

INTEGRATE  
INTEGRATE  
INTEGRATE  
INTEGRATE  
INTEGRATE  
INTEGRATE  
INTEGRATE

Architecture Under the Influence  
of Climate Change

Eds. Arno Schlueter  
Krishna Bharathi

## Dear Reader

Thank you for downloading our Open Access publication!

vdf Hochschulverlag is actively promoting Open Access  
and has been publishing free eBooks from various subject areas since 2008:

[Overview Open-Access-Titles](#)

## Would you like to publish Open Access as well?

vdf Hochschulverlag will make your publication available for downloading  
in webshops as well as ETH Research Collection

Please contact us at [verlag@vdf.ethz.ch](mailto:verlag@vdf.ethz.ch)

You can support Open Access easily.

[Here is our Donate Button](#)

**Thank you very much!**





## INTEGRATE



# INTEGRATE

Architecture Under the Influence  
of Climate Change



# PREFACE

Arno Schlueter, Illias Hischier and Krishna Bharathi

For the past ten years we have been teaching architecture and engineering students at ETH Zurich about how to efficiently and sustainably supply buildings with energy and matter. During this time, we witnessed a slow, but steady change in the mindset of the students and their design studio instructors. Inspired by a growing global movement fighting climate change and pushed by clients, many students and practitioners have realized that things need to change in how we design, build, and operate buildings. The status quo, which includes building standards, is now rightly and increasingly being questioned. Although this is a challenge for all stakeholders involved, it is also a truly inspiring and rewarding journey.

In both their academic and practical education, architects are trained to address complex problems and find form by interlinking functional requirements to design intent and aesthetic expression. To date, the approach taken in this educational process spans construction practices, the history of settlements, as well as theories of art, urbanism, and landscape. Generally numbers, equations, and abstract representations of physical phenomena are not included in iterative architectural design processes. And although there are more than a few precedents of how designers have learned to apply this type of knowledge elegantly through the use of heuristics and rules of thumb, this is still far from the general working norm.

However, things are changing. The ongoing climate crisis and the better understood impacts of buildings on the environment is requiring designers to broaden their knowledge base with concepts that until recently, were outsourced to varied specialists. Specifically, this includes knowledge about physical principles, concepts of energy and exergy, airflows and solar radiation, renewable energy generation, and not least, sources and sinks of carbon emissions.

Critically, these concepts not only have to become part of the architect's knowledge toolbox, but they must also become part of their applied practice. This means the integration of such principles should begin in the teaching studio as early as possible. The greatest challenge we have encountered is not a lack of understanding for the need of this knowledge, but rather the apprehension of an increasingly interdisciplinary and collaborative setting that requires a new, common language where all participants have to leave their comfort zones. While tedious at times, this co-negotiated language has the potential to foster an updated set of building design heuristics for educator-practitioners and students alike.

The projects selected for this publication show a range of approaches to making energy, carbon emissions, and their underpinning principles explicit in studio design work. We hope the selection not only inspires and stimulates, but also encourages both novice and expert in their search for future-proof architectures. Without a doubt, we are convinced that now is the time to challenge conventional norms and explore the potentials of such principles, not only to elevate design quality in building practice, but to benefit global society as a whole.

Seit nunmehr zehn Jahren unterrichten wir Studierende der Architektur und Ingenieurwissenschaften an der ETH Zürich darin, wie man Gebäude effizient und nachhaltig mit Energie und Materie versorgt. Während dieser Zeit konnten wir einen langsamen, aber stetigen Wandel im Verständnis der Studierenden und ihrer Entwurfslehrenden beobachten. Inspiriert durch eine wachsende, globale Bewegung gegen den Klimawandel sowie auf Nachdruck des Marktes haben viele Studierende und PlanerInnen festgestellt, dass sich die Art und Weise, wie wir Gebäude entwerfen, bauen und betreiben, ändern muss. Infolgedessen wird der Status quo des Bauens, einschliesslich der gegebenen Normen, nun zu Recht zunehmend hinterfragt. Dies ist nicht nur eine Herausforderung für alle Beteiligten der aktuellen und zukünftigen Planungswelt, es bietet dazu die Chance, Teil eines inspirierenden und bereichernden Wandels zu sein.

ArchitektInnen werden in ihrer akademischen und beruflichen Ausbildung darin geschult, komplexe Problemstellungen in einer gebauten Form umzusetzen, die funktionelle Anforderungen mit einer Entwurfsabsicht sowie ästhetischem Ausdruck kombiniert. Bis heute basiert die architektonische Herangehensweise abhängig vom Massstab stark auf bekannte Konstruktionsweisen, der Siedlungsgeschichte sowie Theorien aus den Bereichen Kunst, Städtebau und Landschaft. Dagegen spielen Zahlen, Berechnungen und illustrative Darstellungen physikalischer Phänomene in iterativen Entwurfsprozessen meist keine Rolle und werden tendenziell eher der Interpretation der IngenieurInnen überlassen. Nichtsdestotrotz gibt es nicht wenige Beispiele, wie EntwerferInnen gelernt haben, dieses Wissen durch Methodiken und Faustregeln schlüssig anzuwenden. Jedoch stellen diese eher eine Ausnahme im allgemeinen Standard der Planungswelt dar.

Doch der Wandel ist da. Die Klimakrise und ein einhergehendes besseres Verständnis für den Einfluss des Bauens auf die Umwelt erfordert, dass EntwerferInnen ihre Wissensgrundlagen mit Inhalten erweitern, die bis vor Kurzem noch Fachleuten überlassen wurden. Das betrifft insbesondere das Wissen über physikalische Grundlagen, Energie- und Exergiekonzepte, Luftströme und Solarstrahlung, erneuerbare Energieproduktion und nicht zuletzt Quellen und Senken der Kohlendioxidemissionen.

Entscheidend ist, dass die daraus folgenden Konzepte nicht nur alltäglicher Bestandteil des Werkzeugkastens von ArchitektInnen werden sondern dass sie in der geplanten und gebauten Praxis Umsetzung finden. Das bedeutet, die Integration dieser Grundlagen sollte in der Lehre so früh wie möglich beginnen. Die hierbei grösste Herausforderung ist nicht das fehlende Verständnis für die Notwendigkeit solcher Inhalte, sondern vielmehr die Bedenken gegenüber einer zunehmend interdisziplinären und kollaborativen Herangehensweise an den Entwurf. Notwendig ist eine gemeinsame Ebene des Austauschs, die von allen Beteiligten die Öffnung ihres bisherigen Rollenverständnisses verlangt.

Für dieses Buch wurden Arbeiten ausgewählt, die unterschiedliche Ansätze in der Umsetzung der Themen Energie, CO<sub>2</sub>-Emissionen und den dahinterliegenden Prinzipien im Entwurfsprozess thematisieren. Wir hoffen, dass die Arbeiten sowohl AnfängerInnen bei der Suche nach zukunftsfähigen Architekturen anregen und ermutigen. Zweifellos ist es an der Zeit, bestehende Ansätze zu hinterfragen und neue Prinzipien zu testen, die unter Berücksichtigung der gestalterischen Qualität das Potenzial haben, unserer Gesellschaft als Ganzes zugutezukommen.



# TABLE OF CONTENTS

<b>Preface</b> Arno Schlueter, Illias Hischier and Krishna Bharathi	5
<b>INTEGRATE! Architecture Under the Influence of Climate Change</b> Arno Schlueter	8
<b>Energy Graphics</b> Krishna Bharathi	10
<b>SOLAR BOHEMIAN AESTHETICS</b>	
<b>Energetic Surfaces</b> Arno Schlueter	14
<b>Solar-Design</b> Miroslav Šik	15
<b>SHAPING SPACE WITH ENERGY</b>	
<b>Energy as Narrative</b> Arno Schlueter	24
<b>The Architectural Beauty of Renewable Energy</b> Elli Mosayebi	25
<b>CLIMATE AS A DESIGN FACTOR</b>	
<b>Energy &amp; Materiality</b> Arno Schlueter	36
<b>Rethinking Architecture</b> Roger Boltshauser	37
<b>THE POTENTIALS OF ECOLOGICAL BUILDING</b>	
<b>Energy in the City</b> Arno Schlueter	46
<b>Facts and Figures – and Forms!</b> Annette Gigon	47
<b>From Studio to Practice</b> Arno Schlueter and Krishna Bharathi	57
Contributors	61
Acknowledgements	63
Imprint	64
Open Access Online Version	66
Further Reading	67

# INTEGRATE! ARCHITECTURE UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE

Arno Schlueter

As a publication, INTEGRATE is both a look back on our teaching over the past four years and a call to action. In 2020, the resource consumption of buildings contributed 38% to global CO<sub>2</sub> emissions,<sup>1</sup> which are largely responsible for warming our climate. This means that considering this consequence when designing a building has long since ceased to be optional, but rather has become a matter of survival. However the good news is that realizing outstanding buildings both in aesthetic and functional terms with low total emissions is possible today. We have the knowledge, the technology, and in many places, the economic means.

Buildings are products of the societies in which they are created. At all times, they synthesize cultural trends and characteristics, preserving them for decades and even centuries. Before the availability of abundant, highly concentrated, and storable energy in the form of coal, oil, and gas, the act of building was dependent on natural raw materials and renewable energy in the form of water, sun, and biomass. During the pre-fossil era, vernacular architecture responded to site-specific climate and energy potentials, as well as to the movement of the sun, wind, or nearby currents. In cold climates, effective strategies meant slowing down heat losses, while in tropical conditions, cooling by natural ventilation was essential. Innovations developed out of an intuitive understanding of physics acquired experimentally over a long period of time, and the sustainable use of the available resources made it possible to produce ice in the desert and operate saunas at the Arctic Circle.

The discovery and seemingly permanent availability of fossil fuels over two centuries has separated the act of building, and thus architecture, from the need to respond to the local climate, as well as from actively using geometry and material to control and maintain comfort indoors. Artificial lighting and mechanical systems, and in particular air conditioning, allow the climatic modification of any space in any location independent of its surroundings. The legacy of this separation is what we see today in our built environment, and it is further driving the rise in energy demand and emissions produced by buildings.

In contrast to adjacent disciplines such as structural design, the dimensions of energy, resource consumption, and carbon emissions are often still perceived as constraints that limit the freedom of architectural expression. Additionally, there is a prevalent desire to create buildings of any kind in 'a simple way' without technology – where the infrastructure needed to supply light, air, heat, cold, and the information to make a building useable according to its purpose – should be invisible. In reality, what we are building are architectural follies bound by clean surfaces that blankly mask the reality of supply networks of energy, matter, and information.

Interestingly enough, it is precisely the desire for low-tech architecture that calls for a good understanding of the local climate, available energy resources, resident behaviour, and their expectations of comfort. Providing comfortable spaces with fewer mechanical systems requires sensitive siting and building design, as well as a deep understanding of proportions, surfaces ratios, and material choices.

Such interactions and their environmental implications are still paid marginal attention in architectural education. It needs to start with understanding human needs within site context and climate, and continue in instruction of basic physical principles that include the effects of heat and mass

transfer. Additionally, in synergetic exchange with design studio discourse on form, use, materials, sequence, atmosphere, and comfort, digital tools can also provide insight into interactions with geometry and material. Ultimately, the main benefit of becoming familiar with the dynamics of these interactions resides less in precise calculations, than in cultivating a more intuitive understanding of efficacious design heuristics and tools through their applied use in the design process. What is fundamentally clear in any architectural educational setting however, is that developing effective heuristics will only be possible when considering such interactions becomes an integral part of design studio work.

This book presents a selection of exemplary works from integrated design studios at ETH Zurich which have addressed the topic of energy demand, building technology, and related carbon emissions. The studios were carried out as a collaboration between our Professorship of Architecture and Building Systems with the respective design chairs at the Department of Architecture at ETH Zurich. Each of the studios illustrates a different angle on the topic. Common to all of them is that the student projects convincingly demonstrate how energy and emissions can be integrated as a design parameter, not as a constraint but as an opportunity to develop outstanding and future proof designs.

1 United Nations Environment Programme "2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector." Accessed January 4, 2021. [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf)



INTEGRATE ist als Publikation sowohl ein Blick zurück auf die Arbeit der vergangenen vier Jahre als auch eine Aufforderung zum Handeln. Im Jahr 2020 trug der Ressourcenverbrauch von Gebäuden mit 38 % zu den globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei,<sup>1</sup> die wesentlich für die Erwärmung unseres Klimas verantwortlich sind. Diese Folgen beim Entwerfen eines Gebäudes zu berücksichtigen, kann daher schon lange nicht mehr nur eine «Option» sein, es ist überlebenswichtig geworden. Die gute Nachricht ist jedoch, dass es heute möglich ist, ästhetisch und funktional anspruchsvolle Gebäude mit geringen Gesamtemissionen zu bauen. Wir besitzen das dafür notwendige Wissen, die Technologie und an vielen Orten auch die ökonomischen Mittel.

Gebäude sind Produkte der Gesellschaften, in denen sie entstehen. Seit anhin synthetisieren sie kulturelle Entwicklungen und Eigenschaften und fixieren sie für Jahrzehnte und Jahrhunderte. Vor der Verfügbarkeit grosser Mengen hochkonzentrierter und speicherbarer Energie in Form von Kohle, Öl und Gas war das Bauen auf natürliche Rohstoffe und erneuerbare Energie in Form von Wasser, Sonne und Biomasse angewiesen. Gebäude der präfossilen Zeit reagierten auf das Klima und die Energiepotenziale eines Ortes, dessen Sonnenlauf, Wind oder nahe Ströme. In kälteren Klimazonen stand die Verringerung von Wärmeverlusten im Vordergrund, während bei tropischen Bedingungen die Kühlung durch den natürlichen Luftaustausch von grosser Bedeutung war. Innovationen, entwickelt aus einem intuitiven, über eine lange Zeit experimentell erworbenen Verständnis der Physik und der nachhaltigen Nutzung der verfügbaren Ressourcen, erlaubten es, in der Wüste Eis zu produzieren und am Polarkreis Saunen zu betreiben.

Die Entdeckung und scheinbar allgegenwärtige Verfügbarkeit fossiler Energie über zwei Jahrhunderte hat das Bauen und damit die Architektur von der Notwendigkeit entkoppelt, auf das Klima eines Ortes zu reagieren und Geometrie und Material aktiv dafür einzusetzen, komfortable Innenräume zu schaffen. Künstliche Beleuchtung und mechanische Systeme, allen voran die Klimaanlage, erlauben die Konditionierung beliebiger Räume an beliebigen Orten unabhängig von ihrer klimatischen Umwelt. Mit den Folgen dieser Entkoppelung, dem hohen Energiebedarf von Gebäuden und ihren Emissionen, müssen wir heute umgehen.

Im Gegensatz zu angrenzenden Disziplinen wie dem Tragwerksentwurf werden die Themen Energie, Ressourcenverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach wie vor vielfach als Einschränkung der architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten empfunden. Zu Recht dominiert der weitverbreitete Wunsch, Gebäude jedweder Art «einfach» und ohne Technik zu gestalten. Oft ist allerdings damit gemeint, dass die notwendige Infrastruktur für die Versorgung mit Licht, Luft, Wärme und Kälte möglichst unsichtbar bleiben soll. Räume werden so zu architektonischen Staffagen, gefasst durch Oberflächen, die die Versorgungsnetzwerke aus Stoffen, Strom und Information ausdruckslos verdecken.

Interessanterweise ist es gerade der Wunsch nach «low-tech», der zur detaillierten Auseinandersetzung mit dem Klima vor Ort, den Ressourcen, dem Verhalten der BewohnerInnen und ihren Erwartungen an den Komfort zwingt. Behagliche Räume mit weniger Gebäudetechnik zu erzeugen, erfordert den sensiblen Umgang mit Ort und Form des Gebäudes sowie ein grundlegendes Wissen über Proportionen, Flächenverhältnisse und Materialwahl.

Wichtige Grundlagen sind dabei das Verständnis für die Rahmenbedingungen des menschlichen Komforts am jewei-

ligen Ort und die wesentlichen physikalischen Prinzipien der Wärme- und Stoffübertragung. Diese Zusammenhänge und ihre ökologischen Auswirkungen spielen in der Architekturausbildung zumeist eine Nebenrolle. Im Diskurs mit der Form, Nutzung, Material, Abfolge, Atmosphäre und Komfort können digitale Werkzeuge helfen, Wechselwirkungen mit Geometrie und Material aufzuzeigen. Der wesentliche Vorteil des Einübens dieser Zusammenhänge liegt letztlich nicht in präzisen Berechnungen von Energiebedarf und Emissionen, sondern darin, ein intuitives Verständnis und damit wirksame Heuristiken zu entwickeln, die im Entwurfsprozess angewendet werden können. Die Entwicklung solcher Heuristiken in der Architekturausbildung kann nur durch die selbstverständliche Anwendung integrierter Methoden und digitaler Werkzeuge im Entwurf gelingen.

Das vorliegende Buch zeigt eine Auswahl exemplarischer Arbeiten aus integrierten Entwurfsstudios, die sich in unterschiedlicher Form mit den Themen Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen auseinandersetzen. Sie sind in Zusammenarbeit unserer Professur für Architektur und Gebäudesysteme mit den jeweiligen Entwurfsprofessuren am Department Architektur der ETH Zürich entstanden. Durch die unterschiedlichen Herangehensweisen der Studios zeigen die Arbeiten die Vielfalt des Themas auf. Die Arbeiten der Studierenden demonstrieren dabei eindrücklich, wie Energie und Emissionen als architektonische Rahmenbedingungen integriert werden können. Nicht als Einschränkung, sondern als Potenzial für die Entwicklung aussergewöhnlicher und zukunftsfähiger Entwürfe.

1 United Nations Environment Programme "2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector". Abgerufen 4. Januar 2021. [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf)

# ENERGY GRAPHICS

Krishna Bharathi

*“... there are right ways and wrong ways to show data; there are displays that reveal the truth and displays that do not. And, if the matter is an important one, then getting the displays of evidence right or wrong can possibly have momentous consequences.”<sup>1</sup>*

The all-pervasive reality of energy in our daily lives has in many ways almost rendered it invisible. Especially in developed countries, this has created unsustainable standards of living. And while we, the building and design sectors, are aware to varying degrees that our current pattern of consumption is impacting the world and its inhabitants negatively, the topic of energy is somehow still treated like the flavor of the month.

Still all too often in the architecture scene, one regularly hears some amalgam of the following sentiments: ‘When will this trend pass?’ or ‘This has little to do with my work’ or even, ‘When can we get back to talking about Architecture?’ The uncomfortable truth is simple. Many currently practicing and teaching within the discipline simply reject the responsibility to play a part in the necessary energy transition with the view that the topic of energy is one that lessens the agency of the designer, and that with or without their active participation, this transition is inevitable. Both of these conclusions are patently false. However, rather than debate why and how these views are perpetuated, it is more pressing to ask as engaged educators, practitioners, and researchers, ‘What can we do?’

In the now classic case study of what went wrong in the preflight readiness presentation to NASA officials prior to the failed 1986 Space Shuttle Challenger cold weather launch, Edward Tufte, Yale Professor of statistical evidence and information design, points to a different and far less ethically fraught explanation of the tragedy – one of failed graphic representation.<sup>2</sup> In his graphic analysis of the 13 charts presented in the unsuccessful effort to postpone the launch of the spacecraft, Tufte explains why the visuals used were not convincing in the pitch to NASA officials. Specifically, he zeros in on missing content in the graphics and the lack of visual clarity in the presentation diagrams used. Key problems he identified include:

- Omission of the names of the experts involved in authorship, which would have lent credibility to the argument and allowed for follow-up questions (i.e. the ability to engage the relevant experts in a timely way);
- Failure to graphically emphasize the key relationship (i.e. the aggregate damage caused to a shuttle component due to repeated low temperature exposure);
- The inclusion of irrelevant information (i.e. regarding another technical issue not relevant to low temperature related damage);
- And most erroneously, the presentation of an annotated dataset of only two launches that excluded the temperature variation and component performance of 22 previous shuttle flights, which would have helped the audience to better understand the effects of low temperatures on the launch.

The point of Tufte’s analysis is simply that loss of life could have been avoided, if the risks involved had been graphically communicated more effectively. Meaning that, if the experts who could quantify the imminent danger could have been better able to visually convey their understanding of the situation to decision-makers, a different outcome might have been possible.

Now while the details are certainly different, Tufte’s work obliquely highlights an obvious and actionable need hiding in plain sight that has been regularly eclipsed by the enormous, practical interdisciplinary challenges that climate change and the energy transition presents to the building and design sectors. That need being that we as educators, practitioners, and researchers must begin to systematically create an evidence-based visual language of architectural representation grounded in energy topics. This new form of energy graphics will:

- Result from the combined input of many different experts.
- Visually communicate key relationships between context, building design expression, energy concepts, and technologies.
- Be informed by meaningful evidence to effectively communicate relevant interactions between the built environment and energy systems to students, practitioners, and the wider public.

The project selection and essays that make up INTEGRATE reflect a diverse range of perspectives on architectural pedagogy by practicing architects. In the editorial process, the explicit intention was to highlight the uniqueness and strengths of each approach, while distilling and foregrounding the consistent intellectual agenda of the Chair of Architecture and Building Systems present across all the studio collaborations. Whether architect, engineer, or social scientist, we all can grasp that well-designed graphics can profoundly influence our understanding of a problem context and potentially, reveal the meaning of material relationships in greater clarity than what was understood before. Using this lens as a departure point, you will find that all of the studio work included in this publication suggest emergent directions within the umbrella concept of energy graphics.

1 Tufte, Edward. 1997. Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative. Cheshire, Connecticut: Graphics Press, 156, pp. 38–53; 45.

