

Erweiterte Parametrik: Unterstützung beim Entwerfen nachhaltiger Gebäude

Augmented Parametrics: Supporting the Design of Sustainable Buildings

Urs Hirschberg, Martin Kaftan, Markus Manahl, Jiri Pavlicek, Elmar Heß

Architektur muss stets auf eine Vielzahl von Kriterien Rücksicht nehmen. Ein neues Gebäude soll funktional und gestalterisch gute Räume aufweisen und sowohl städtebaulich als auch wirtschaftlich überzeugen. In jüngster Zeit wird die Komplexität dieser sich oft gegenseitig widersprechenden Forderungen aber noch größer: Immer neue Richtlinien und Anforderungen, insbesondere was die Ressourceneffizienz und den Energieverbrauch angeht, müssen beim Bauen berücksichtigt werden. Deshalb setzen heute schon viele Architekturbüros auf die Möglichkeiten des parametrischen Entwerfens.

Während traditionelle CAD (computer-aided design)-Programme eine Art digitaler Zeichenstift waren, entsteht durch das parametrische Entwerfen ein Paradigmenwechsel: Statt dass ein Gebäude in seiner geometrischen Form fixiert wird, erlaubt das parametrische Entwerfen, komplexe Abhängigkeiten zwischen geometrischen Parametern und den daraus generierten Formen festzulegen. Statt einer einzelnen Form wird eine Art Möglichkeitsraum unterschiedlicher Formen aufgespannt.

Gebäudeoptimierung durch erweiterte Parametrik

Das Erstellen eines parametrischen Modells bedeutet einen Mehraufwand, aber sobald es fertig ist, sind Variantenstudien leicht machbar. Dennoch sind die derzeit verwendeten Werkzeuge noch nicht in der Lage, die Entwürfe im Bezug auf Energieverbrauch, Tragwerk, Tageslicht, Kosten usw. zu optimieren. Das liegt daran, dass die heute gängigen integrierten Analyseverfahren auf einer statischen Repräsentation des Entwurfs basieren und ihre Resultate nicht direkt mit parametrischen Modellen rückgekoppelt werden können. Architektinnen und Architekten können ihre Entwürfe deshalb nur iterativ verändern – auf Basis momentaner Analysewerte, ihrer Erfahrung und ihres Wissens über den Einfluss von Änderungen am Entwurf – und ihnen bleibt nichts anderes übrig, als diesen Kreislauf von Analyse und Modifikation zu wiederholen, bis ein bestimmtes Entwurfsziel erreicht ist. Die Optimierung von Entwürfen ist deshalb eine >

Architecture always has to take many criteria into account. New buildings ought to have functional and aesthetically pleasing spaces, they are expected to last and to be urbanistically as well as economically viable. But lately, the complexity of these often contradictory demands is increasing even more. New codes and requirements, especially regarding the efficient use of material resources and energy, have to be taken into account. Due to increasing complexity, many architecture offices have come to embrace the possibilities of parametric design approaches.

While traditional CAD programs were for the most part merely a substitute for the traditional drafting board, parametric design introduced a true paradigm shift: instead of expressing the static geometry of a building, it is now possible to control its design methodology. Parametric design allows complex relationships to be formulated between geometric parameters and a generated shape. Instead of fixing a single form, a solution space of many different forms is created.

Building optimization and augmented parametrics

Developing parametric models means extra work, but it opens up the possibility to study many variations very quickly. Nevertheless, currently available parametric design tools still cannot be used for automatic optimizations of buildings in terms of energy consumption, structure, daylight, cost and so >



Martin Kaftan ist Projektassistent am Institut für Architektur und Medien und Doktorand an der Tschechischen Technischen Universität Prag.

Martin Kaftan is project assistant at the Institute of Architecture and Media and PhD candidate at Czech Technical University Prague.



Markus Manahl ist Projektassistent und Doktorand am Institut für Architektur und Medien.

Markus Manahl is project assistant and PhD candidate at the Institute of Architecture and Media.

