigen Analyseplattformen für das Studium von Luftströmungen als unerschwinglich für die meisten Architekturbüros erwiesen. Die Relevanz dieser Dissertation liegt darin, einen Beitrag zu leisten, den Abstand zwischen architektonischem Design und den erhältlichen Luftströmungsanalysemethodiken zu reduzieren. Es wird vorgeschlagen, potentielle Workflows zu suchen, bei denen architektonischer Entwurf und Luftströmungsanalyseplattformen produktive Dialoge etablieren können. Mit dieser Zielsetzung wurden einander ergänzende Workflows für zeitgemäße numerische und experimentelle Plattformen für Luftströmungsanalysen untersucht. Unter Beachtung der 3 Hauptphasen des Entwurfsprozesses, bestehend aus der Konzeptphase, der Entwurfsentwicklungsphase und der Detailplanungsphase, wurden Strategien für den Einsatz von Luftströmungsanalysen entlang dieser Phasen gesucht.

Für die Konzeptphase wird eine Design- Analyse Strategie, die auf dem Studium von typologischen Referenzen basiert, empfohlen. Die Einarbeitung in die Luftströmungsphänomene um Gebäude wird durch dieses Studium ermöglicht. Für die Entwurfsentwicklungsphase wird die Methode der Windtunnelanalyse, die sowohl eine integrierte geometrische Definition und Luftströmungsanalyse als auch eine interaktive Luftströmungsvisualisierung ermöglicht, empfohlen. Schließlich wurde für die Detailplanungsphase ein Design- Analyse Workflow, dem ein leistbares Mikroklimastandortgutachten zugrunde liegt, empfohlen. Dieser Workflow hat niedrige Kosten und leicht zu handhabende urbane Erkundungsstrategien angestrebt, die für Nichtexpertenkreise entworfen sind und solche Fälle zum Ziel haben, für die keine detaillierten urbanen mikroklimatischen Daten des untersuchten Standortes erhältlich sind.

Keywords: Luftströmungsanalyse, Luftqualität, Architektonischer Entwurf, Feldexperimente, Numerische Simulationen, Urbane Mikroklimata, Windtunnelanalyse.

Abstract

In this dissertation, design-analysis workflows to facilitate the introduction of airflow analysis in the architectural design process are presented.

Currently, despite the growing awareness regarding the influence of architectural design parameters on the neighbouring urban microclimates and air quality, as well as the role of airflow in structural dynamics, architectural designs generally fail to include airflow performance considerations within the design criteria. One of the main barriers for this lack of integration is to be attributed to the available analysis tools for the study of urban microclimates and airflow phenomena. These analysis platforms rely on computationally highly demanding numerical simulations and technically onerous wind tunnel and field experiments, which involve high economic expenses as well as specialized technical expertise for their management. Therefore, the available analysis platforms for the study of airflow prove unaffordable for most architectural design practices.

The relevance of this dissertation centres on the contribution to reduce the gap between architectural design and the available airflow analysis methodologies. The focus has been to look for potential work-flows where architectural design and airflow analysis platforms can establish productive dialogues. With this ambition, the research has looked into complementary work-flows to contemporary numerical and experimental airflow analysis platforms. Following the 3 main stages of the design process, that is, the conceptual stage, the design development stage, and the detail design stage, strategies to incorporate airflow analysis along the different stages of the architectural design process have been sought.

For the conceptual stages a design strategy based on the study of typological references is proposed. The rationale behind this approach is that the familiarization to airflow phenomena around buildings can be bred through the study of typological references. For the design development stage, a wind tunnel approach that enables an integrated geometrical definition and airflow analysis as well as an interactive airflow visualization is proposed. Finally, for the detailed design stage, a design-analysis workflow informed by an affordable microclimatic site surveying approach has been proposed. This workflow has aimed at a low-cost and easy to use urban sensing strategy, designed for non-expert communities and targeted for cases where no detailed urban microclimatic data of the site under study are available.

Keywords: Airflow analysis, Air quality, Architectural design, Numerical simulations, Field experiments, Urban microclimates, Wind tunnel analysis.