2 Ibid., 38–53.

*«... es gibt richtige und falsche Wege, Daten anzuzeigen; es gibt Darstellungen, die die Wahrheit aufdecken und Darstellungen, die es nicht tun. Und bei einem wichtigen Thema kann die richtige oder falsche Darstellung von Aussagen womöglich gravierende Folgen haben.»<sup>1</sup>*

Durch die Allgegenwärtigkeit von Energie in unserem Alltag ist sie heute in vielerlei Hinsicht fast unsichtbar. Dies führte besonders in Industrieländern zu einem nicht nachhaltigen Lebensstandard. Und obwohl uns, dem Bau- und Entwurfssektor, in unterschiedlichem Ausmass bewusst ist, dass sich unser derzeitiges Verbrauchsverhalten negativ auf die Welt und ihre BewohnerInnen auswirkt, wird das Energiethema oft eher wie ein temporäres Phänomen behandelt.

Noch immer hört man in der Architekturszene viel zu häufig eine Mischung aus folgenden Gedanken: «Wann ist dieser Trend vorüber?» oder «Dies betrifft meine Arbeit nicht» oder sogar «Wann können wir endlich wieder über Architektur reden?» Die unbequeme Wahrheit ist einfach. Viele, die heute in unserem Berufsfeld arbeiten und lehren, lehnen es ab, Verantwortung im notwendigen Energiewandel zu übernehmen. Dies oft mit der Begründung, dass das Thema der Energie und Emissionen die Freiheit des Entwerfenden einschränkt sowie dass der Wandel auch mit oder ohne ihre aktive Beteiligung unvermeidbar ist. Beide Schlussfolgerungen sind offensichtlich falsch. Anstatt sich jedoch am Diskurs dieser Ansichten zu beteiligen, ist es wesentlich zielgerichteter, Praktiker, Lehrende und Forscher herauszufordern und zu fragen: «Was können wir tun?»

In der vielzitierten Fallstudie, wie es trotz der vor NASA-Beamten gehaltenen Präsentation zur Flugbereitschaft im Vorfeld zum bei kaltem Wetter gescheiterten Start des 1986 Space Shuttle Challenger kommen konnte, weist Edward Tufte, Professor für statistische Beweise und Informationsdesign in Yale, auf eine andere und ethisch weit weniger belastende Erklärung der Tragödie hin – die der gescheiterten grafischen Darstellung.<sup>2</sup> In seiner grafischen Analyse der 13 Darstellungen, die den NASA-Beamten mit dem Ziel, den Start des Raumschiffs zu verschieben, vorgelegt wurden, erläutert Tufte, warum das verwendete Bildmaterial in der Entscheidungsfindung nicht überzeugen konnte. Hier fokussiert er auf fehlende Inhalte in den Darstellungen sowie die fehlende visuelle Klarheit der verwendeten Präsentationsdiagramme. Zu den wesentlichen, von ihm identifizierten Problemen gehören:

- Fehlende Namen der an der Autorschaft beteiligten ExpertInnen, die der Argumentation Glaubwürdigkeit verliehen und Folgefragen ermöglicht hätten (d.h. die Möglichkeit, die entsprechenden ExpertInnen rechtzeitig einzubinden);
- Der Fehler, die entscheidenden Zusammenhänge nicht grafisch hervorzuheben (d.h. der gesamte Schaden, der an einem Bauteil des Shuttles durch wiederholte Einwirkung niedriger Temperaturen verursacht wurde);
- Das Einbeziehen irrelevanter Informationen (d.h. in Bezug auf andere technische Probleme, die für Schäden im Zusammenhang mit niedrigen Temperaturen nicht relevant sind);
- Und besonders schwerwiegend: Die Präsentation eines kommentierten Datensatzes von nur zwei Starts, der die Temperaturschwankungen und die Bauteilleistung von 22 vorangegangenen Shuttleflügen nicht beinhaltete. Dies hätte den Entscheidungsträgern geholfen, die Auswirkungen der niedrigen Temperaturen auf den Start besser zu verstehen.

Die Schlussfolgerung von Tuftes Analyse ist, dass man den Verlust von Menschenleben hätte verhindern können, wenn die möglichen Risiken in der grafischen Kommunikation klarer kommuniziert worden wären. Dies mit der Voraussetzung, dass die Experten, welche die drohende Gefahr einschätzen und quantifizieren können, in der Lage sind, diese Informationen entsprechend grafisch darzustellen.

Auch wenn die Problemthematiken sicherlich andere sind, Tuftes Arbeit betont dennoch indirekt einen eindeutigen Handlungsbedarf, der oft durch die schiere Dimension der interdisziplinären Herausforderungen in den Schatten gestellt wird, die der Klimawandel und die Energiewende im Bau- und Entwurfssektor mit sich bringen. Es besteht der Bedarf, dass wir als Lehrende, Planende und Forschende systematisch eine evidenzbasierte, visuelle Sprache der architektonischen Darstellung auf der Grundlage von Energie- und Nachhaltigkeitsthemen entwickeln. Diese neue Form der Energiegrafik muss Folgendes leisten:

- Ergebnisse zusammenfassen (Synthese) aus dem Input vieler verschiedener ExpertInnen.
- Die entscheidenden Zusammenhänge zwischen Kontext, Gebäudedesign, Energiekonzepten und Technologien visuell kommunizieren.
- Durch aussagekräftige Daten gestützt, um relevante Zusammenhänge zwischen der gebauten Umwelt und den Energiesystemen effektiv an Studierende, Planende und die breite Öffentlichkeit zu vermitteln.

Die Projektauswahl und die Textbeiträge, die in INTEGRATE zusammengefasst sind, spiegeln die vielfältigen Perspektiven praktizierender ArchitektInnen auf die Architekturlehre wider. In der redaktionellen Arbeit war es die ausdrückliche Absicht, die Besonderheit und die Stärken jedes Ansatzes zu betonen und gleichzeitig die methodische Agenda der Professur für Architektur und Gebäudesysteme, die allen Studio-Kooperationen zugrunde liegt, erkennbar abzubilden. Egal ob ArchitektIn, IngenieurIn oder SozialwissenschaftlerIn – wir alle verstehen, dass gut gestaltete Grafiken unser Verständnis eines Problemzusammenhangs grundlegend beeinflussen und möglicherweise die Bedeutung von materiellen Zusammenhängen über das bisherige Wissen hinausgehend aufzeigen können. Mit diesem Fokus zeigen die für dieses Buch ausgewählten Arbeiten mögliche Richtungen innerhalb des Gesamtziels der Entwicklung einer Energiegrafik.

1 Tufte, Edward. 1997. Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative. Cheshire, Connecticut: Graphics Press, 156, pp. 38–53; 45.

2 Ibid., 38–53.



# SOLAR BOHEMIAN AESTHETICS

**Energetic Surfaces**

Arno Schlueter

**Solar-Design**

Miroslav Šik

# ENERGETIC SURFACES

Arno Schlueter

The respective design studios with Miroslav Šik and his team explored contemporary multi-family residential housing and the living arrangements of working artists. Besides adhering to existing energy and construction regulations, students were asked to integrate solar energy generation into their building proposals. Differing from most professional responses, solar integration was not treated as a necessary evil, hidden away on the rooftop, but as an exploration into the aesthetic potential of solar materials on all parts of the envelope. And as a result, students created new formal arrangements and visual textures well-linked to the tradition of architectural housing expression. Set up as an experiment to design with solar technology, the studios began with relevant analyses of solar energy and available technologies, which were executed as an integral part of the architectural design process. This began with building siting and the orientation of surfaces, all the way through to the choice of materials and construction details.

At the beginning of the course, we asked the students to reflect and self-define a sustainability target for their projects, such as Net Zero Energy or even energy autonomy to frame the direction of their efforts to reduce energy consumption and generate energy. In parallel, we also asked the students to analyze the on-site microclimates and climatic boundary conditions. Students were tasked with estimating the energy demand of the inhabitants to develop a quantitative sense of daily energy consumption. These values were then used to calculate the surface area necessary to generate enough energy to offset the demand. The estimated area was also influenced by the orientation and inclination of the surfaces available, as well as the selected solar technology.

The surface qualities of the selected solar technology were then manipulated and refined by the students, who explored different material layers to alter the structure, color, and reflective properties of the energetic surfaces. Next, a construction system for the solar envelopes was chosen and merged with the overall construction approach. Finally, the solar yield of the energy-generating surfaces was estimated, compared with the initial projected consumption, and cross-referenced with the preliminary sustainability targets.

Developed around negotiations of aesthetics versus solar yield, the results demonstrate a variety of approaches possible to integrate solar energy generation into building envelopes. Size, orientation, and display of the underlying grid structure in the solar modules served as essential points of departure. Some students combined them with massive construction, while others created lightweight hybrids of wooden construction. A few projects elegantly combined solar modules with cover layers of colored and textured glass to produce a blended ceramic-like module expression that was carefully balanced with other envelope elements. In addition to the facade, students chose inclined roofs and shading elements for PV placement, and sometimes even added dynamic properties by combining shading with solar energy generation. The integrated envelopes produced in the studios exceed typical design expectations of solar architecture and suggest a direction toward more nuanced forms of expression in energy-integrated design.

Die Entwurfsstudios mit Miroslav Šik und seinem Team setzten sich mit zeitgenössischen Mehrfamilienhäusern und den

Lebensumständen arbeitender Künstler auseinander. Im Rahmen der bestehenden Energie- und Bauvorschriften hatten die Studierenden die Aufgabe, solare Energieerzeugung am Gebäude mit einzubeziehen. Im Gegensatz zu vielen in der Praxis verwendeten Lösungsansätzen, z.B. dem Verstecken von Solarzellen auf dem Dach, wurde die Integration solarer Aspekte dabei nicht als notwendiges Übel, sondern als Erkundung des ästhetischen Potenzials von «solaren Materialien» an der Gebäudehülle verstanden. In ihren Entwürfen zeigen die Studierenden neue formale Anordnungen und visuelle Texturen, die mit der Tradition des architektonischen Ausdrucks von Wohngebäuden verbunden sind. Als Experiment des Entwerfens mit Solartechnologie angelegt, begannen die Studierenden mit der Analyse des solaren Energiepotenzials und bestehender Technologien, die als integraler Bestandteil des architektonischen Entwurfsprozesses durchgeführt wurden. Dieser begann bei der Standortwahl und Ausrichtung der Gebäudeoberflächen und reichte bis zur Wahl der Materialien und Konstruktionsdetails.

Eingangs waren die Studierenden gefordert, ein Nachhaltigkeitsziel wie z.B. «Netto-Null» oder «Energieautarkie» zu reflektieren und zu definieren, um ihren Massnahmen Richtung und Ziel zu geben. Parallel dazu hatten sie die Aufgabe, das Mikroklima des Standorts und die klimatischen Randbedingungen zu analysieren. Der Energiebedarf der BewohnerInnen wurde abgeschätzt, um ein quantitatives Verständnis für den täglichen Energieverbrauch zu entwickeln. Diese Werte dienten anschliessend dazu, Flächen zu berechnen, die ausreichend Solarenergie zur Deckung des Bedarfs erzeugen können. Die dafür notwendige Fläche wurde zudem durch die Ausrichtung und Neigung der zur Verfügung stehenden Oberflächen sowie die gewählte Solartechnologie beeinflusst.

Anschliessend untersuchten die Studierenden die Oberflächenqualitäten der ausgewählten Solartechnologie und modifizierten Struktur, Farbe und Reflexionseigenschaften der verschiedenen Materialschichten. In Abhängigkeit von der gewählten Konstruktionsart des Gebäudes bestimmten sie ein Konstruktionssystem für die Solarhüllen. Schliesslich wurde der solare Ertrag der energieerzeugenden Flächen abgeschätzt und mit dem anfänglich prognostizierten Verbrauch wie auch den vorläufigen Nachhaltigkeitszielen verglichen.

Vor dem Hintergrund einer Abwägung zwischen Ästhetik und Solarertrag zeigen die Ergebnisse eine Vielzahl möglicher Ansätze für die Integration der Energieerzeugung in die Gebäudehülle. Als wesentliche Ausgangspunkte dienten Grösse, Ausrichtung und Sichtbarkeit der Module und ihre Rasterstruktur. Einige Studierende kombinierten sie mit Massivbauweise, andere entwarfen leichte Hybride aus Holzbauweise. Einige Projekte verknüpften Solarmodule elegant mit Deckschichten aus farbigem und strukturiertem Glas, um ein keramikähnliches Fassadenbild zu erzeugen, das sorgfältig mit anderen Elementen der Gebäudehülle abgestimmt wurde. In Ergänzung zur Fassade wählten die Studierenden auch geneigte Dächer und Verschattungselemente für die PV-Anordnung und fügten mitunter sogar dynamische Eigenschaften hinzu, indem sie Verschattung mit solarer Energieerzeugung kombinierten. Die in den Entwurfsstudios erarbeiteten, integrierten Gebäudehüllen übertreffen die typischen Gestaltungserwartungen von Solararchitektur und schlagen wesentlich nuancenreichere Ausdrucksformen vor.

# SOLAR-DESIGN

Miroslav Šik

The position of architects on the subject of energy consumption is demonstrated by three ideal-typical approaches. Similarly, this triad became visible in our semester on integrating solar technology into the building envelope.

The Appliqué approach is the most common, meaning the add-on application of technology predetermined by professionals other than architects – like sewing an ornament onto the building. It happens when the architect misses the technological change, is forced to take over the technical shape as such, and therefore positions it somewhere where it might fit or where it bothers her or him the least. Noise barriers along highways and solar panels on roofs are typical examples. Understandably, we were reluctant to support roof panels in the design studio, as they usually spoil the appearance of the simple roof and only require the architect to apply what has already been tried and tested. To our disappointment, this Appliqué approach was followed all too often.

The second approach is the Solartech. More Catholic than the Pope, the architect turns into a self-taught pioneer. Everything architectural is transformed into Solartech, where architecture verges on machinery and the architect himself turns into a Solarmensch with ideology. Being semilaypersons ourselves when it comes to technology, we swallowed the few solartech projects produced in the studio without further comment.

Only the third approach, pragmatically referred to as Solar-Design, corresponds to our old-new blending of place, tradition, and innovation. Solar-Design marries architecture and solar technology, which is rather difficult. Traditionally, the building envelope is viewed as something tectonically solid, which can be sensed by a cogent arrangement of material or by knocking on old facades. There are of course, facades with external insulation and a thin layer of wall cladding, but to us this seems to be either a makeshift solution or a popular imitation of textiles on skin. At this stage, solar technology offers only a few traditional tectonic solutions, most often in combination with a glass cover plate.

The good Solar-Design-Projects specifically examined joints, corners, and interfaces between facades and roofs, precisely the tectonic weak points. And they did so with an old-new furor, architecturally and technologically. These projects combined solar glass facades and solid window jambs in cast stone, they developed horizontal solar panels like traditional, cantilevered eaves, and they used glass in earthy colors of heavy appearance.

In this way, such projects passed this very process of integration, in which solar technology is not only shaped by technological-innovative and pragmatic-economic values, but also by architectural design and atmospheric aspects.

Das Verhältnis von Architekten zur Energienutzung zeigt sich an drei idealtypischen Haltungen. Auch in unserem Semester zur Integration von Solartechnologie in die Gebäudehülle wurde diese Triade sichtbar.

Am häufigsten ist die Applikation, also die Verwendung von bereits durch Nicht-Architekten geformter Technik, die der Architekt dem Bauwerk wie eine Verzierung aufnäht. Es geschieht dann, wenn der Architekt den technologischen Wandel verpasst, die technische Form *tel quel* übernehmen muss und sie daher irgendwo platziert, wo es überhaupt möglich ist oder ihn am wenigsten stört. Typische Beispiele

hierfür stellen Autobahn-Lärmschutzwände und Solarpaneele auf dem Dach dar. Verständlicherweise unterstützten wir im Semester Dachpaneele nur ungern, weil sie mehrheitlich das ruhige Dach verunstalten und dem Architekten nur die Anwendung von bereits Erprobtem abverlangen. Zu unserer Enttäuschung wurde diese Applikation allzu häufig appliziert.

Die zweite Haltung ist das Solartech. Päpstlicher als der Papst wird der Architekt zum autodidaktisch gebildeten Vorreiter. Alles Architektonische gerät ihm zum Solartech, Architektur rückt er in die Nähe von Maschinen und wird selbst zum Solarmensch mit Ideologie. Die wenigen Solartech-Projekte des Semesters haben wir als technische Halblaien ohne Kommentar geschluckt.

Erst die dritte Haltung, pragmatisch als Solar-Design bezeichnet, entsprach unserer altneuen Vermischung von Ort, Tradition und Innovation. Solar-Design verheiratet Architektur und Solartechnologie, was recht schwierig ist. Traditionell wirkt die Gebäudehülle wie etwas tectonisch Festes und dies spürt man an der gefüllten Fügung des Materials oder beim Klopfen an alte Fassaden. Natürlich gibt es aussen gedämmte Fassaden und dünne Wandverkleidungen, doch das mutet uns entweder als Verlegenheitslösung oder modische Nachahmung von Textil und Haut an. Zurzeit bietet die Solartechnologie nur wenige traditionell tectonische Lösungen an, mehrheitlich in Kombination mit einer Glasplatte.

Gerade an Fugen, Ecken und Dachübergängen, eben an den tectonischen Schwachstellen, tüftelten gute Solar-Design-Projekte des Semesters. Und sie taten es mit altneuem Furore, architektonisch und technologisch, unterstützt durch die Technologie-Kollegen. Sie kombinierten eine Solarglas-Fassade und feste Fenstergewände in Kunststein, sie projektierten horizontale Solarplatten wie traditionelle, weit auskragende Dachgesimse, sie verwendeten beim Glas erdige, schwer wirkende Farben. Und so durchliefen solche Projekte eben diesen Integrationsprozess, in dem man Solartechnologie nicht bloss nach technologisch-innovativen oder pragmatisch-ökonomischen Werten, sondern auch nach innerarchitektonischer Gestalt und Stimmung formt.



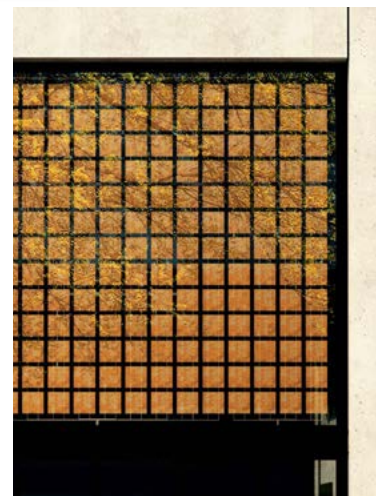
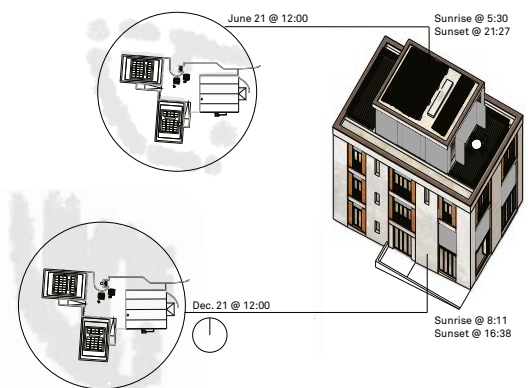


## SEMI-TRANSPARENT SCREENS

### Interior and exterior effects

In addition to black monocrystalline PV modules on the roof, this project notably integrates golden polycrystalline PV cells in a highly visible manner into the upper zones of the building volume. By developing a building language within the context of window openings, a unique dual architectural potential is possible. Expression is formalized externally in terms of ornamental building expression and internally in terms of partially screened views, which create changing shadow patterns throughout the day as light passes through the semi-transparent PV screens.

Zusätzlich zu den schwarzen monokristallinen PV-Modulen auf dem Dach werden in diesem Projekt goldene polykristalline Zellen gut sichtbar in oberen Bereich der Gebäudeöffnungen integriert. Die Entwicklung einer neuen Gebäudesprache im Zusammenhang mit Fensteröffnungen erschafft hier ein einzigartiges duales Architekturpotenzial. Ausssen erhält das Gebäude einen ornamentalen Ausdruck und Innen ermöglicht die semi-transparente PV einen Sichtschutz sowie ein durch das einfallende Sonnenlicht erzeugtes Schattenspiel.

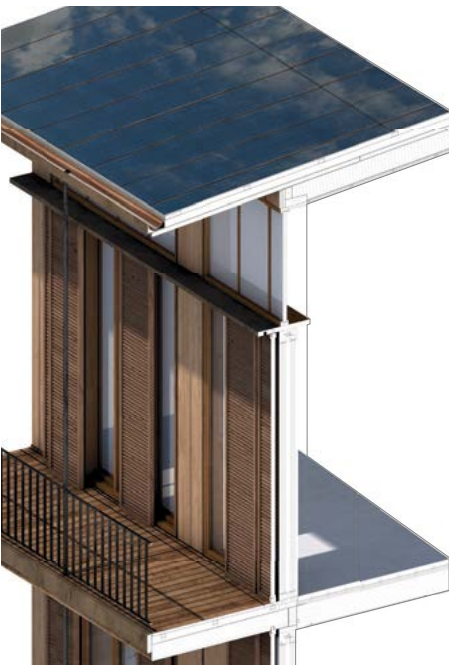


ABOVE Courtyard perspective view  
OBEN Hofperspektive

MIDDLE Site shading diagram  
MITTE Verschattungsdiagramm

RIGHT Window composition detail  
RECHTS Detail der Fensterkomposition





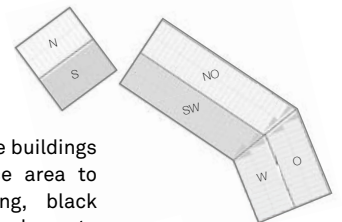
ABOVE Courtyard perspective view  
OBEN Hofperspektive

LEFT Section perspective  
LINKS Schnittperspektive

RIGHT Diagram of energy production potential  
RECHTS Diagramm der Potenziale zur Energieproduktion

## MODULE MODE VARIATION

Mirrored component layout language



Compositionally, the low-slung horizontality of the buildings and their gabled roofs creates a large surface area to generate energy. Supported by careful siting, black monocrystalline PV modules are proposed in this scheme to support an optimal potential energy yield, and the layout requires minimal custom modules at the building junction. PV modules are detailed as in-plane roof construction, to not only create a streamlined appearance, but also to efficiently support roof drainage. In terms of coordinated expression, the synchronized paneling rhythm of the facade is extended to the roof PV module layout. Internally, the PV dimensions are mirrored in the ceiling panel work.