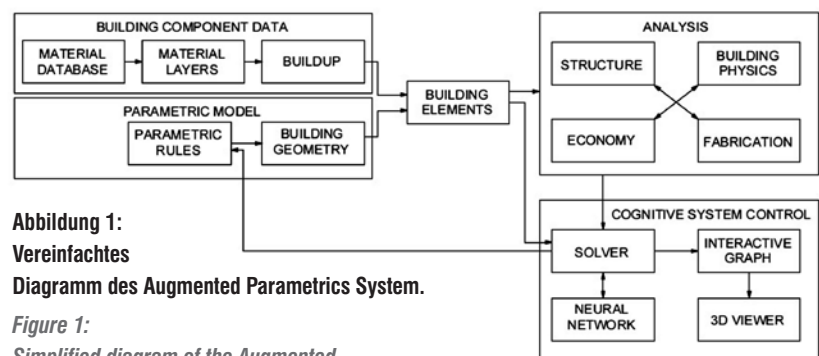
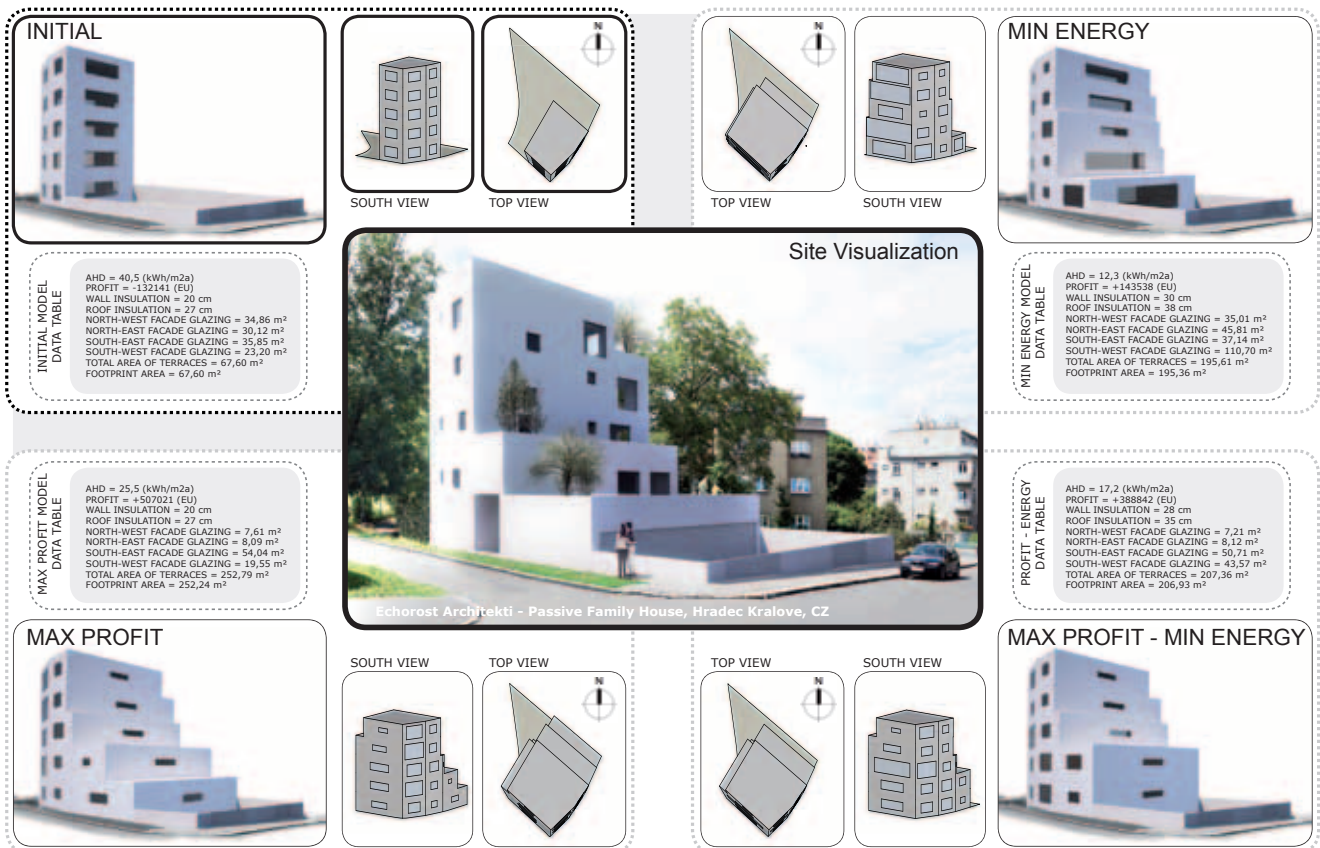


Abbildung 1:
Vereinfachtes
Diagramm des Augmented Parametrics System.