Die Kombination aus langgezogenen Gebäuden und flachen Giebelndächern erschafft eine grosszügige Fläche für die Energieerzeugung. Die geschickte Ausrichtung der Gebäude und der Einsatz von schwarzen, monokristallinen Modulen ermöglichen eine optimale Energieerzeugung. Die Verlegung der Module verlangt nur wenige Sonderformen an den Gebäudeschnittpunkten. Die Module sind bündig in die Dachkonstruktion eingebunden, um eine reduzierte, einheitliche Erscheinung zu erzielen und die Dachentwässerung zu unterstützen. Für ein gleichmässiges Gesamtbild setzt sich der synchronisierte Rhythmus der Fassadenpaneele in der Anordnung der PV-Dachpaneele fort. Die Deckenpaneele des Innenraums spiegeln die PV-Formate wider.





## COMPLIMENTARY SCALES

### PV expression and energy production

This project explores the potential of energy production and distribution within an ensemble of buildings. The concept is to install monocrystalline solar modules on both building facades and on roofs in order to generate enough energy for the group of buildings, composed of one larger building and three smaller ones. Additionally, the differing facade and PV expressions are harmonized visually by the roof angle and clean integration of the visible PV modules into the roof planes. In contrast, the facade installed PV is located under textured glass, and iterations of how PV modules would logically align under glass paneling are explored. In terms of siting, the building volumes are placed on-site to minimize self-shading. The proposal also investigates architectural strategies regarding the design of portions of the buildings, where limited energy production is possible and PV is not warranted. One example involves the use of blind panels on the low producing north facade for visual consistency, and another shows a material change to wooden cladding in portions of the project shaded by pergolas.

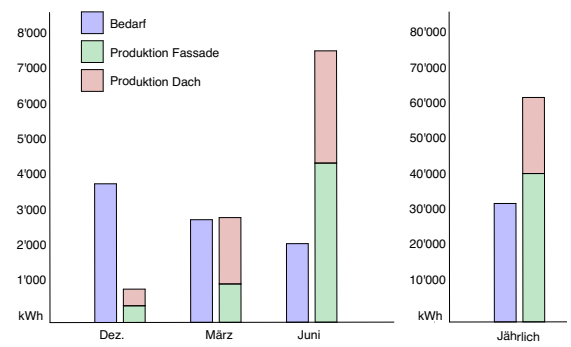
Dieses Projekt untersucht das Potenzial der Energieproduktion und -verteilung anhand eines Gebäudeensembles. Monokristalline Solarmodule werden an den Gebäudefassaden und auf den Dächern integriert, um ausreichend Energie für die Gebäudegruppe, bestehend aus einem grösseren und drei kleineren Baukörpern, zu erzeugen. Die unterschiedliche Fassaden- und Dachgestaltung wird durch die Dachneigung und die bündige Integration sichtbarer PV-Module auf den Dachflächen optisch vereinheitlicht. Auf den Fassaden wird die PV unter Strukturglas platziert, wobei der logischen Anordnung der PV unter dem Glas besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Bei der Positionierung der Baukörper auf dem Grundstück wird auf eine möglichst geringe Selbstverschattung geachtet. Der Entwurf untersucht auch architektonische Strategien zur Gestaltung von Gebäudeteilen, bei denen nur eine geringe Energieproduktion möglich ist und der Einsatz von PV keinen Sinn macht. Zum Beispiel wird der Einsatz von Blindpaneelen an der wenig produktiven Nordfassade vorgeschlagen, um eine optische Einheitlichkeit zu erzielen. Ein anderer Vorschlag zeigt einen Materialwechsel zur Holzverschalung an den Gebäudeteilen, die von Pergolen verschattet sind.

ABOVE Exterior perspective  
OBEN Aussenperspektive

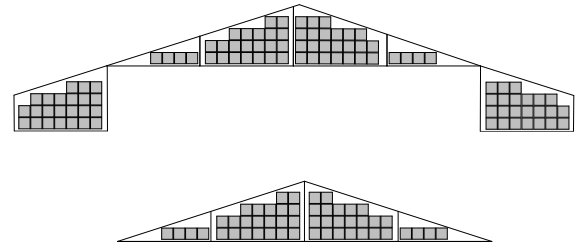




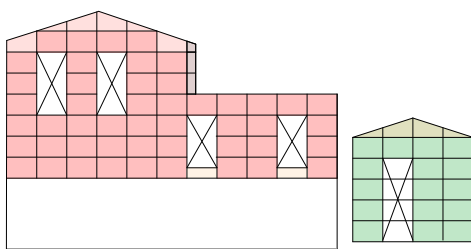
Section perspective  
Schnittperspektive



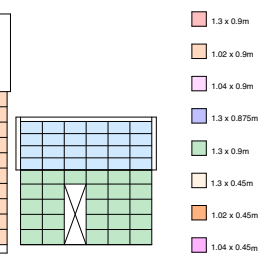
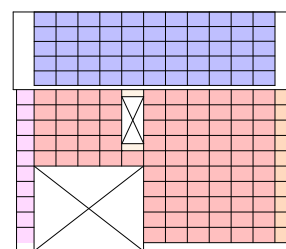
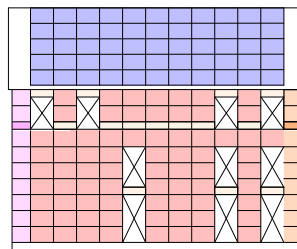
Analysis of aggregate building energy demand in relation to total estimated facade and roof energy production  
Analyse des Gesamtenergiebedarfs der Gebäude in Relation zur geschätzten Gesamtenergieproduktion durch Fassade und Dach



PV module layout diagrams  
Anordnung der PV-Module



PV module layout diagrams  
Anordnung der PV-Module



December 21 winter solstice at 15:00  
21. Dezember Wintersonnenwende um 15 Uhr



March 21 at 15:00  
21. März um 15 Uhr



June 21 summer solstice at 15:00  
21. Juni Sommersonnenwende um 15 Uhr



## BALANCED CONTRAST

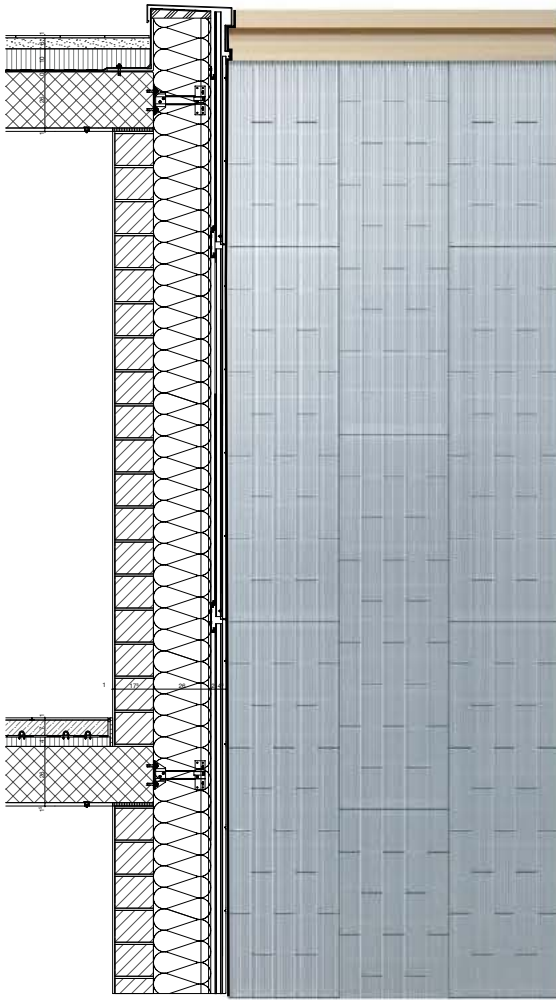
Achieving elemental visual weight with PV

In respect for the site's existing topography and landscape, as well as the mixed residential character of its context on the southern end of Kurfürstenstrasse in Zurich, the massing of this multifamily project is developed as a scheme of four arms, where each unit spans two arms of the building volume. In line with its site sensitivity, the proposal includes a ventilated PV facade to meet the building's annual energy demand. Architecturally, a clear approach has been taken in which closed wall sections house petrol grey monocrystalline PV cells and are covered throughout by a protective layer of grooved profile glass tiles. The textured glass supports a monolithic reading of these sections of the facade as it visually turns interior and exterior corners of the building volume. Additionally, this combination offers varied color optics depending on lighting conditions and season. In contrast, the open sections of the facade house its vertically stacked window openings, which are punctuated by minimalist steel balustrades and metal framed windows. The overall compositional effect of the scheme is volumetrically balanced and contextually respectful, highlighting the potential of PV expression in architectural design.

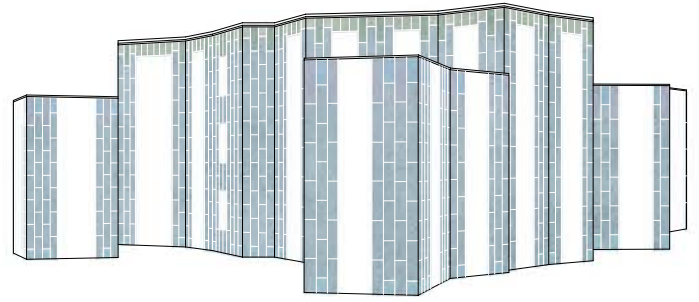
Mit Rücksicht auf die vorhandene Topografie und Landschaft des Grundstücks sowie den uneinheitlichen Wohncharakter seiner Umgebung am südlichen Ende der Kurfürstenstrasse in Zürich wird der Baukörper dieses Mehrfamilienprojekts als vierarmiges Konzept entwickelt, bei dem sich jede Wohneinheit über zwei Arme erstreckt. Neben der Sensibilität dem Ort gegenüber beinhaltet der Entwurf eine hinterlüftete PV-Fassade, um den jährlichen Energiebedarf zu decken. Architektonisch wird ein konsequenter Ansatz verfolgt: Auf den geschlossenen Wandabschnitten werden monokristalline PV-Zellen angebracht, die mit einer schützenden petrolgrauen Schicht aus vertikal orientierten, gerillten Profilglasfliesen versehen sind. Das Strukturglas unterstützt die monolithische Wahrnehmung der Fassadenabschnitte, da es Innen- und Aussenecken des Baukörpers optisch umkehrt. Zudem bietet diese Kombination eine Vielfalt an Farbtönen, abhängig von Lichtverhältnissen und Jahreszeit. Im Kontrast dazu zeigen die offenen Abschnitte der Fassade die vertikal übereinander gesetzten Fensteröffnungen, die von minimalistischen Stahlbalustraden und metallgerahmten Fenstern durchbrochen sind. Das Projekt ist in seiner Gesamtwirkung volumetrisch ausgewogen, achtsam gegenüber dem Kontext und schöpft Potenziale der PV-Gestaltung in der Architektur aus.

ABOVE Exterior perspective  
OBEN Aussenperspektive

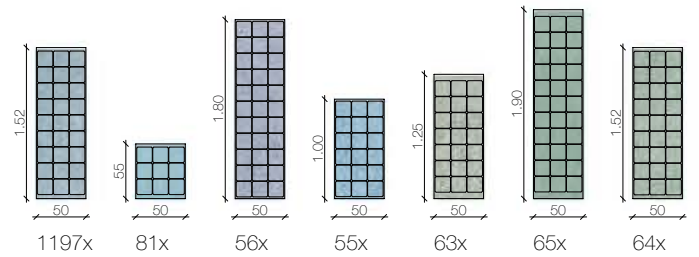




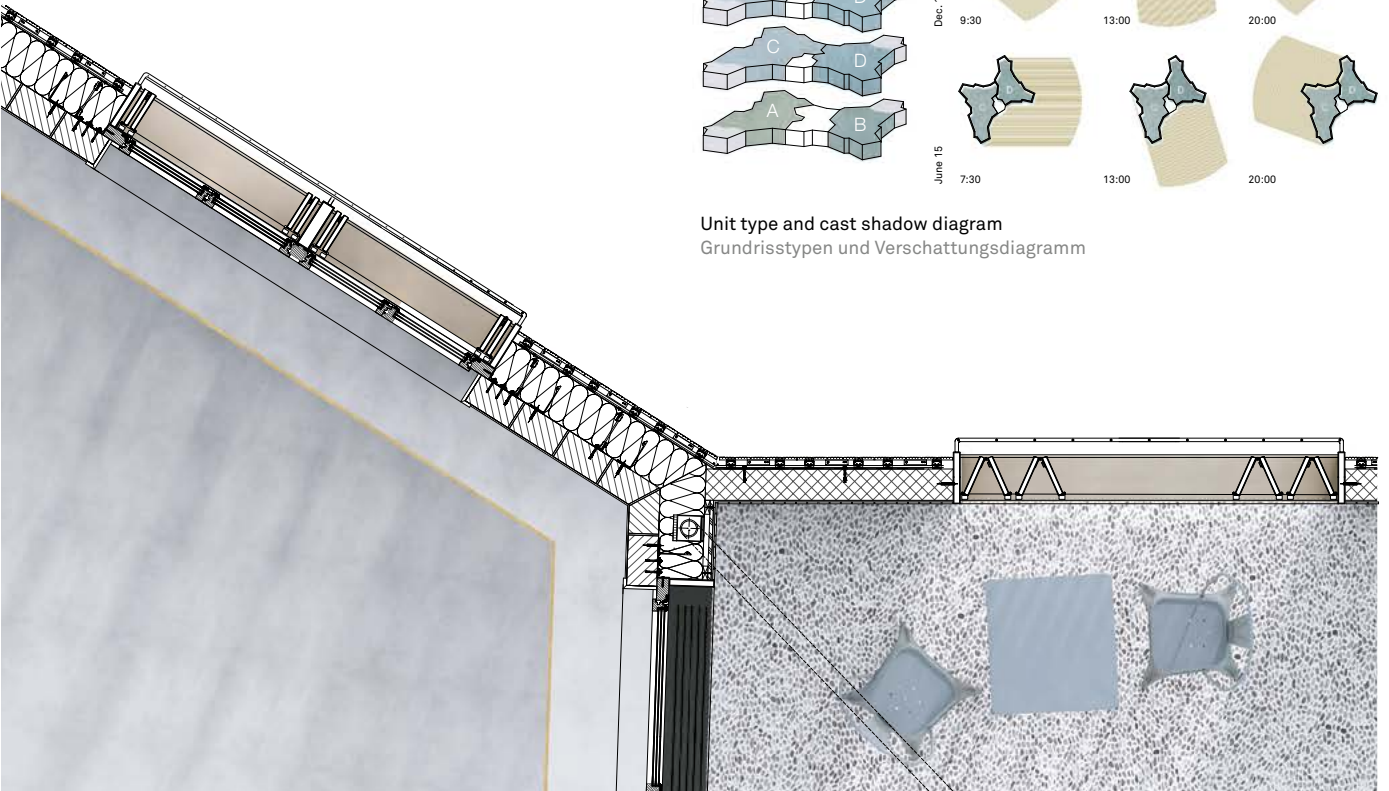
Section elevation  
Schnittansicht



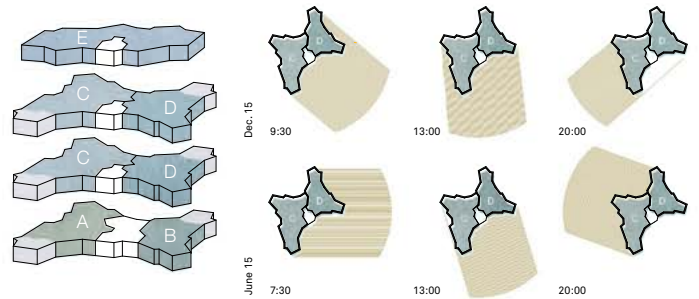
Facade and massing expression diagram  
Diagramm zur Fassaden- und Baumassengestalt



PV module layout diagram  
Anzahl und Grösse der PV-Module



Section plan  
Schnittgrundriss



Unit type and cast shadow diagram  
Grundrisstypen und Verschattungsdiagramm

## **ETH Chair of Architecture & Building Systems Teaching Team**

Professor Dr. Arno Schlueter  
Moritz Begle  
Dr. Johannes Hofer  
Dr. Ilias Hischier  
Linus Walker

## **ETH Chair of Architecture & Construction Teaching Team**

Professor Miroslav Šik  
Andreas Buschmann  
Stephanie Scherer  
Patrick Walser  
Hannes Rutenfranz

## **ETH Lecturers in Building Technology & Construction (BUK)**

Daniel Mettler & Daniel Studer

## **In collaboration with**

Dr. Niklaus Haller

## **ETH Students Spring Semester 2017**

Lorenz Bachmann  
Ivana Beljan  
Michèle Brand  
Geraldine Burger  
Matthias Castrischer  
Ria Cavelti  
Gianluca Ceriani  
Tobias Dammann  
Lea Frauenfelder  
Cristina Fusco  
Yves Geiser  
Alfred Graber  
Marco Haller  
Joël Héritier  
Hannes Hermanek  
Johanna Holer  
Aurelia Huber  
Jonas Jaeger  
Blend Kader  
Amanda Koepfli  
Lukas Kuebli  
Alban Kuelling  
Romain Kündig  
Monica Kueng  
Tetyana Kulminska  
Jie Li  
Haoran Lyu  
Svenja Meienberger  
Sarina Meier  
Annemarie Nagy  
Julia Oeler  
Ender Oezmen  
Enrico Pegolo  
Michael Prager  
Mattias Rutischauser  
Michele Schweri  
Aline Sidler  
Valentina Sieber  
Tabea Stihl  
Allegra Stucki  
Jonas Sundberg  
Marisa Ueltschi  
Martin Wey  
Fabian Wicki

## **Spring Semester 2018**

Emily Arthers  
Gamze Atas  
Deborah Augsburg  
Ion Blaja  
Tamara Blanc  
Nicole Bucher  
Dario Caccialupi  
Stéphanie Chau  
Marco Derendinger  
Lisa Devenoge  
Zhe Dong  
Rafael Gherdan  
Fatma Graca  
Louise Grosjean  
Zijian Han  
Carola Hartmann  
Cyrill Hirtz  
Bettina Huber  
Weilan Jiang  
Charly Jollie  
Sebastian Kannewischer  
Xiao Lu  
Nicolas Luna Castro  
Xijie Ma  
Niti Malik  
Elizabeth Mueller Achury  
Lukas Nussbaum  
Brigitte Odermatt  
Ivo Raffi  
Tobias Saner  
Claudia Stebler  
Philippe Steiner  
Salvatore Tummarello  
Tobias Wick  
Alina Wyder  
Bing Yang

# SHAPING SPACE WITH ENERGY

Energy as Narrative

Arno Schlueter

The Architectural Beauty of Renewable Energy

Elli Mosayebi

# ENERGY AS NARRATIVE

Arno Schlueter

Could energy topics become powerful narratives in building design? If so, which narratives would be relevant and strong enough to support and deepen architectural concepts? These were the framing questions that informed the development of the design studio with Elli Mosayebi and her team. Together we found seven narratives robust enough to act as incubators. Each addressed a current design challenge and carried the potential for cultivating synergies between energy and architecture. Student teams began the semester by using one of the narratives as a guiding frame to search for a site where their topic would be most fitting. Over the course of the semester, students were asked to develop panoramic graphic miniatures of their narratives to visually communicate the key concepts of their proposals.

The departure point of each narrative included the fundamental physical principles of heat, light, and air, as well as the necessary devices for their supply to a building. Questions of inhabitant comfort, and whether there is a certain quality in not being comfortable all the time were raised and discussed. In very tangible ways during this semester long process, the narratives supported making the connections between different domains and dimensions of architectural design and construction through the medium of panoramic, graphic miniatures.

The narratives were organized around three directives to provide required forms of energy from natural or artificial resources in the environment. First, the sun was considered the primary source of energy. Students utilized its radiant power using passive or active means. Both methods imparted key design parameters to the projects such as orientation, surface areas, and transparency.

Second, environmental heat sources were located on or near the construction site, in the ground, in water bodies, or in the outside air. Using conversion mechanisms, students used the heat for thermal purposes in their buildings, which introduced design parameters such as surfaces for radiative heating, as well as a variety of envelope properties.

Third, waste heat resources found near the sites were actively transformed using energy or were repurposed in symbiotic approaches, which redirected heat that would be otherwise lost to the environment. In their projects, students explored how temperature level and availability of waste heat influence design parameters such as building use, envelope qualities, and heat emission systems inside of spaces.

The students displayed a fascinating range of possible design approaches based on narratives that connected differing scales and domains. Their graphic representations act as storyboards that combine their design concepts, physical mechanisms, and most notably, time. For example, the abundant waste heat of servers allows for the existence of a tropical forest as the soft inner core of an otherwise enclosed building. Radiation that is mirrored from the sound barriers of the city highway, lights and heats the apartments tucked underneath. High-rises collecting heat in urban centers act as ventilation machines, driving air movement and heating apartments. The student designs illuminate the high design potential of negotiating between the qualities added by considering energy, its interdependencies, and its deviations from the current norms of comfort, material choices, and urban spatial arrangements.

sind relevant und wirksam, um architektonische Konzepte zu unterstützen oder sie sogar zu vertiefen? Dies waren die zentralen Fragen, die der Entwicklung des Entwurfsstudios mit Elli Mosayebi und ihrem Team zugrunde lagen. Gemeinsam wurden sieben Narrative ausgewählt, die als Inkubatoren im Entwurf dienen sollten. Jedes befasst sich mit einer aktuellen Herausforderung des energiebewussten Entwerfens und bietet das Potenzial, Synergien zwischen Energie und Architektur entstehen zu lassen.

Ausgangspunkt jedes Narrativs waren die grundlegenden physikalischen Prinzipien von Wärme, Licht und Luft sowie die notwendigen Infrastrukturen für deren Versorgung im Gebäude. Die Narrative dienten als Werkzeuge für die Verknüpfung unterschiedlicher Dimensionen der architektonischen Gestaltung und Konstruktion. Fragen des Komforts und inwiefern auch dessen bewusste Nichteinhaltung Qualität bieten kann, wurden aufgeworfen und diskutiert. Die Studierenden verwendeten jeweils eines der Narrative als Leitfaden auf der Suche nach einem geeigneten Ort. Im Laufe des Semesters entwickelten sie panoramaartige, grafische Miniaturen für die visuelle Kommunikation der Entwurfskonzepte.

Drei Energiequellen wurden ausgewählt, die aus der direkten Umwelt eines Bauplatzes bezogen werden konnten. Im Zentrum stand die Sonne als wichtigste Energiequelle. Die Studierenden nutzten ihre Strahlungsenergie auf passive oder aktive Weise. Beide Methoden bestimmten wichtige Entwurfsparameter wie Ausrichtung, Oberfläche und Transparenz der Projekte.

Als zweite Ressource diente die Umgebungswärme, vorhanden im Erdreich, in Gewässern oder in der Aussenluft. Mithilfe von Umwandlungstechniken nutzten die Studierenden die Wärme für das Heizen ihrer Gebäude. Dies hatte Einfluss auf Entwurfsparameter wie die verfügbaren Oberflächen für die Strahlungsheizung sowie die Eigenschaften der Gebäudehülle.

Drittens wurde die in Standortnähe verfügbare Abwärme untersucht und in symbiotischen Ansätzen weiterverwendet. Wärme, die sonst an die Umgebung verloren gehen würde, wurde umgeleitet und genutzt. In ihren Projekten untersuchten die Studierenden, wie das Temperaturniveau und die Verfügbarkeit der Abwärme Entwurfsparameter wie Gebäudenutzung, Eigenschaften der Gebäudehülle und Wärmeabgabesysteme im Innenraum beeinflussen.

Auf Grundlage der Narrative, die unterschiedliche Massstäbe und Inhalte miteinander verbinden, zeigten die Studierenden eine beeindruckende Vielfalt möglicher Entwurfsansätze. Die grafischen Darstellungen dienen als Storyboards, die Entwurfskonzepte, physikalischen Mechanismen und insbesondere auch zeitliche Abläufe vereinen. Die reichlich vorhandene Abwärme von Servern ermöglicht beispielsweise die Existenz eines Tropenwaldes als weichen, inneren Kern eines ansonsten geschlossenen Gebäudes. Strahlung, die von den Lärmschutzwänden der Stadtautobahn reflektiert wird, beleuchtet und heizt die darunter platzierten Wohnungen. Hochhäuser, die in städtischen Zentren Wärme bündeln, unterstützen die natürliche Luftbewegung für ein gutes Stadtklima und heizen nebenbei Wohnungen. Die vielfältigen Arbeiten beleuchten das Potenzial der Narrative, um durch die Wechselwirkung von Energiefragen und architektonischem Entwurf zu zeitgemässen, spannenden Antworten auf besondere räumliche Herausforderungen zu kommen.

Können Energiefragen zu leitenden Narrativen des architektonischen Entwurfes werden? Wenn ja, welche Narrative



# THE ARCHITECTURAL BEAUTY OF RENEWABLE ENERGY

Elli Mosayebi

The energy issue has languished on the sidelines for far too long in architectural debates. While so-called eco-buildings were unsatisfactory in aesthetic terms and radiated the charm of a correction facility for energy wasters, iconic architecture gave priority to the aesthetics and not the carbon footprint. However, with the increasing urgency of climate and resource issues, more architects and clients are focusing on the use of renewable energy sources. Usually, energy resources and building systems are positioned in the building only after the design has been completed and remain as invisible as possible. Programmatic and economic necessities, of course are paramount, while a pleasant indoor climate is taken for granted.

It is forgotten that the selected energy system may also create space and shape, neglecting a tremendous architectural potential. And this reverse way of thinking provides new opportunities. If the generation, consumption, and distribution of energy are perceptible to the senses in everyday life, architecture gains a physical presence, promoting participation and creating identity. In contrast, apps that display energy consumption may be informative, but ultimately the figures remain abstract. The invisibility of technical features, in particular the energy supply, is a paradigm of our reality. If it fails, panic and awareness of the dependency arise. Invisibility is considered the highest form of comfort, namely if things adjust themselves imperceptibly but constantly to our bodies. The downside of such a process is uniformity and the lack of intensity – our sensations are smoothed out, our needs satisfied before we even noticed them. This is exemplified by the steady temperature of 21°C in our interiors regardless of season and geographic latitude and longitude. Freezing or sweating for example, have long been banned from interior spaces.

The compact building envelope, which forms a sharp separation between indoor and outdoor climates, is also questionable for other reasons. Specifically, synthetically produced plastics for insulating houses must be disposed of as hazardous waste, and the high energy consumption during their production must likewise be considered. If we only relied on renewable energy sources for heating and cooling our houses, we could save ourselves the need to insulate. Despite renewable energies such as sun, geothermal energy, hydropower, and wind are available in abundance, the ecological argument only complements the sensual one in this regard. The dominant question is how we want to live – do we just seek a pleasurable life, as the philosopher of science Michael Hampe put it? Or do we aim to perceive ourselves sensually in our own reality?

What is convincing on the small residential scale, ultimately applies to the urban scale. Energy generation of entire quarters via tunnel thermal systems or high-rise buildings, which noticeably cool the microclimate of the neighborhood, are not utopian techno-futurisms, but realistic possibilities for our urban development. If students know the basic physical principles of space heating and cooling, they can independently develop their own narratives that examine the potential of architecture, energy and climate. In the current climate crisis, it is crucial that we develop new and independent visions of the future that are encouraging and carry a positive connotation.

ästhetisch unbefriedigend waren und den Charme einer Anstalt für Energiesünder versprühten, kümmerte man sich bei Architektur von grosser Strahlkraft nur um die Ästhetik und nicht um die CO<sub>2</sub>-Bilanz. Mit der zunehmenden Dringlichkeit von Klima- und Ressourcenfragen stellen sich jedoch mehr ArchitektInnen und BauherrInnen auf den Einsatz erneuerbarer Energiequellen ein. Energieressourcen und Gebäudesysteme werden aber meist erst nach dem Entwurf im Gebäude platziert und bleiben dabei möglichst unsichtbar. Selbstredend stehen programmatrische und ökonomische Notwendigkeiten beim Bauen im Vordergrund. Das angenehme Raumklima wird vorausgesetzt.

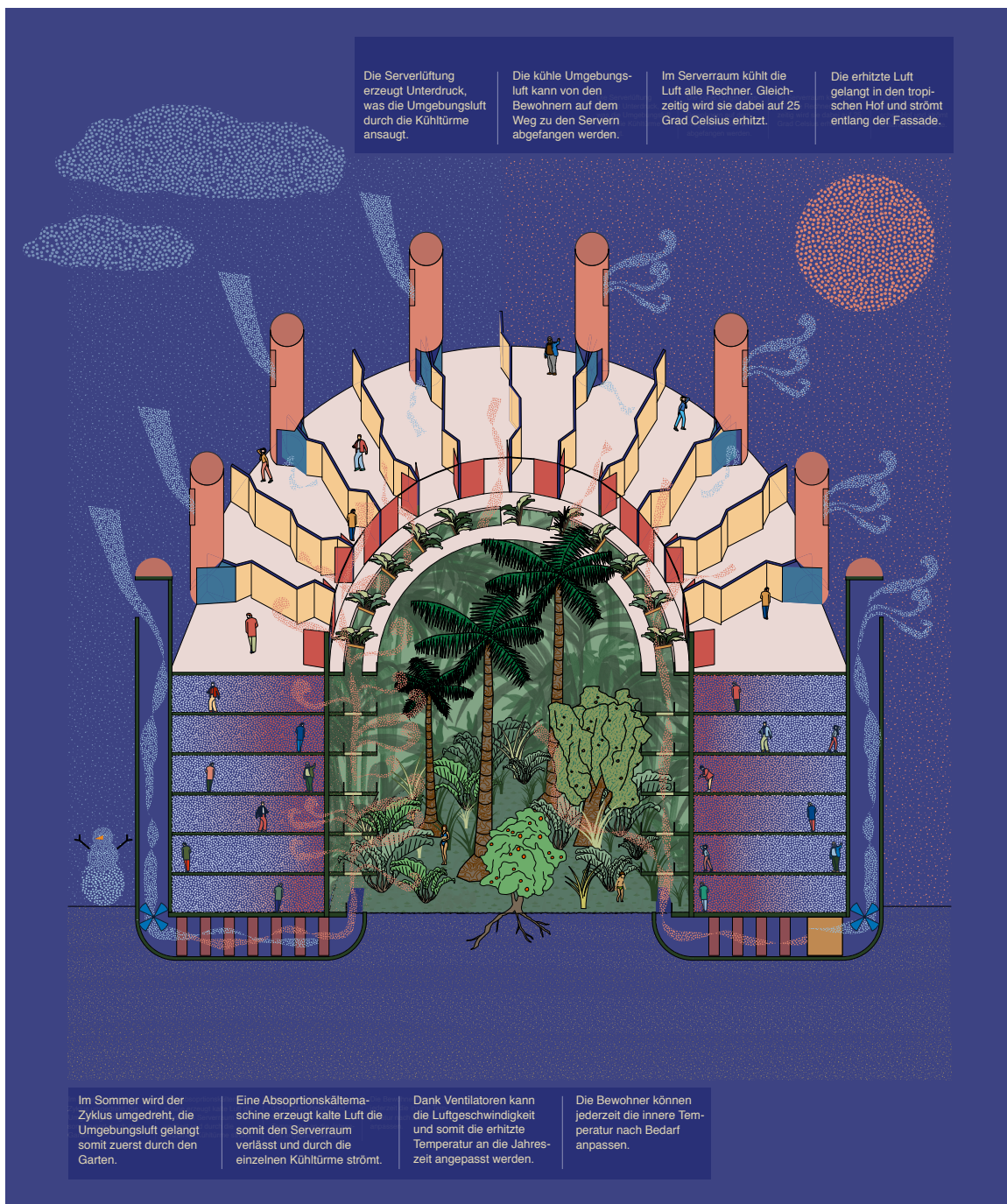
Dabei wird vergessen, dass das gewählte Energiesystem auch Raum und Form erzeugen kann – ein enormes architektonisches Potenzial liegt brach. Die Umkehrung der Denkfigur schafft neue Möglichkeiten: Wird die Energieproduktion, ihr Verbrauch und ihre Verteilung im Alltag sinnlich spürbar, gewinnt die Architektur an physischer Präsenz, sie bewirkt Teilhabe und schafft Identität. Apps hingegen, die den Energieverbrauch anzeigen, mögen zwar informativ sein, letztlich bleiben die Zahlen aber abstrakt.

Die Unsichtbarkeit der Technik und insbesondere der Energieversorgung ist ein Paradigma unserer Wirklichkeit. Wenn sie ausfällt, entsteht Panik und das Bewusstsein um die Abhängigkeit. Unsichtbarkeit wird als die höchste Form des Komforts gewertet, dann nämlich, wenn die Dinge sich unmerklich, aber konstant an unsere Körper anpassen. Die negative Seite einer solchen Entwicklung ist Gleichförmigkeit und das Fehlen von Intensität – unsere Empfindungen werden geglättet, unsere Bedürfnisse befriedigt, ehe wir uns danach gesehnt haben. Beispielhaft dafür ist die konstante Temperatur von 21°C in unseren Innenräumen unabhängig der Jahreszeit und der geografischen Breiten- und Längengrade. Frieren oder Schwitzen beispielsweise wurden schon längst aus dem Innenraum verbannt.

Die kompakte Gebäudehülle, welche eine scharfe Trennung zwischen Innen- und Aussenklima erzeugt, ist auch aus weiteren Gründen fragwürdig. Insbesondere synthetisch produzierte Kunststoffe zur Dämmung von Häusern müssen als Sondermüll entsorgt werden, zudem ist der hohe Energieaufwand bei ihrer Produktion zu bedenken. Setzen wir nur auf erneuerbare Energiequellen zum Heizen und Kühlen unserer Häuser, könnten wir uns das Dämmen sparen. Obwohl erneuerbare Energien wie Sonne, Erdwärme, Wasserkraft und Wind grundsätzlich im Überfluss vorhanden sind, ergänzt das ökologische Argument hier nur das sinnliche. Die übergeordnete Frage lautet, wie wir denn leben wollen – wollen wir einfach lustvoll leben, wie der Wissenschaftsphilosoph Michael Hampe es formuliert hat, oder wollen wir uns selbst in der eigenen Wirklichkeit sinnlich wahrnehmen?

Was im kleinen Massstab des Wohnens überzeugt, gilt letztlich auch für den urbanen Massstab: Energieerzeugung ganzer Quartiere über Tunnelthermie oder Hochhäuser, die das Mikroklima der Nachbarschaft merklich kühlen, sind keine utopischen Techno-Futurismen, sondern reale Möglichkeiten unserer Stadtentwicklung. Kennen Studierende die Grundlagen physikalischer Zusammenhänge zur Erwärmung und Kühlung von Räumen, können sie selbstständig eigene Narrative entwickeln, welche die Potenziale von Architektur, Energie und Klima ausloten. Es ist wichtig, dass wir in der aktuellen Klimakrise neue und eigenständige Zukunftsvisionen entwickeln, die Mut machen und positiv belegt sind.

Viel zu lang hat die Energiefrage in Architekturbedebatten ein Schattendasein geführt. Während sogenannte Öko-Bauten



## BUILDING AROUND WASTE HEAT

Using abundant heat to create a hidden paradise

This scheme recognizes that waste heat from buildings that house functions such as data centers could warm residences. The narrative follows the differing seasonal journeys of ambient air as physical forces direct its flow through a data center paired with cooling towers. The scheme proposes that winter intake air cools the servers. Simultaneously, the air heated by the servers is redirected to a whimsical inner courtyard and can be utilized by residents. In the summer, the cycle is reversed, and the ambient air first travels through the garden. The process is fan assisted so that air volume and temperature can be controlled to provide evaporative cooling.

In diesem Projekt wird die Abwärme aus Datenzentren genutzt, um damit Wohneinheiten zu beheizen. Das Narrativ folgt den verschiedenen, saisonalen Bewegungen der Umgebungsluft, welche als Luftstrom durch ein Datenzentrum und Kühltürme gelenkt wird. Der Entwurf schlägt vor, dass im Winter die angesaugte, von den Servern erwärmte Luft in einem verwunschenen Garten im Innenhof und von den Bewohnern genutzt werden kann. Im Sommer wird der Kreislauf umgedreht: Die Aussenluft strömt durch den Garten zu den Datenzentren und wird mit einer Kombination aus Verdunstung und Absorptionskältemaschine abgekühlt, sodass den Bewohnern kühle Luft zur Verfügung steht. Der Prozess wird von Ventilatoren unterstützt, wodurch Luftvolumen und -temperatur angepasst werden können.

ABOVE Overview of the waste heat from data centers project  
OBEN Überblick des Projekts Abwärme von Datenzentren



## TUNNEL ACUPUNCTURE

Redirecting infrastructure waste heat for use in buildings

This narrative coins the concept “Tunnelthermie” (tunnel heat) where geothermal energy or waste heat from cars in tunnels is gathered via flat plate collectors and repurposed. In the proposal, cylinder shaped structures strategically placed along the Rosengarten Tunnel network in Zurich vertically draw waste heat up to the surface to be reused in housing. Nine towers are developed along the tunnel route, and each explores how residential layouts could formally engage the connective conduits. Notably, the project reimagines the interface between infrastructure and the urban building stock.

Dieses Narrativ baut auf dem Konzept «Tunnelthermie» auf, bei dem geothermische Energie und Abwärme von Autos aus Tunnels über Röhrenkollektoren gesammelt und genutzt wird. Vertikale, zylindrische Strukturen, die strategisch entlang des Rosengartentunnels in Zürich verteilt werden, bringen Abwärme zur Oberfläche für die Nutzung in Wohngebäuden. Neun Türme wurden entlang der Tunnelroute entwickelt und jeder davon untersucht, wie Wohngrundrisse die Verbindungsrohre formal einbeziehen können. Das Projekt formuliert neue Ansätze für die Schnittstelle zwischen Infrastruktur und dem urbanen Gebäudebestand.

ABOVE Overview of the energy from urban tunnels project  
OBEN Überblick des Projektes Energie aus städtischen Tunnelbauten

Laura Ferreira Dos Santo  
Marc Lehmann  
MSc Architecture





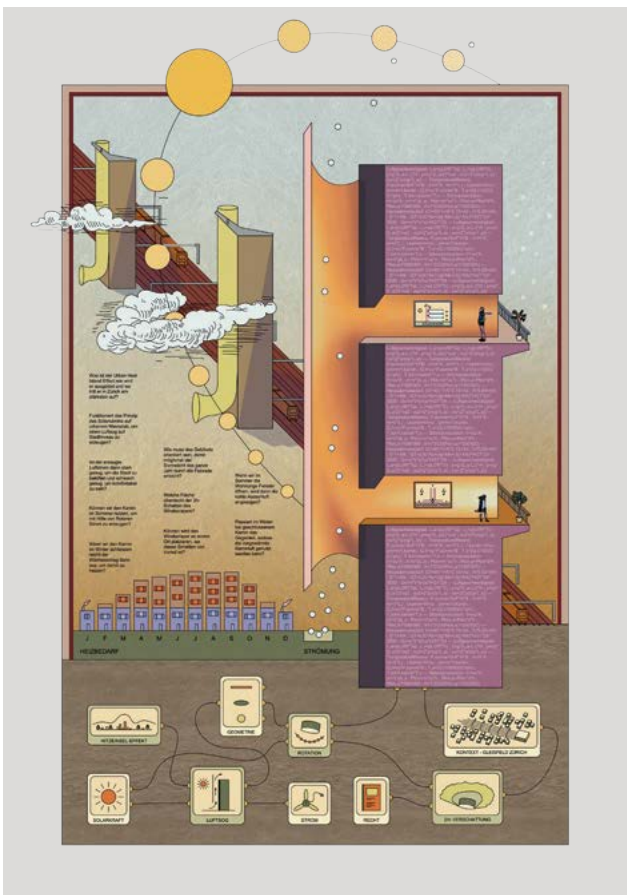
## SOLAR WIND MACHINE

Cooling urban quarters via buoyancy

Tackling the urban heat island effect in Zurich, this narrative identifies transportation hubs as critical points in the city where the phenomenon is most pronounced. Buildings that act as solar chimneys utilize the buoyancy of hot air and generate movement at the city scale. Additionally, the heat created behind the solar chimneys is used to heat the residences located in the towers. The project innovatively utilizes building integrated glazed chimneys to harness solar energy to create comfortable interior and exterior spaces.

ABOVE Overview of urban heat islands project concept  
OBEN Überblick zum Projekt Städtische Hitzeeinseln

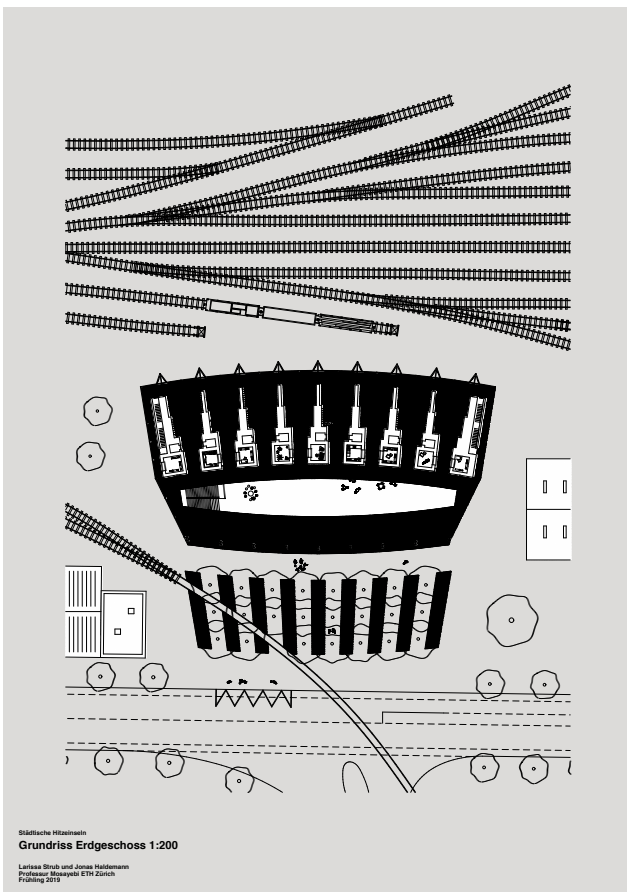
Dieses Narrativ sucht eine Lösung für den Hitzeeinseleffekt in Zürich, indem es Verkehrsknoten als kritische Punkte der Stadt identifiziert, die dieses Phänomen massgeblich mitverantworten. Gebäude übernehmen hier im Sommer die Funktion von grossen Solartürmen, die den Auftrieb der heissen Luft nutzen, um damit eine kühlende Luftzirkulation in der Umgebung zu erzeugen. Im Winter wird die Wärme, die in den verglasten Solartürmen entsteht, für die Heizung der Wohneinheiten in den Türmen verwendet. Das Projekt zeigt eine innovative und gelungene Integration verglaster Türme, um Solarenergie zu nutzen und den Komfort in Innen- und Aussenräumen zu erhöhen.