Figure 1:
Simplified diagram of the Augmented Parametrics system.

Bi-Directional Parametrics: Simulation-Based Performative Optimizations



© Projektteam

Abbildung 2:
Performative Optimierungen der Gebäudehülle eines Wohnhauses basierend auf thermischen und ökonomischen Simulationen.

Figure 2:
Performative optimizations of the envelope of an apartment building based on thermal and economic simulations.

langwierige Angelegenheit. Hinzu kommt, dass was unter dem performativen Aspekt ein Gewinn ist, sich negativ auf einen anderen auswirkt. So kann beispielsweise die Dicke der Isolation Energieverluste und damit Haltungskosten reduzieren, auf der anderen Seite bewirkt sie höhere Gebäudekosten und geringere Flächen. Speziell bei geometrisch komplexen Entwürfen, bei denen oft schwer vorherzusagen ist, wie sich Entwurfsänderungen auf performative Charakteristiken auswirken, ist die „händische“ Optimierung beinahe unmöglich.

Unser Forschungsansatz, den wir als erweiterte Parametrik bezeichnen, nimmt sich dieses Problems an. Wir entwickeln ein parametrisches System, das einerseits durch die Integration detaillierter physikalischer Simulationen performanzbasiertes Modellieren erlaubt und andererseits einen einfachen Zugang zu hochentwickelten Optimierungswerkzeugen bietet. Wir erweitern also traditionelle parametrische Systeme durch simultan laufende Simulationsmodule, die bidirektional mit Optimierungsalgorithmen gekoppelt werden.

Das Forschungsprojekt ist in drei Teile strukturiert: erstens in ein Datenpaket, in dem die gesamten Informationen, die für die Analyse eines parametrischen Entwurfs benötigt werden, gesammelt werden. Zweitens in ein Analysepaket mit mehreren rechnerisch effizienten Simulationskomponenten, die modular kombiniert werden können. Dabei entwickeln wir Simulationen für die energietechnische

on. This is because the embedded analytic processes are currently based on static representations of the design and their results do not directly feed back into the parametric model. Architects are therefore only able to modify their design iteratively, based on their personal experience and knowledge about the impact of design changes. They are forced to repeat the modification and/ or analysis cycle until a design criterion is met. For this reason, the optimization of a building is a tedious procedure. What's more, gain for one design criterion often means loss for some other criteria. For example, increasing the thickness of wall insulations on one hand can save a lot of energy and thus decrease maintenance costs; on the other hand, this increases building costs and also reduces floor area. Especially with geometrically complex designs, where predictions about how a change in the design will impact its performance, doing optimizations "by hand" is almost impossible.

Our research approach, which we refer to as Augmented Parametrics, addresses this problem. We are developing a parametric system that supports performance-based modelling by integrating detailed physical simulation modules that also take construction issues into account, while at the same time providing easy access to high-level optimization approaches. Thus we augment traditional parametric systems with multiple concurrent simulation modules that are linked to optimization algorithms in a bi-directional fashion.

Analyse, Tageslichtanalyse, Kostenkontrolle und die statische Effizienz von Gebäudeentwürfen. Den dritten Teil bildet die Cognitive System Control (CSC) – der Optimierungskern, also jene Algorithmen, welche die Parameter eines Modells verändern, um zu einer optimalen Konfiguration zu gelangen. Die CSC beinhaltet außerdem das Interaktionsmodell, das es Benutzerinnen und Benutzern erlaubt, den Optimierungsprozess in einer transparenten Art und Weise zu kontrollieren.