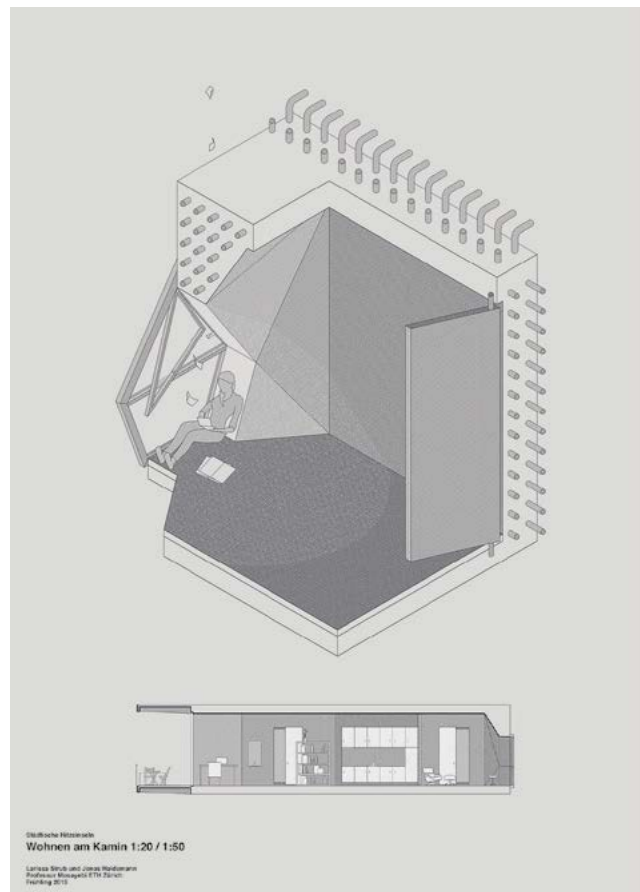
Overview of urban heat islands project  
Überblick des Projekts Städtische Hitzeinseln



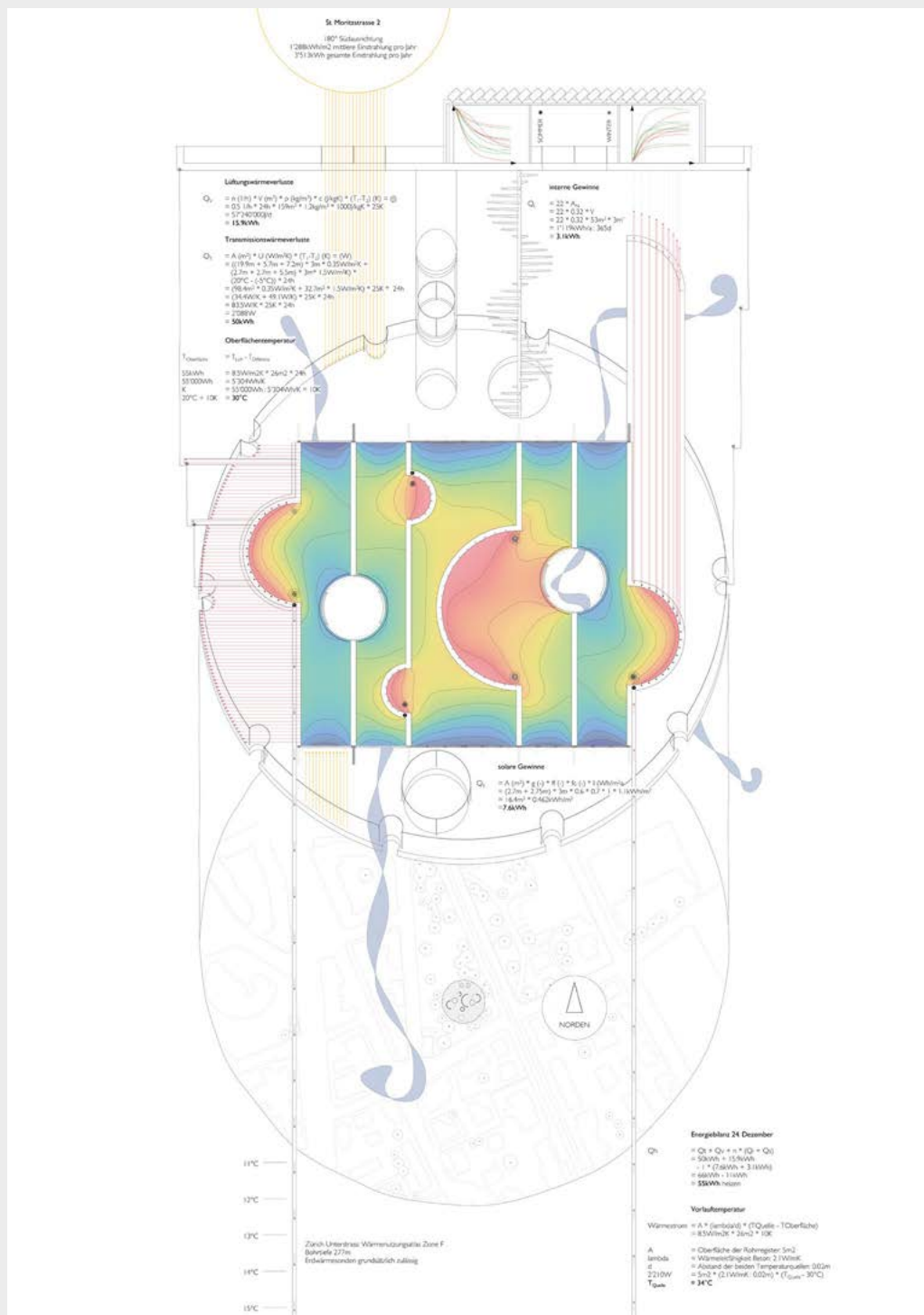
Urban context and siting of the proposed interventions  
Städtischer Kontext und Lage der vorgeschlagenen Interventionen



Ground floorplan located at a transportation node  
Grundriss Erdgeschoss an einem Verkehrsknotenpunkt



Representative unit plan  
Beispiel einer Wohneinheit



## THERMAL DELIGHT

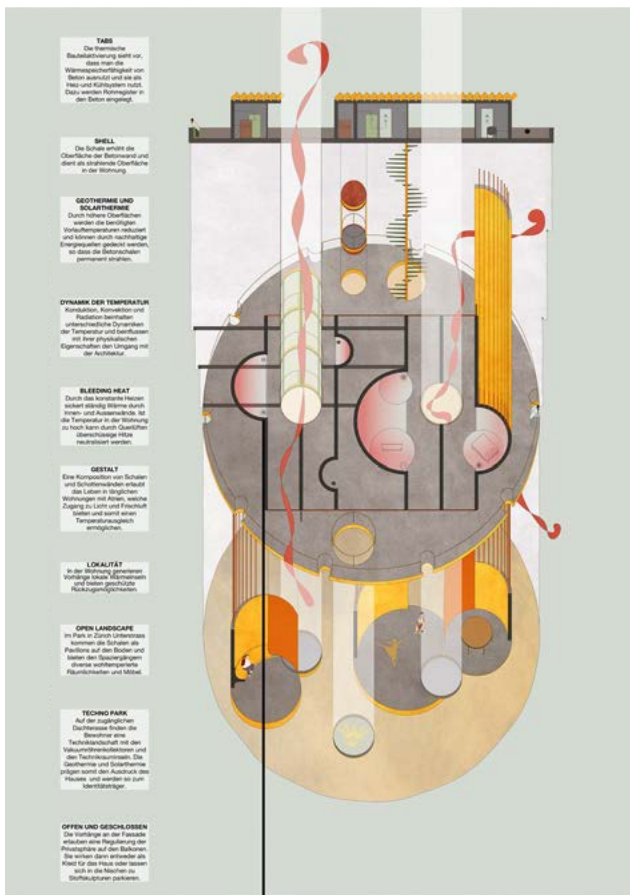
### Using radiant heating to create spatial comfort

This narrative focuses on the building scale and the concept of component activation within a new Zurich building. Via a piped water system, building components are heated and cooled, activating the concrete walls to radiate heat and creating different thermal zones through geometry. Notably, the project systematically and sensitively highlights the possible impacts of activating building components to heightened meaning in architectural sequence, increasing occupant comfort at the same time.

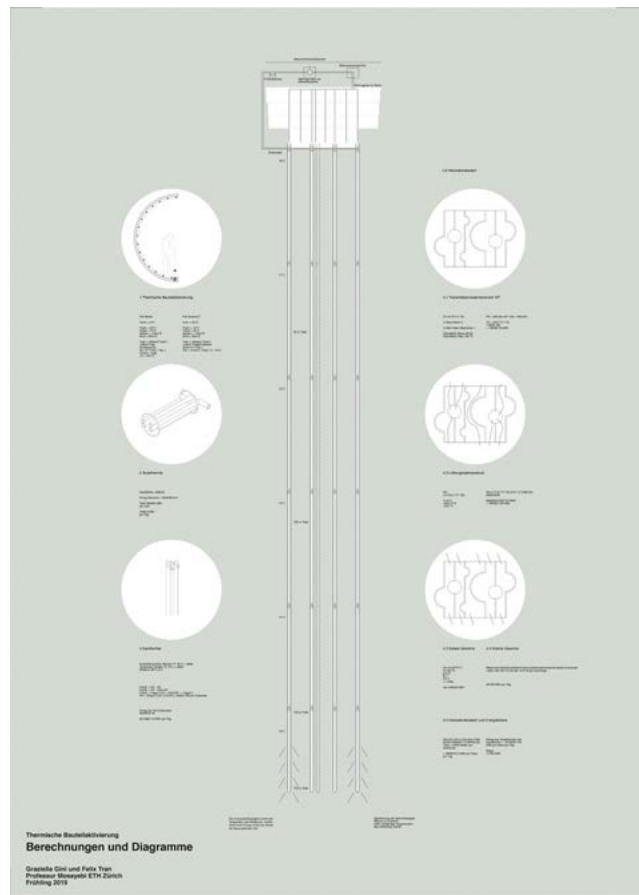
Dieses Narrativ befasst sich mit dem Konzept der thermischen Bauteilaktivierung für ein neues Gebäude in Zürich. Bauteile werden über einen Wasserkreislauf erwärmt und gekühlt, aktivieren so die Betonwände zur Wärmestrahlung und schaffen aufgrund der Geometrie verschiedene Temperaturzonen. Das Projekt untersucht systematisch und gezielt die Auswirkungen der Bauteilaktivierung auf die gesteigerte Bedeutung in der architektonischen Abfolge sowie den Einfluss auf den Nutzerkomfort.

ABOVE Overview of the thermal component activation concept  
 OBEN Überblick des Projekts Thermische Bauteilaktivierung

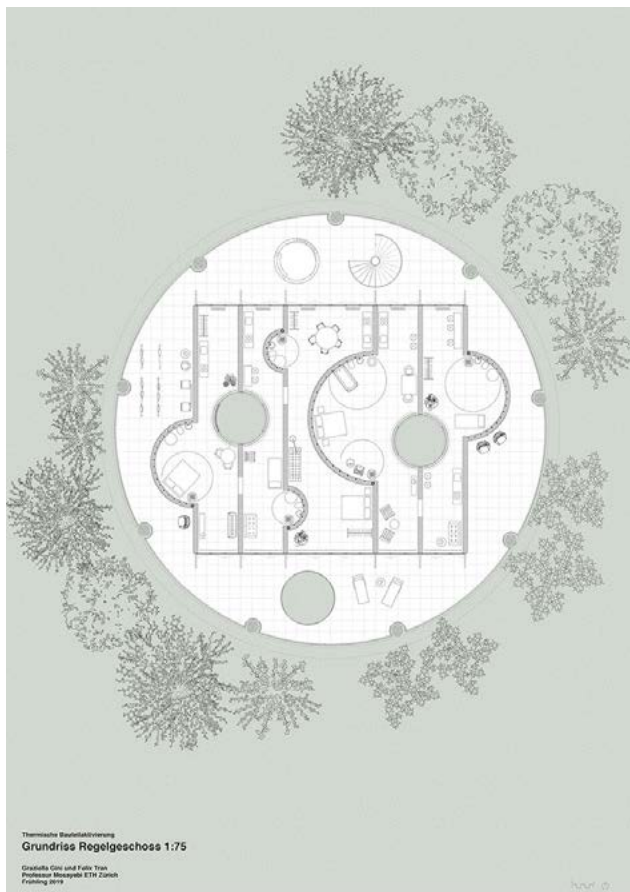




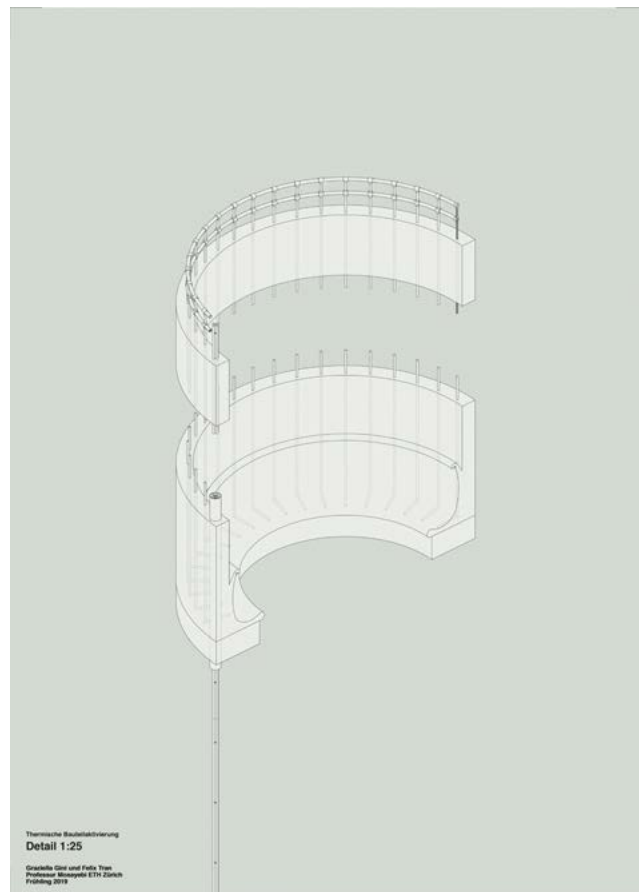
Summary overview of thermal component activation project  
Überblick zum Projekt Thermische Bauteilaktivierung



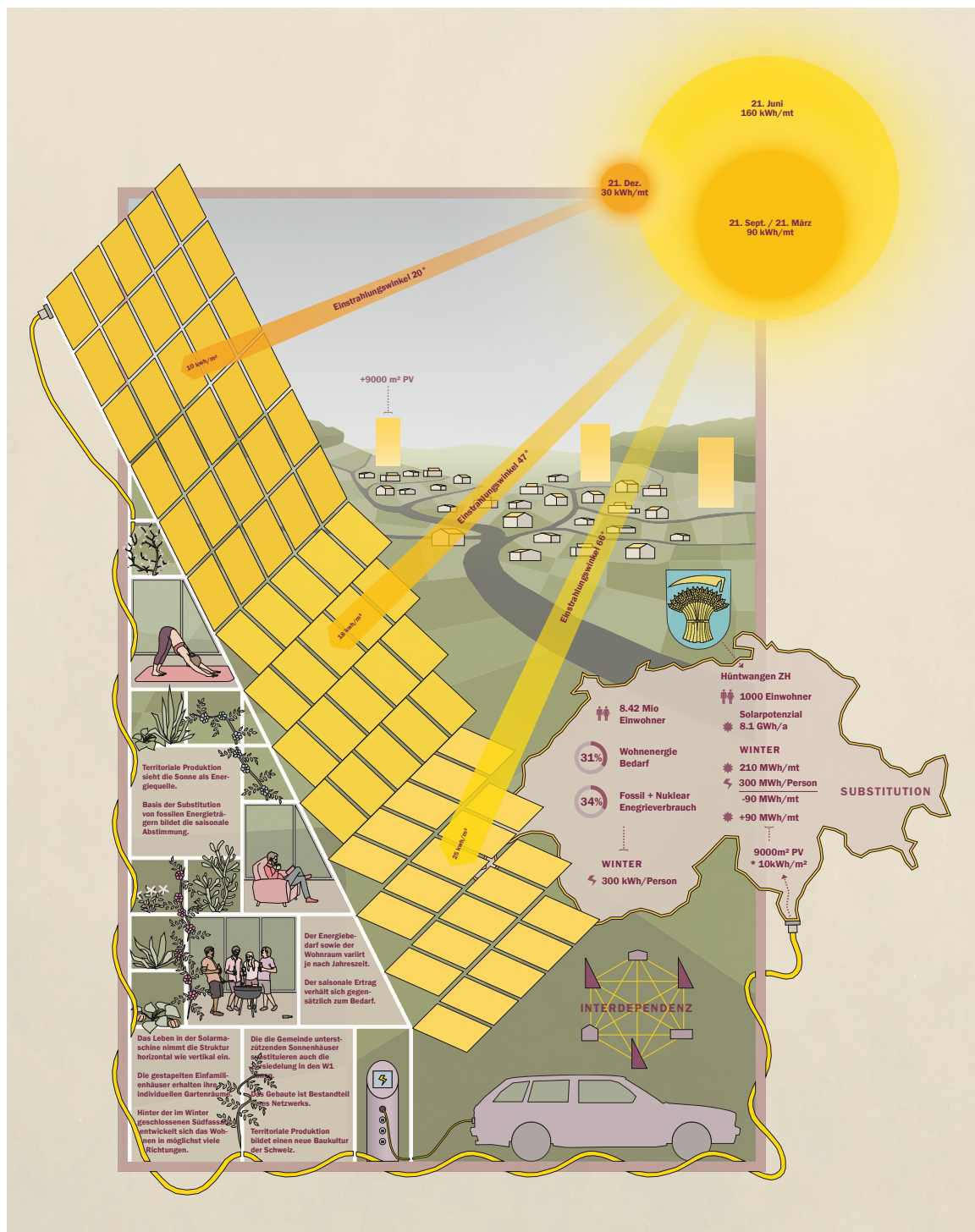
Analytical diagrams of system organization and performance  
Analysediagramm der Systemorganisation und -leistung



Typical floorplan  
Typischer Grundriss



Detail of the radiant heating system  
Detail des Strahlungsheizsystems



## SOLAR COMMUNITY

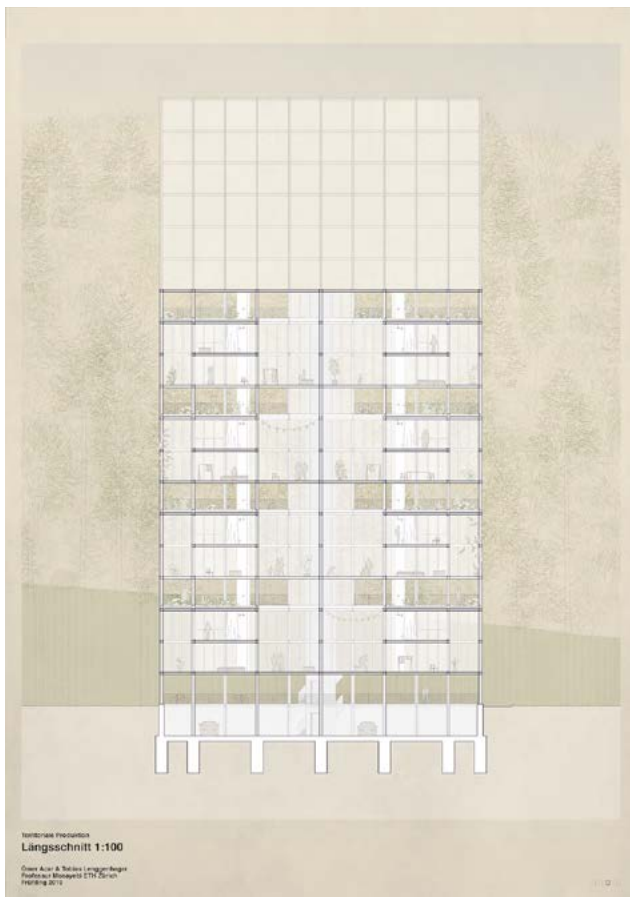
Powering a community with solar towers

Focused on a Zurich municipality, this narrative envisions a radically different approach to the existing idea of solar communities based on actual energy demand. First, a detailed analysis of energy use in the region was developed. Next, new housing was organized vertically, providing large and optimally oriented surfaces to maximize solar yield in the winter, when most energy is needed. Placed strategically at the community's boundaries, the towers provide varied communal amenities and act as energy landmarks.

ABOVE Overview of the territorial production project  
OBEN Überblick zum Projekt Territoriale Produktion

Mit Blick auf eine Zürcher Gemeinde wird in diesem Narrativ im Vergleich zu bestehenden Solargemeinschaftskonzepten ein radikal anderer Ansatz erarbeitet. Zuerst wurde eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs der Region entwickelt. Im Anschluss wurden in einem Solarturm neue Wohnnutzungen vertikal angeordnet, um grosse und optimal ausgerichtete Flächen für einen maximalen Solarenergiegewinn im Winter, wenn die meiste Energie benötigt wird, bereitzustellen. Die Türme wurden strategisch an den Quartiersgrenzen positioniert, um als Energiewahrzeichen zu fungieren und vielfältige gemeinschaftliche Angebote zu bieten.





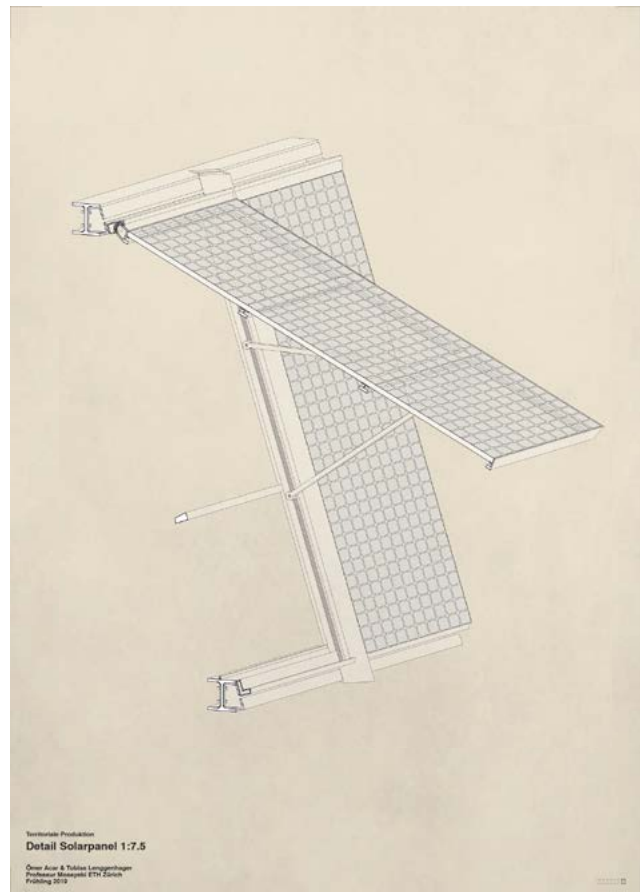
Cross section  
Querschnitt



Urban context and siting of the proposed interventions  
Städtischer Kontext und Lage der vorgeschlagenen Interventionen



Section elevation  
Schnittansicht



Detail of occupant controlled building integrated PV  
Detail der benutzergesteuerten, gebäudeintegrierten PV

## **ETH Chair of Architecture & Building Systems Teaching Team**

Professor Dr. Arno Schlueter  
Dr. Illias Hischier

## **ETH Chair of Architecture & Design Teaching Team**

Associate Professor Dr. Elli Mosayebi  
Lukas Burkhart  
Theres Hollenstein  
Matthew Phillips

## **In collaboration with ETH Chair of Sustainable Construction**

Professor Dr. Guillaume Habert

## **ETH Students Spring Semester 2019**

Ömer Acar  
Laura Ferreira Dos Santos  
Graziella Gini  
Jonas Haldemann  
Marc Lehmann  
Tobias Lenggenhager  
Stefanie Peter  
Manoel Prinz  
Tobias Saner  
Géraldine Storb  
Larissa Strub  
Felix Tran  
Manuel Viecegli  
Ruiqi Zhang

# CLIMATE AS A DESIGN FACTOR

**Energy & Materiality**  
Arno Schlueter

**Rethinking Architecture**  
Roger Boltshauser

# ENERGY & MATERIALITY

Arno Schlueter

When we work in an unfamiliar context, it forces us to question our methods, as well as our approach to design and engineering. In the studio with Roger Boltshauser, the students experienced this challenge in several dimensions, starting from the building site to the interdisciplinary teams they formed. The task was to design a school building in Agouti, a village located in the Moroccan Atlas Mountains.

The socio-economic context mandated using the traditional and locally sourced building material of rammed earth, in addition to maximizing passive approaches to provide occupant comfort with minimal technological means. The climate of Agouti requires heating during the cold winters and protection from the heat in summer, which meant managing solar heat across the seasons and designing for natural ventilation. Rammed earth as the chosen construction material supported passive approaches, providing thermal mass and a humidity buffer. Beyond thermal comfort, sufficient daylight was one of the essential requirements for the school building.

For the duration of the semester, architecture students teamed up with students from the specialized Master in Integrated Building Systems (MIBS). The MIBS students complemented the design focus of the architecture students with in-depth knowledge on topics of energy, comfort, and building systems, adding critical simulation and analytical skills. In teams of two, students reflected on typically constructed typologies of the region such as the 'ksar', which is a group of buildings surrounded by earthen walls. Based on sequences of closed and open spaces, the design of the 'ksar' provides comfortable indoor and outdoor rooms well adapted to local daily and seasonal temperature variations.

The first step towards developing their team projects was to study the climatic properties of the site using weather data. Preparing the course, we tried to obtain as much on-site data as possible by taking area images with a drone and deploying sensors on-site to measure temperature and humidity. As a result, students were able to utilize the detailed point-cloud models generated from the images to produce various analyses (i.e. solar, digital, and physical massing studies) during the course to inform their design decisions. For heating and cooling, the students evaluated the feasibility of local renewable energy sources and estimated the needed energy demand and supply for their proposals from a life-cycle perspective. Additionally, the means of active and passive supply for heating and cooling were also added and further shaped the projects by offering greater functionality to the earthen walls or by introducing air channels and water elements. Ventilation corridors channeled prevailing winds, and the large roofs that provided shading were activated as harvesting surfaces. Supply systems leveraged this potential by using solar collectors combined with simple storage tanks embedded in the massive earthen walls to provide hot water and heating. Supplying the heat varied from decentralized wooden fires to wall heating systems that the students integrated into prefabricated components of rammed earth. Over the course of the semester, the spatial concept of the "ksar" was refined by climatic zoning.

Neue, unbekannte Rahmenbedingungen zwingen uns oft, unsere Ansätze und Methoden der Analyse und des Entwurfes zu hinterfragen. Im Entwurfsstudio mit Roger Boltshauser stellten sich die Studierenden dieser Herausforderung auf verschiedenen Ebenen, von der Auswahl des Ortes bis

hin zur Arbeit in interdisziplinären Teams. Die Aufgabe bestand darin, ein Schulgebäude in Agouti zu entwerfen, einem Dorf im marokkanischen Atlasgebirge.

Der sozioökonomische Kontext legte die Verwendung des traditionellen und lokal hergestellten Baumaterials Stampflehm sowie passive Ansätze für die Versorgung nahe, um die Behaglichkeit der NutzerInnen mit minimalen technologischen Mitteln zu erreichen. Das Klima in Agouti erfordert Heizen in den kalten Wintermonaten und Schutz vor Überhitzung im Sommer. Daher muss die solare Einstrahlung über die Jahreszeiten hinweg geregelt und eine natürliche Belüftung vorgesehen werden. Stampflehm unterstützt grundsätzlich passive Ansätze, indem es viel thermische Masse und einen Feuchtigkeitpuffer bietet. Über den thermischen Komfort hinaus war die ausreichende Versorgung mit Tageslicht eine der Grundvoraussetzungen für das Schulgebäude.

Für die Dauer des Semesters haben sich Architekturstudierende mit Studierenden des spezialisierten Master of Integrated Building Systems (MIBS) in Teams zusammengefunden. Die MIBS-Studierenden ergänzten den Gestaltungsfokus der Architekturstudierenden mit fundierten Kenntnissen zu den Themen Energie, Komfort und Gebäudesysteme sowie entsprechenden Simulations- und Analysefähigkeiten. In Zweierteams untersuchten sie regionale Typologien mit typischer Konstruktionsweise wie die des «ksar», eine Gruppe von Gebäuden, die von Lehmmauern umgeben sind. Durch die Aneinanderreihung geschlossener und offener Räume bietet das «ksar» behagliche Innen- und Aussenräume, die gut an die täglichen und saisonalen Temperaturschwankungen vor Ort angepasst sind.

Der erste Schritt zur Entwicklung ihrer Teamprojekte bestand darin, die klimatischen Eigenschaften des Standorts anhand von Wetterdaten zu erfassen. Bei der Vorbereitung des Kurses erstellten wir mithilfe einer Drohne Aufnahmen des Gebietes und versuchten Sensoren zur lokalen Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit einzusetzen, um möglichst umfangreiche Standortdaten zu erhalten. Die Studierenden konnten so auf detaillierte, aus den Bildern generierte 3D Modelle zurückgreifen und verschiedene Analysen (d.h. Studien zur solaren, digitalen und baulichen Masse) als Grundlage ihrer Entwurfsentscheidungen erstellen/erarbeiten. Hinsichtlich des Heizens und Kühlens untersuchten die Studierenden die Verfügbarkeit lokaler erneuerbarer Energiequellen und ermittelten im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung den für ihre Entwürfe notwendigen Energiebedarf. Zusätzlich wurden für das Heizen und Kühlen auch Methoden der aktiven und passiven Versorgung vorgesehen. Die Projekte entwickelten sich dadurch weiter: Den Lehmmauern wurde eine grössere Funktionalität zugeschrieben, sie wurden durch Luftkanäle und Wasserelemente ergänzt und über Lüftungskorridore wurde der Wind aus den dominierenden Windrichtungen kanalisiert. Die grossen Dächer sorgten einerseits für Schatten, andererseits dienten sie als Erzeugungsflächen für die solare Energieproduktion. Für die Warmwasserproduktion wurden Solarkollektoren in Kombination mit Speichertanks eingesetzt, die in die massiven Lehmmauern eingebettet werden konnten. Techniken der Wärmeproduktion reichten dabei von dezentralen Holzfeuern bis hin zu Wandheizungssystemen, die in vorgefertigte Bauteile aus Stampflehm integriert wurden. Im Laufe des Semesters konnte dadurch das räumliche Konzept des «ksar» durch eine klimatische Zonierung weiter entwickelt werden.

# RETHINKING ARCHITECTURE

Roger Boltshauser

We can only live up to our responsibility for future generations if from now on, we manage to use energy and resources as efficiently as possible. Complex demands are being placed on architects sensitive to climate issues, and the questions that logically follow these topics address different scales and represent a great challenge for society in general. Given that the building industry is currently responsible for more than a third of global resource consumption,<sup>1</sup> this point underscores that we are all the more called upon as a profession.

At ETH Zurich, we try to teach an architectural approach that constantly takes the climate factor into account. We simulate real-world, interdisciplinary processes, and in the process, new and surprising solutions are formulated which are intended to encourage future innovations in contrast to today's heavily regulated and standardized practice. We try to question existing routines. This type of interdisciplinary project work is highly complex, requires a great deal of specialist knowledge in a wide variety of areas, and thus represents an even greater challenge for the students. Today's generation however, takes it as a matter of course and firmly believes that the future rests on these topics. The following are projects from the fall semester of 2019 within the scope of a joint project with the master students of the "Integrated Building Systems" (MIBS) program. Over the course of the semester, architecture and MIBS students developed their designs collaboratively.

We think these challenges can only be attainable if interdisciplinary and cooperative processes are initiated that critically question current practice and lead to new solutions. Climate factors have to be considered right from the beginning. Typically, the conventional design process follows a hierarchical order, with aspects of sustainability and building technology being dealt with at a late stage. As a result, the planning process is barely integrative and often incoherent, which cannot be compensated for in retrospect. What applies at the individual building level also applies to the development of entire urban districts. In the early planning phase, important infrastructures, public transport, social spaces, or even urban green spaces are often planned inadequately and without coordination. Therefore, the subsequent integration of these aspects is likewise very difficult. Such a design approach does not allow for exploring parameters that positively affect sustainable planning on all scales. The early integration of climatic factors on the other hand, opens up exciting options in the design process and offers a significant potential that must be explored. All our experience and knowledge in teaching tells us that dealing with climate issues not only contributes to the responsible use of the resources available to us, but can also lead to a contemporary architectural expression.

Wir können unserer Verantwortung für kommende Generationen nur gerecht werden, wenn wir es schaffen, künftig so haushälterisch wie möglich mit Energie und Ressourcen umzugehen. Die Anforderungen an klimabewusst bauende ArchitektInnen sind komplex und die Fragestellungen, die sich daraus ergeben, befassen sich mit verschiedenen Massstabsebenen und stellen eine grosse gesellschaftliche Herausforderung dar. Umso stärker sind wir in unserer Branche gefordert,<sup>1</sup> verantwortet doch das Bauwesen aktuell einen Anteil von mehr als einem Drittel am globalen Ressourcenverbrauch.

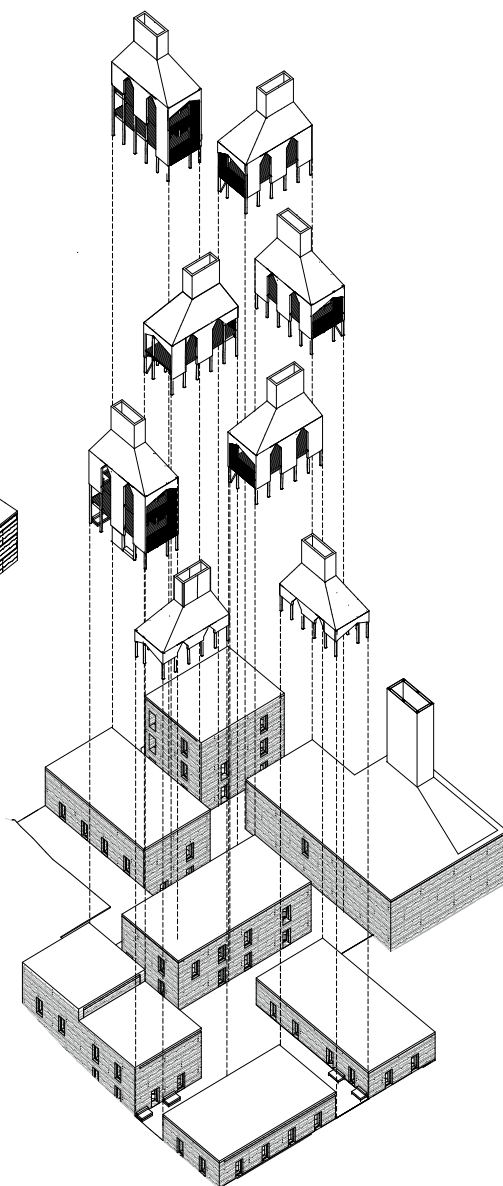
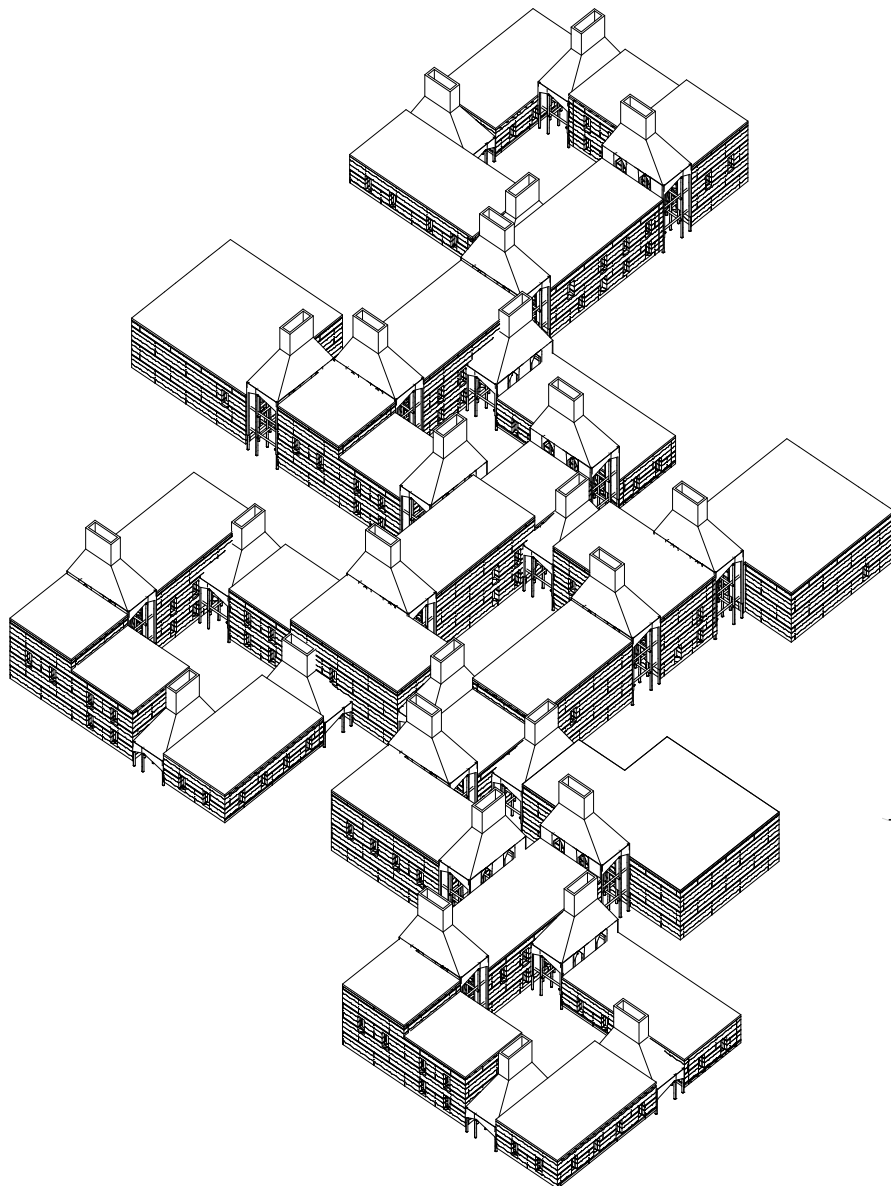
An der ETH Zürich versuchen wir, das Architekturschaffen unter konsequenter Berücksichtigung des Faktors Klima zu vermitteln. Dabei simulieren wir interdisziplinäre Prozesse aus der Praxis und in dem Zusammenhang entstehen neue und überraschende Lösungsansätze, die der heute stark regulierten und normierten Praxis künftig mit Innovationen entgegentreten sollen. Wir versuchen, bestehende Konventionen zu hinterfragen. Diese Art der interdisziplinären Projektarbeit ist hoch komplex, erfordert viel Fachwissen in den unterschiedlichsten Bereichen und stellt damit eine umso grössere Herausforderung für die Studierenden dar. Die heutige Generation begegnet dieser jedoch mit einer grossen Selbstverständlichkeit und der festen Überzeugung, dass in diesen Themen die Zukunft liegt. Im Folgenden werden Arbeiten des Herbstsemesters 2019 gezeigt, ein Gemeinschaftsprojekt mit den StudentInnen des Masterstudienganges «Integrated Building Systems» (MIBS). Im Laufe des Semesters entwickelten die ArchitekturstudentInnen ihre Entwürfe zusammen mit den MIBS-StudentInnen.

Wir denken, diese Herausforderungen können nur bewältigt werden, wenn interdisziplinäre und kooperative Prozesse angeschoben werden, die die gängige Praxis kritisch hinterfragen und zu neuen Lösungsansätzen führen. Die Aspekte des Klimas müssen zwingend von Anfang an mitgedacht werden. Der konventionelle Entwurfsprozess verläuft in der Regel hierarchisch, wobei Aspekte der Nachhaltigkeit und der Gebäudetechnik erst spät bearbeitet werden. Die Folge ist ein wenig integrativer und oft inkohärenter Planungsprozess, was nachgelagert nicht mehr kompensiert werden kann. Was auf der Ebene des einzelnen Gebäudes gilt, gilt auch bei der Entwicklung ganzer Stadtquartiere. Oft werden in den ersten Schritten wichtige Infrastrukturen, öffentliche Verkehrsmittel, Sozialräume oder auch das Stadtgrün nur ungenügend und nicht koordiniert geplant. Daher ist eine nachgelagerte Integration ebendieser Aspekte wiederum sehr schwierig. Die Faktoren, welche die Nachhaltigkeit in der Planung auf allen Massstabsebenen positiv beeinflussen, können auf diese Weise nicht erforscht werden. Die frühzeitige Integration der Klimaaspekte hingegen eröffnet im Entwurfsprozess neue, spannende Optionen und ein bedeutendes Potenzial, das es auszuloten gilt. All unsere Erfahrungen und Erkenntnisse in der Lehre zeigen uns, dass die Beschäftigung mit den Fragen des Klimas nicht nur einen Beitrag zum verantwortungsvollen Umgang mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen leistet, sondern auch zu einem zeitgemässen architektonischen Ausdruck führen kann.

<sup>1</sup> Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme, "2019 global status report for buildings and construction," accessed 20 May 2020, <https://www.worldgbc.org/sites/default/files/2019%20Global%20Status%20Report%20for%20Buildings%20and%20Construction.pdf>.

<sup>1</sup> Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme, "2019 global status report for buildings and construction," abgerufen 20. Mai 2020, <https://www.worldgbc.org/sites/default/files/2019%20Global%20Status%20Report%20for%20Buildings%20and%20Construction.pdf>.





## SCALABLE CLIMATE NODES

Using solar chimneys to enhance architectural sequence

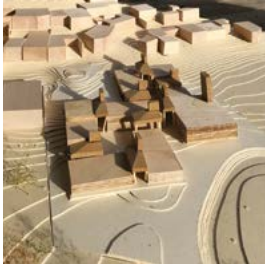
Inspired by the Moroccan approach to public and private living, this project interweaves prefabricated rammed earth blocks with low-tech solar chimneys. The solar chimney and the blocks are connected with ducts to passively ventilate spaces in summer. To respond to the region's typically cold winters, simple solar thermal collectors are included to provide the scheme with additional heat as needed. Roofs are of timber construction and clad in metal. Not least, the project explores which additional framing members would be necessary in rammed earth walls to allow construction to reach a height of 12 meters and to optimize wall thickness. Uniquely successful in retaining both a local sensibility toward wayfinding while introducing a rich architectural language, the proposal is also convincingly modular and scalable.

Inspiriert von der marokkanischen Sicht auf öffentliches und privates Leben, verknüpft dieses Projekt vorgefertigte Blöcke aus Stampflehm mit technisch einfachen Solarkaminen. Die Kamine und Blöcke sind mit Rohren verbunden, die eine

passive Lüftung im Sommer ermöglichen. Während der für die Region typischen kühlen Winter wird der Wärmebedarf mittels einfacher Solarthermiekollektoren bereitgestellt. Die Dächer sind Holzkonstruktionen mit Metallddeckung. Das Projekt untersucht zudem geeignete Tragelemente, um mit Wänden aus Stampflehm eine Konstruktionshöhe von 12 Metern zu erreichen und die Wandstärke zu optimieren. Der Entwurf zeichnet sich dadurch aus, die lokalen Gewohnheiten der Wegfindung zu bewahren und zugleich eine reichhaltige Architektursprache zu erzeugen. Das vorgeschlagene Konzept überzeugt durch Modularität und Skalierbarkeit.