Die Software kann (und soll) nicht „entwerfen“

Selbstverständlich lassen sich nicht alle für die Architektur relevanten Kriterien quantifizieren und es ist nicht die Absicht unseres Programms, die gestalterische Hoheit der Architektinnen und Architekten infrage zu stellen. Im Gegenteil: Die erweiterte Parametrik soll ihnen nur die langweilige Rechenarbeit abnehmen und ihnen dadurch neue gestalterische Freiräume schaffen, ohne dass die wichtigen Fragen der Nachhaltigkeit im Bauen dabei auf der Strecke bleiben. Ein zentraler Aspekt unseres Projekts ist es, Werkzeuge zu schaffen, die schon in frühen Entwurfsphasen einsetzbar sind – nämlich dann, wenn Entwurfsentscheidungen den größten Einfluss auf die Performanz eines Gebäudes haben. Mit den kommenden Herausforderungen, den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen in der Baubranche drastisch senken zu müssen, ist es nur logisch, parametrische Modelle als numerisch definierte, dynamische Entwurfsmodelle mit dem Potenzial numerischer Optimierungsverfahren zu vereinen und von ersten Entwurfsphasen an in den Entwurfsprozess zu integrieren. Wir glauben, dass bidirektionale parametrische Systeme, wie wir sie zurzeit entwickeln, einen signifikanten Beitrag zu einer nachhaltigeren Baupraxis leisten können.

Das Forschungsprojekt „Erweiterte Parametrik“ wird durch den Österreichischen Forschungsfonds (FWF) gefördert (Förder-Nummer TRP 268-N23).

Projektteam:

- Urs Hirschberg
- Elmar Heß
- Markus Manahl
- Martin Kaftan
- Jiri Pavlicek ■

The research is structured around three main parts: first, a data package that collects the information required from a parametric model for the analysis of a design. Second, an analysis package composed of several computationally efficient building performance simulation components that can be combined in a modular fashion. We are developing analysis components for thermal building performance, daylight analysis, building cost control and structural efficiency. The third part is the Cognitive System Control (CSC), which contains the optimization and reconciliation engine – the algorithmic way in which the system “plays” with any given set of parameters in order to arrive at recommendations for improving a design. The CSC also contains an interaction model by which the user can steer and control the optimization process in a transparent fashion.

The software cannot “design” (and isn’t supposed to)

Of course not all criteria relevant to architecture can be quantified and it is not the intention of our program to question the design authority of the architects that use it. On the contrary, augmented parametric functionality is meant to support architects in managing the complex (but boring) aspects of design that can easily be quantified so as to free them up to concentrate on formal explorations while at the same time keeping the important aspects of resource efficiency in check. A central point of our project is to create a workflow that is applicable in the early design stages, when design decisions clearly have the greatest impact on building performance. Given the challenges of radically reducing energy consumption and CO₂ emissions in the building sector that lie ahead, it’s just a logical next step to pair parametric models as numerically driven, dynamic design representations with the capabilities of numerical optimization methods from earliest design stages. We believe that bidirectional parametric systems such as the one we are developing can make a significant contribution towards a more sustainable building practice.

The research project Augmented Parametrics is funded by the Austrian Science Foundation (FWF) under grant TRP 268-N23.

Project team:

- Urs Hirschberg
- Elmar Heß
- Markus Manahl
- Martin Kaftan
- Jiri Pavlicek ■



Urs Hirschberg ist Leiter des Instituts für Architektur und Medien, stellvertretender Dekan an der Fakultät für Architektur und Leiter des FoE „Sustainable Systems“.

Urs Hirschberg is head of the Institute of Architecture and Media, deputy dean at the Faculty of Architecture and head of the FoE Sustainable Systems.



Jiri Pavlicek ist Projektassistent am Institut für Architektur und Medien und Doktorand an der Tschechischen Technischen Universität Prag.

Jiri Pavlicek is project assistant at the Institute of Architecture and Media and PhD candidate at Czech Technical University Prague.



Elmar Heß ist Projektassistent am Institut für Architektur und Medien und Zivilingenieur für Bauwesen in Graz.

Elmar Heß is project assistant at the Institute of Architecture and Media and is a member of the Austrian Chamber of Chartered Engineers in Graz