ABOVE RIGHT Axonometric of single school block  
 OBEN RECHTS Axonometrie eines einzelnen Schulblocks

ABOVE LEFT Axonometric of multiple school blocks combined  
 OBEN LINKS Axonometrie mehrerer, verbundener Schulblöcke



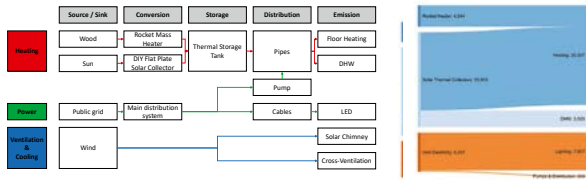
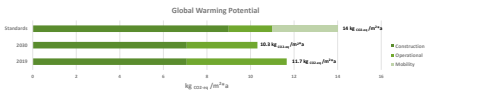
Public Space



Berber Tent



Courtyard



HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + IBS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
Philipp Henestrosa | Conor Killen

Site, systems, and emissions analyses  
Analysen von Grundstück, Systemen und Emissionen

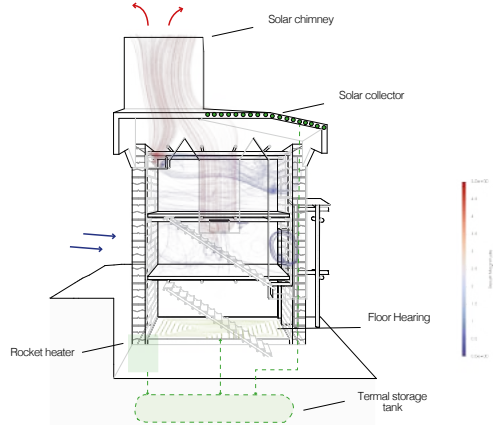


HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + IBS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
Philipp Henestrosa | Conor Killen

Courtyard perspective  
Hofperspektive



Heating Load in kWh



Lighting Load in kWh



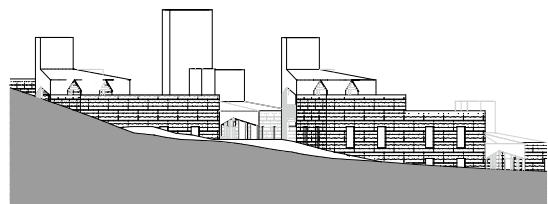
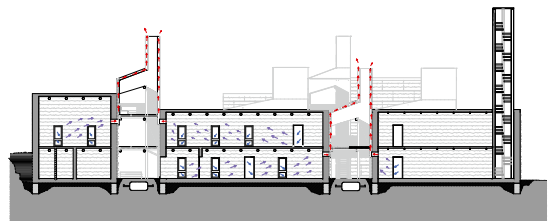
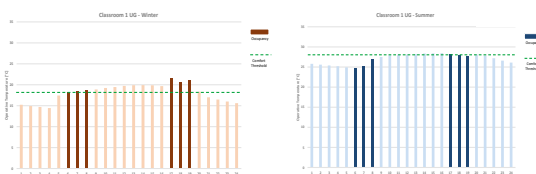
Solar Load in kWh

HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + IBS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
Philipp Henestrosa | Conor Killen

Section perspective and demand analysis  
Schnittperspektive und Bedarfsanalyse

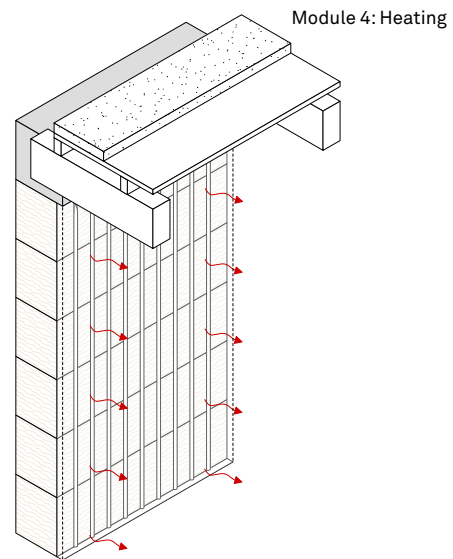
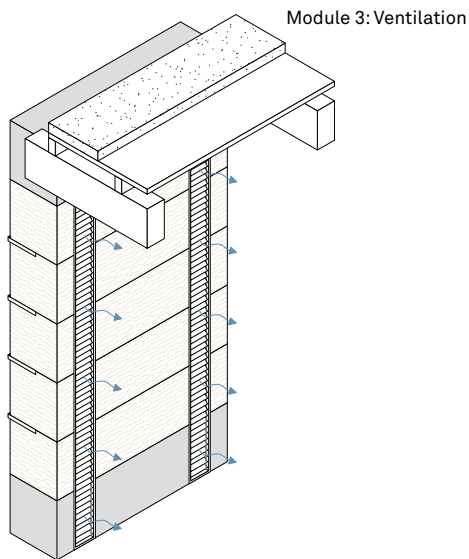
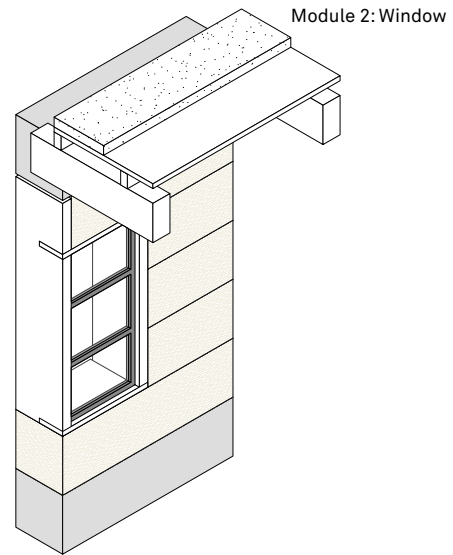
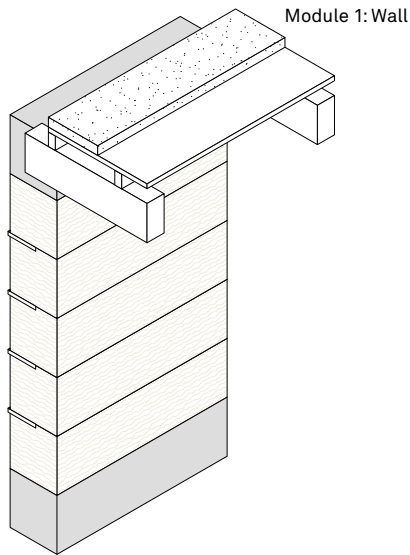


HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + IBS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
Philipp Henestrosa | Conor Killen

Analysis of occupant comfort, section, and elevation  
Analyse des Nutzerkomforts, Schnitt und Ansicht



## MODULAR RIGOR

Functional prefab with rammed earth

Organized around an atrium, together the mosque and educational facility play key roles in the occupant comfort strategy. The hybrid rammed earth, timber, and concrete construction is approached rigorously in terms of prefab modularity and stability to allow flexibility and construction efficiency. Composed from five different modules, elements are arranged on a grid of 2×2 meters on top of a concrete slab. The energy concept is split into two strategies of ventilation and heating. The natural buoyancy effect occurring in the volume of the atrium draws hot air of the building in the summer. Roof solar collectors are used to heat a thermal storage tank, whose content is used to distribute the heat in the building through a wall heating system. To lower summer indoor temperature, this scheme innovatively explores the efficacy of air circulation in earth embedded tubing in order to exchange heat with the ground mass to cool the air down, before it enters the building.

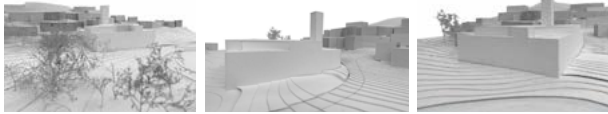
Die Moschee und Ausbildungsstätte ist um ein Atrium angeordnet, das eine Schlüsselrolle beim Nutzerkomfort spielt. Die hybride Konstruktion aus Stampflehm, Holz und Beton wird hinsichtlich Modularität und Stabilität konsequent umgesetzt, um Flexibilität und Effizienz im Bauprozess zu ermöglichen. Aus fünf verschiedenen Modulen werden Elemente auf einem Raster von 2×2 Metern auf einer Betondecke angeordnet. Das Energiekonzept ist in zwei Strategien für Lüftung und Heizung unterteilt. Der natürliche Auftriebseffekt, der im Atrium auftritt, ermöglicht im Sommer die Durchlüftung des Gebäudes. Solarkollektoren auf dem Dach erwärmen einen thermischen Speicher, dessen Inhalt dafür genutzt wird, die Wärme durch ein Wandheizsystem im Gebäude zu verteilen. Um die sommerliche Innenraumtemperatur zu reduzieren, wird die Aussenluft durch im Erdreich eingelegte Leitungen geführt, um Wärme an den Boden abzugeben und die Luft zu kühlen, bevor sie ins Gebäude strömt.

ABOVE Module types and location  
OBEN Modultypen und -anordnung





Site Plan 1:200

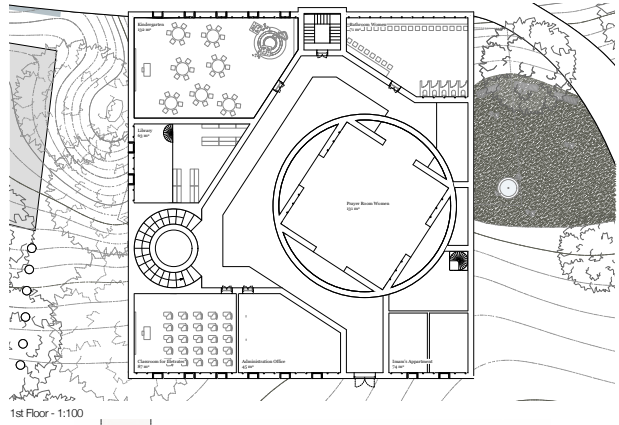


Site Model

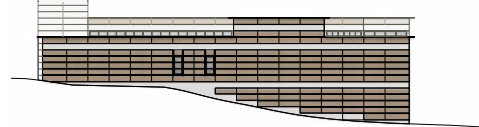
HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + ISS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

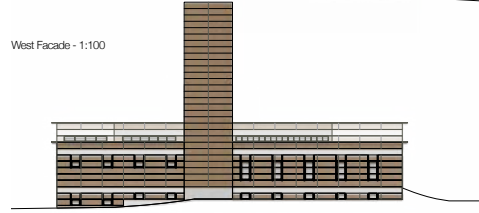
FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
HANNA ELATIFI | MAXIMILIAN GESTER



1st Floor - 1:100



West Facade - 1:100



North Facade - 1:100

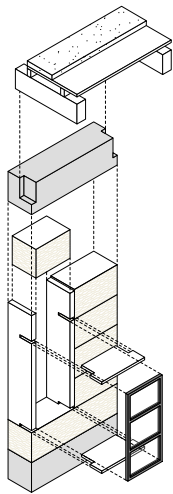
HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + ISS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
HANNA ELATIFI | MAXIMILIAN GESTER

## Context and siting of the proposed intervention Kontext und Lage der vorgeschlagenen Interventionen

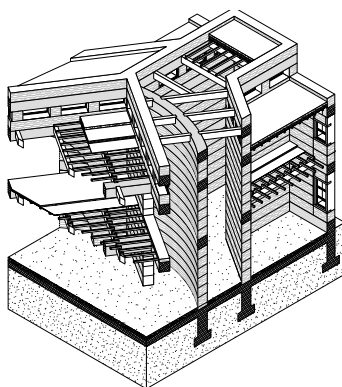
## Floorplan and elevations Grundriss und Ansichten



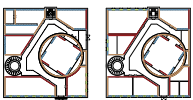
Exploded axonometric of the window module



Constructive Picture of the window module



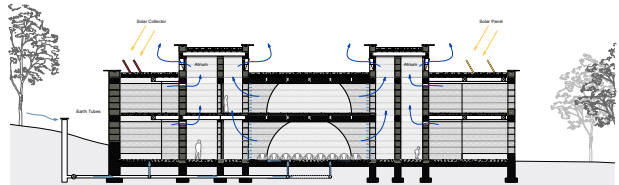
The rammed earth construction has been thought of in terms of modularity and pre-fabrication to allow flexibility and construction efficiency. It is made from 5 different modules. Those modules are arranged on a 2 meter grid, and the building sits on a concrete base. The walls are made out of rammed earth. Wooden planks of 60cm each protrude 2cm out of the facade to counter erosion. The slabs on the second level are made out of wooden beams. There are primary and secondary beams. On top of the secondary structure is a rammed earth floor. In order to stabilize the construction and reduce the length of the wooden beam there is a concrete ring anchor above all the walls.



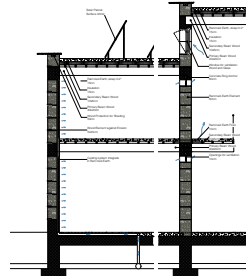
HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + ISS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

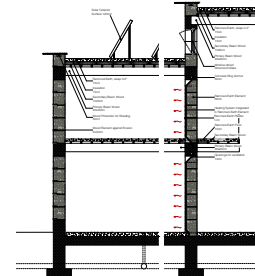
FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
HANNA ELATIFI | MAXIMILIAN GESTER



Section - 1:100

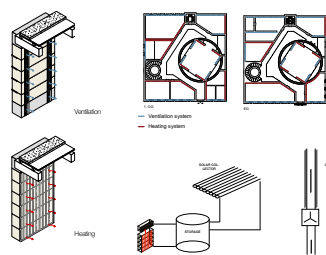


Section Summer - 1:50



Section Winter - 1:50

### Systems



The energy concept is split into two strategies: ventilation and heating. Thanks to the atrium, which is the spine of the building, a natural buoyancy effect allows the hot air to circulate and evacuate it from the building in summer. In order to assure a comfortable ventilation rate and to lower the summer indoor temperature, air is circulated through earth tubes, in order to allow it to exchange heat with the ground mass and cool down, before entering the rooms. Solar collectors placed on top of the roof are used to heat up a thermal storage tank, which is then used to distribute the heat in the building through a wall heating system. An electrical resistance, powered by PV is placed in the tank to allow a backup heating solution in critical heating periods. The pump used to circulate liquids and the fan to circulate the air are powered by PV and use a battery as electrical storage system.

HS 2019 | STUDIO BOLTSHAUSER + SCHLÜTER  
ARCHITECTURE DESIGN COURSE + ISS MASTER

A SCHOOL IN THE ATLAS  
AGOUTI, MOROCCO

FINAL CRIT | 18th OF DECEMBER 2019  
HANNA ELATIFI | MAXIMILIAN GESTER

## Axonometric of hybrid assembly Axonometrie des hybriden Aufbaus

## Sections and energy concept Schnitte und Energiekonzept



## REFINED DESIGN

Using coordinated metrics to advance design quality

Intending to create a communal space as the new village center, this scheme situates its three main volumes – a mosque, a minaret tower, and a school – to engage the street and the existing village. Five iterations of a rammed earth module are developed to create a distinct visual language, as well as modulate room temperature with Trombe walls to trap solar heat, which in turn is used to heat adjacent spaces. The scheme is rigorously refined through complementary analyses that include: glazing scenarios, wall section performance, indoor comfort of passive strategies, as well as energy demand and emissions. Additionally, the project provides scaling guidelines for the approach.

Mit der Absicht, einen gemeinschaftlichen Raum als neues Dorfzentrum zu schaffen, positioniert der Entwurf die drei wesentlichen Baukörper – eine Moschee, ein Minarett und eine Schule – unter Einbeziehung der Strasse und des bestehenden Dorfes. In fünf Iterationen wurde ein Modul aus Stampflehm entwickelt, welches eine eigenständige visuelle Sprache ermöglicht und gleichzeitig die Raumtemperaturen mittels Trombe-Wänden reguliert. Dabei wird solare Wärme nach Bedarf gespeichert und anschliessend für die Erwärmung benachbarter Räume genutzt. Das Konzept wurde durch begleitende Analysen verfeinert. Der Einfluss diverser Verglasungen und Wandquerschnitte auf Innenraumkomfort, Energiebedarf sowie Emissionen wurde untersucht. Das Projekt bietet zudem einen Leitfaden für die Skalierung dieses Ansatzes.

ABOVE Exterior perspective of rammed earth modules  
OBEN Aussenperspektive der Stampflehmmodule

BOTTOM Interior courtyard perspective  
UNTEN Innenhofperspektive





## **ETH Chair of Architecture & Building Systems Teaching Team**

Professor Dr. Arno Schlueter  
Dr. Chirag Deb  
Dr. Amr Elesawy  
Dr. Gearóid Lydon  
Bharath Seshadri

### **Assistants**

Veronica Contucci  
Jack Hawthorne  
Maxence Ryan  
Mario Signer

## **ETH Visiting Lecturer in Design Teaching Team**

Roger Boltshauser  
Janina Flückiger  
Felix Hilgert  
Andreas Lamprecht  
Marlène Witry

## **ETH Students Fall Semester 2019**

Hager Al Laham (MSc IBS)  
Muriel Beaud (MSc IBS)  
John Bourcet (MSc IBS)  
Monika Brtan (MSc Arch)  
Ismaël Camara N'Faly (MSc Arch)  
Fortunat Cavigelli (MSc Arch)  
Kexin Cheng (MSc IBS)  
Adam El-Hamadeh (MSc Arch)  
Hanna Elatifi (MSc Arch)  
Sandro Fritschi (MSc Arch)  
Maximilian Gester (MSc IBS)  
Thomas Gürber (MSc IBS)  
Philipp Henestrosa (MSc Arch)  
Claudio Hirschbühl (MSc IBS)  
Nina Hsu (MSc Arch)  
Leonie Huber (MSc Arch)  
Milena Isaak (MSc Arch)  
Conor Killeen (MSc IBS)  
Gordan Kucan (MSc IBS)  
Alexandra Kuhn (MSc IBS)  
Lara Motschi (MSc Arch)  
Georgios Panagiotou (MSc IBS)  
Delphine Potterat (MSc Arch)  
Kaushik Ravi (MSc IBS)  
Alina Riabova (MSc IBS)  
Luca Riggio (MSc Arch)  
Anina Schmid (MSc Arch)  
Silvan Schuler (MSc Arch)  
Luca Ugolini (MSc Arch)  
Anaïse Vallee (MSc Arch)  
Angela Volken (MSc Arch)  
Hongyang Wang (MSc IBS)  
Nicolas Wild (MSc IBS)  
Thomas Willingsdorfer (MSc IBS)  
Shuyan Xiong (MSc IBS)

Hou Yaxin (MSc Arch)  
Jun Zhang (MSc IBS)  
Huimin Zhou (MSc IBS)

# THE POTENTIALS OF ECOLOGICAL BUILDING

Energy in the City  
Arno Schlueter

Facts and Figures – and Forms!  
Annette Gigon

# ENERGY IN THE CITY

Arno Schlueter

What if we could determine the exact amount of energy we use and the emissions we cause, both as individuals and architects? What information would we need to collect? Which tools would help us calculate these numbers? How many trees would need to be planted to offset our activities? In the fall of 2019, wrestling with numbers was at the core of developing the design studio with Annette Gigon and her team.

The objective for the students was to reflect on zero energy and emissions on one of four urban sites in the city of Zurich. Each project was either a retrofit of an existing multi-family residential building or new construction. Every site was selected to highlight the contextual challenges of realizing zero-emission buildings within the existing urban fabric. The students started by collecting information to generate a catalogue of metrics and numbers. In this process, they were encouraged to discuss different methods, their assumptions, and their assessment of what qualified as "good" or "bad." The aim of the exercise was to gain insight into which values were relevant and to begin developing a critical sensibility toward such parameters in their design work. Parallel to collecting this information, students embarked on their respective design projects on their chosen sites.

Designing for zero is a constant negotiation that involves a balancing act of volume and surface, as well as the reuse or removal of space and energy as needed. The approach touches every essential design parameter and starts simply enough by imagining the building inhabitants, their needs for space and energy, and how this translates into the amount of total space to be built. This continues with questions of organization and balance.

Our task for the students proposed a structured process to guide their concept development and decision-making. They began by reflecting on environmental targets for their design projects in relation to energy consumption and emissions. Following this, they estimated the consumption of the average inhabitant to help provide a reference point. Subsequently, the analysis of the site and its local energy potentials such as solar, ground heat, and waste heat helped define the energetic boundaries that shaped each design. Solar and shading analysis indicated the solar exposure of building surfaces. Schematic sketches of heat, air, and light aided in linking aspects of supply and occupant comfort to architectural design. Not least, low impact building materials were explored as alternatives to the typical choices of concrete and steel, which led to creative applications and surprising solutions.

Each design project reflects the unique mediation of approaches conducted by the students, who in their building proposals literally materialize the energy and emissions figures they collated earlier in their process. Facades and roofs, almost unnoticeably start leaning toward the sun, solar modules morph into expressively precise cladding, and floor plates gravitate around thermal buffer zones. The resulting projects not only thoughtfully link to the architectural vocabulary found in their site contexts, but also enrich them by activating surfaces, choosing alternative materials, and implementing novel construction types.

Was wäre, wenn wir den Energieverbrauch und die von uns verursachten Emissionen genau bestimmen könnten, für uns persönlich wie auch für die Gebäude, die wir als ArchitektInnen entwerfen? Welche Informationen bräuchten wir? Welche Werkzeuge würden uns helfen, diese Zahlen zu berechnen? Und wie viele Bäume müssten gepflanzt werden, um unsere Aktivitäten auszugleichen? Im Herbst 2019 stand das Ringen mit diesen Zahlen im Mittelpunkt des Entwurfsstudios mit Annette Gigon und ihrem Team.

Die Studierenden bekamen die Aufgabe, sich an einem von vier Standorten in Zürich mit den Themen Nullenergie und Nullemissionen auseinanderzusetzen. Jedes Projekt befasste sich entweder mit der Sanierung eines bestehenden Mehrfamilienhauses oder einem Neubau. Jeder Standort wurde unter dem Aspekt ausgewählt, die Herausforderungen bei der Realisierung emissionsfreier Gebäude im bestehenden städtischen Gefüge aufzuzeigen. Zunächst sammelten die Studierenden Informationen für einen Datenkatalog. In diesem Prozess diskutierten sie verschiedene Methoden, ihre Annahmen und Einschätzungen dessen, was als «gut» oder «schlecht» zu werten ist. Die Übung zielte darauf ab, einen Überblick über die relevante Grössen zu gewinnen und eine kritische Sensibilität ihnen gegenüber in der Entwurfsarbeit zu entwickeln. Parallel dazu begannen die Studierenden mit dem Entwurfsprojekt an ihrem jeweiligen Standort.

Für die «Null» zu entwerfen, verlangt ein ständiges Aushandeln, einen Balanceakt zwischen Nutzung, Volumen und Oberfläche, zwischen Weiterverwenden, Weglassen und Hinzufügen. Diese Überlegungen berühren alle wesentlichen Entwurfsparameter, beginnend bei den BewohnerInnen, deren Bedarf an Raum und Energie und wie sich dieser in den Anforderungen an das Gebäude niederschlägt.

Der von uns vorgeschlagene Prozess lenkte die Konzeptentwicklung und Entscheidungsfindung der Studierenden. Sie begannen mit Überlegungen zu Nachhaltigkeitszielen ihrer Entwurfsprojekte bezogen auf Energieverbrauch und Emissionen. Im Anschluss ermittelten sie den durchschnittlichen Verbrauch, um einen Referenzwert zu bestimmen. Die darauffolgende Analyse des Standorts und der lokalen Energiepotenziale wie Sonne, Erdwärme und Abwärme diente der Festlegung der energetischen Rahmenbedingungen, die den Entwurf prägten. Sonnenstands- und Verschattungsanalyse gaben Auskunft über die Sonneneinstrahlung auf den Gebäudeflächen. Schematische Darstellungen von Wärme, Luft und Licht halfen dabei, Aspekte der Versorgung und des Nutzerkomforts mit der architektonischen Gestaltung zu verknüpfen. Als Alternativen zur typischen Wahl von Beton und Stahl wurden nicht zuletzt Baumaterialien mit geringem ökologischem Fussabdruck untersucht, was zu überraschenden Lösungen führte.

Jedes Projekt spiegelt die Gewichtungen unterschiedlicher Aspekte des komplexen Themas wider, die die Studierenden ausgewählt haben. Die zuvor erhobenen Energie- und Emissionswerte werden in ihren Gebäudeentwürfen wortwörtlich materialisiert. Fassaden und Dächer neigen sich fast unmerklich Richtung Sonne, Solarmodule verwandeln sich in ausdrucksstarke Verkleidungen und Geschosse werden um thermische Pufferzonen erweitert. Die Entwürfe zeichnen sich durch eine gut durchdachte Verbindung zum architektonischen Vokabular der Umgebung aus und bereichern dieses zusätzlich durch aktivierte Oberflächen, die Wahl alternativer Materialien und die Anwendung neuartiger Konstruktionsweisen.

# FACTS AND FIGURES – AND FORMS!

Annette Gigon

Already as teenagers, we heard the Club of Rome warnings. Later as practicing architects, we followed, applied, supported, and interpreted the many different efforts, improvements, and optimizations – as a contemporary, creative reflection, so to speak. In the last few decades, the construction sector generally tried to save energy by building ever thicker layers of thermal insulation; by employing more efficient, new or additional building technology; or alternatively by drawing energy from the surroundings using heat pumps and photovoltaics.

Yet in view of continued global warming and the steadily increasing CO<sub>2</sub> levels, the role of architecture is called into question more radically today because the share of buildings and households in global greenhouse gas emissions is around 40 % and in global energy consumption around 50 %. This alludes to an impending fundamental paradigm shift, namely:

- that buildings no longer consume external energy for their use, but are self-sufficient in terms of energy or even generate additional excess energy;
- that buildings in operation will no longer produce greenhouse gases in the future;
- and in particular, that the entire life cycle of the building is considered.

Buildings are in fact predestined in various ways to make a significant contribution, and with the help of specific technologies and constructions they also manage to do so. For example, they can use geothermal energy due to their direct contact with the ground and solar energy due to the large surface area of their envelope. Or due to their mass, they can buffer temperature peaks, offer optimal heat and thermal protection with suitable components, and with wood as a building material, even take on the task of binding CO<sub>2</sub> – at least for the duration of their service life. In places where there is a lack of open space and trees, buildings can serve as “subsoil” or climbing aids for vegetation.

However, this would require an overall consideration of the measures and concepts, equally taking into account embodied energy, transport, life span, maintenance, renovation, and disposal. The life cycle analysis is simultaneously the most demanding and also the most imponderable. Still it is crucial nonetheless, in order to avoid the pitfall of headlong actions that turn out ineffective or even environmentally more harmful.

As greenhouse gases are invisible, and also because we generally have only vague ideas about the quantities of energy, we need facts and figures, calculations and measurements, and intelligent “tools” in order to have a yardstick for our actions. Even though today a lot of data can be traced in charts and a few calculation tools are available, it still remains a Herculean task to gain an oversight and is far too laborious in the early assessment of design decisions. Easily manageable programs that calculate the site-specific embodied energy, operational energy, and also solar energy gains dynamically in various design stages and with adjustable accuracy would be a critical step forward – not only for the students, but also for us as architects and the entire construction industry.

While first encouraging products are in sight, that does not absolve us from the responsibility of dealing with the topic in a well-founded manner, of getting an idea of the dimensions, units, and materials, and of putting figures in relation to the number of people, usable space, type, and duration of use. This is the basis that enables

us to evaluate, question, or at best, develop new ecological concepts.

On the occasion of our fall semester 2019 “Stoff-Wechsel”, together with the Chair of Architecture and Building Systems, we realized that the students are willing and able to familiarize themselves with the multi-faceted topic of ecological building, as well as the rather grim facts of global warming. They responded with an innovative use of shapes, construction, materials, concepts for new buildings and renovations, as well as additionally venturing into the creative challenge of implementing photovoltaics in facades.

Wir haben noch als Teenager die Warnungen des Club of Rome vernommen. Später haben wir als Architekten in unserer Praxis die vielen verschiedenen Anstrengungen, Verbesserungen, Optimierungen verfolgt, angewendet, mitgetragen, interpretiert – als zeitgenössische, gestalterische Reflexion gewissermassen. Allgemein versuchte man im Baubereich in den letzten Jahrzehnten mit immer dickeren Wärmedämmungen, mit effizienterer, neuer oder auch zusätzlicher Haustechnik Energie zu sparen oder alternativ mit Wärmepumpen und mit Fotovoltaik der Umgebung Energie abzugewinnen.

Aber im Hinblick auf die voranschreitende Erderwärmung und die weiterhin ansteigenden CO<sub>2</sub>-Werte stellt sich die Frage der Rolle der Architektur heute viel radikaler, denn der Anteil von Gebäuden samt Haushalten am weltweiten Ausstoss von Treibhausgasen beträgt etwa 40 %, am globalen Energiekonsum etwa 50 %. Im Raum steht damit ein grundsätzlicher Paradigmenwechsel, nämlich:

- dass Gebäude für ihre Nutzung keine Fremdenergie mehr verbrauchen, sondern energetisch autark sind oder sogar zusätzliche, überschüssige Energie produzieren;
- dass Gebäude im Betrieb künftig keine Treibhausgase mehr produzieren;
- und insbesondere, dass dabei der ganze Lebenszyklus der Bauten betrachtet wird.

Gebäude sind tatsächlich in verschiedener Hinsicht dazu prädestiniert und mithilfe spezifischer Technologien und Konstruktionen auch imstande, einen wesentlichen Beitrag zu leisten: Dank ihres Kontakts mit dem Untergrund können sie die Erdwärme und mittels der grossen Oberfläche ihrer Hülle die Sonnenenergie nutzen. Aufgrund ihrer Masse können sie Temperaturspitzen puffern, mit geeigneten Bauteilen optimalen Wärme- und Sonnenschutz bieten und mit Holz als Baustoff sogar die Aufgabe der CO<sub>2</sub>-Fixierung übernehmen – zumindest für die Zeit ihrer Lebensdauer. Wo es an Freiflächen und Bäumen mangelt, können Gebäude als «Untergrund» oder Kletterhilfen für Begrünungen dienen.

Dabei bräuchte es aber jeweils eine Gesamtbetrachtung der Massnahmen und Konzepte, die die graue Energie, den Transport, die Lebensdauer, auch den Unterhalt, die Renovation und die Entsorgung mitberücksichtigt. Die Lebenszyklusanalyse ist das Anspruchsvollste und auch das Unwägbare. Sie ist jedoch entscheidend, um nicht in die Falle eines ineffektiven oder sogar noch umweltschädlicheren Aktionismus zu tappen.

Weil Treibhausgase aber unsichtbar sind und auch weil wir im Allgemeinen nur vage Vorstellungen von den Mengenverhältnissen von Energie haben, brauchen wir Zahlen und Fakten, Berechnungen und Messungen und intelligente «Tools», um einen Massstab für unser Handeln zu haben. Auch wenn viele Daten heute in Tabellen nachgeschlagen werden können und einzelne Berechnungstools mittlerweile

## FACTS AND FIGURES – AND FORMS!

(Fortsetzung)

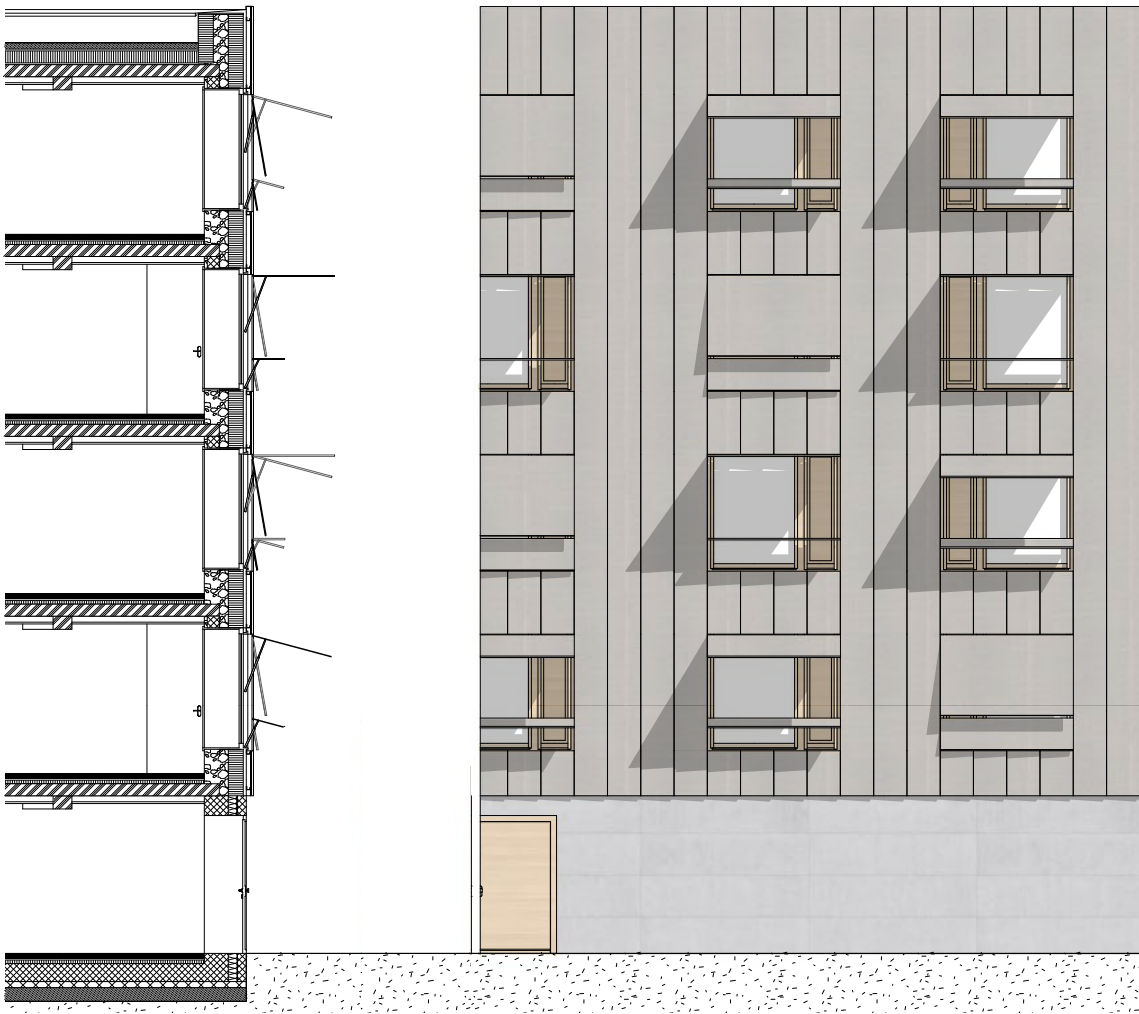
zur Verfügung stehen, ist es noch immer eine Herkulesaufgabe, einen Überblick zu gewinnen und für die frühe Abschätzung von Entwurfsentscheidungen viel zu aufwendig. Einfach handhabbare Programme, die lagespezifisch graue Energie, Nutzenergie und dynamisch auch solare Energiegewinne in verschiedenen Entwurfsstufen mit adaptiver Genauigkeit errechnen würden, wären ein ganz entscheidender Schritt – nicht nur für die Studierenden, auch für uns Architekten und für die ganze Bauwirtschaft.

Ermutigende erste Angebote sind in Sicht. Das entbindet uns nicht davon, uns mit der Thematik fundiert auseinanderzusetzen, einen Begriff von Grössenordnungen, Einheiten und Stoffen zu bekommen und Zahlen in Verhältnisse zu Personenanzahl, Nutzflächen, Nutzungsart und -dauer zu setzen. Das ist die Basis, die uns erst befähigt, ökologische Konzepte zu bewerten, zu hinterfragen beziehungsweise im besten Fall neu zu entwickeln.

Wir haben anlässlich unseres Herbstsemesters 2019 «Stoff-Wechsel» zusammen mit der Professur für Architektur und Gebäudesysteme gesehen, dass die Studierenden bereit und fähig sind, sich in das facettenreiche Thema des ökologischen Bauens und auch in die nicht sehr positiv stimmende Faktenlage zur Klimaerwärmung einzuarbeiten. Sie haben kreativ mit Formen, Konstruktionen, Materialien, Neubau- und Umbaukonzepten reagiert und sich auch an die gestalterisch anspruchsvolle Anwendung von Fotovoltaik an den Fassaden gewagt.







## INSIDE OUT

### A subtle approach to rammed earth expression

This project explores the amount of energy consumed and emissions produced in constructing the building and systems. In terms of appearance, vertical shadow gaps in the facade's building integrated PV create a rich expression in this plus-energy multifamily retail project. Additionally, the interior of the scheme further highlights the aesthetic potential of ecological building. Exposed only internally, the roughness of the rammed earth is visually well balanced by waxed clay floors and wood framed window openings that accentuate the deep wall sections and views.

Dieses Projekt untersucht die Menge an Energie und Emissionen, die bei der Konstruktion des Gebäudes und der Systeme anfallen würde. Vertikale Schattenfugen zwischen den fassadenintegrierten PV-Modulen erzeugen auf dem Plusenergie-Mehrfamilienhaus einen vielfältigen Ausdruck. Die Innenräume des Entwurfs heben zudem das ästhetische Potenzial nachhaltiger Baumaterialien hervor. Die Unebenheit des Stampflehms, die nur im Innenraum sichtbar ist, wird optisch von gewachsenen Lehm Böden und Holzrahmenfenstern ausgeglichen, die die tiefen Wandeinschnitte und Ausblicke akzentuieren.

LEFT Interior perspective  
LINKS Innenperspektive



Exterior perspective  
Aussenperspektive

TOP Section elevation  
OBEN Schnittansicht



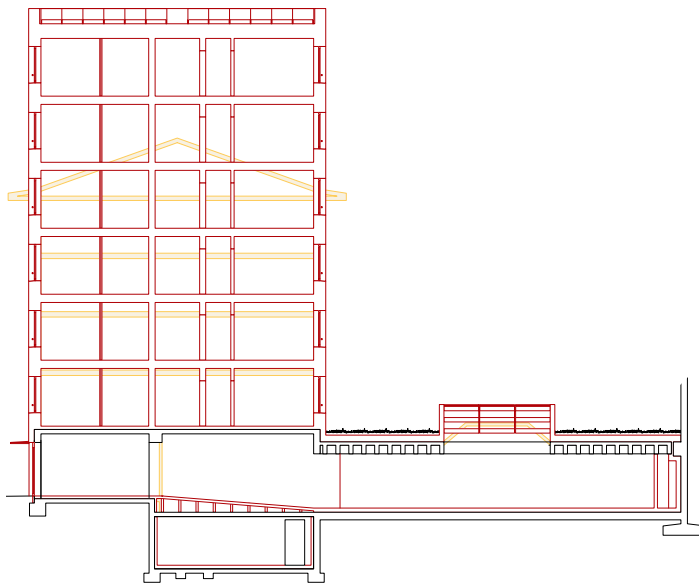
## ELEVATED RETROFITTING

Sensitive energy production & densification

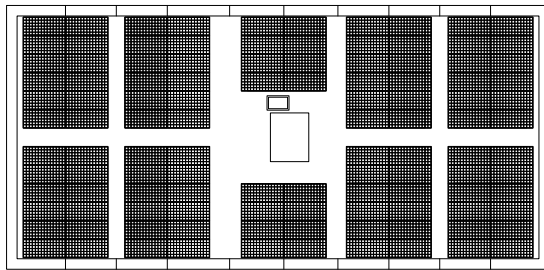
This project creates a mixed-use extension to an existing 1950s building located on Zurich's Sonneggstrasse. The renovation concept involves building a taller lightweight timber structure on top of the existing ground floor podium. Programmatically, a sizable existing parking structure flanking the retail areas is converted into commercial space, and housing sits on top of the retail level. The scheme explores a system of building integrated PV in both the facade and roof in tandem with a heat pump and geothermal probes to support the energy demands of the building year-round. The visual language and rhythm of the renovation extension respects the existing scale and expression of the surrounding buildings and urban space. Also, the crown of the extension not only echoes the roof pitch of the previous building orthogonally, but also aligns with roof PV orientation. In terms of the building integrated PV in the facade, polycrystalline cells are placed behind textured glass panels to create a sinuous visual effect. PV modules behind the spandrel glass do not match one-to-one, and the textured glass also serves to visually soften, but not obscure, these transitions. The scheme highlights how sensitively conceived energy production concepts can elevate renovation approaches.

Dieses Projekt sieht eine hybride Nutzungserweiterung für ein bestehendes Gebäude der 1950er-Jahre an der Sonneggstrasse in Zürich vor. Das Sanierungskonzept beinhaltet eine Aufstockung in Holzleichtbauweise auf einem vorhandenen Erdgeschosspodium. Das Erdgeschoss wird zusammen mit dem angrenzenden bestehenden Parkhaus in Geschäftsräume umgewandelt. Oberhalb des Ladengeschosses ist eine Wohnnutzung geplant. Als Energiekonzept werden gebäudeintegrierte PV-Module auf der Fassade wie auch dem Dach in Kombination mit einer Wärmepumpe und Erdsonden vorgeschlagen, um das Gebäude ganzjährig mit Energie zu versorgen. Visuelle Sprache und Rhythmus der Sanierungserweiterung berücksichtigen Massstab und Ausdruck der umgebenden Gebäude und des städtischen Raums. Zudem wiederholt die Dachkante der Aufstockung nicht nur orthogonal gedreht die Dachneigung des vorherigen Baus, sondern orientiert sich auch an der PV-Ausrichtung auf dem Dach. Für die gebäudeintegrierte PV an der Fassade wurden polykristalline Zellen hinter Strukturglaspaneelen verwendet, um einen schlangenartigen visuellen Effekt zu erzielen. An den Rändern der Glaspaneelen wurden bewusst PV-Zellen weggelassen, um die Übergänge zwischen den Paneelen optisch zu verwischen, jedoch nicht zu verbergen. Der Entwurf zeigt, wie sorgfältig durchdachte Energieerzeugungskonzepte Sanierungsansätze verbessern können.

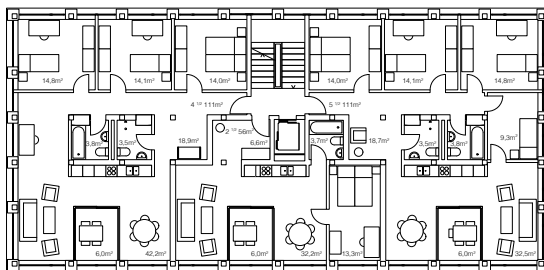
ABOVE Exterior perspective  
OBEN Aussenperspektive



Section indicating existing building and extension  
Schnitt mit Darstellung des Bestands und der Erweiterung



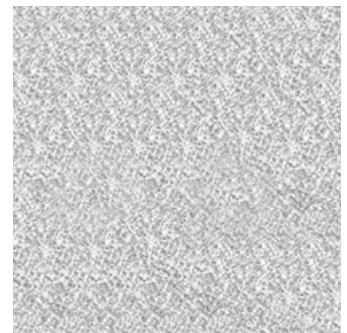
Roof and typical residential floor plan  
Dachaufsicht und Regelgrundriss der Wohngeschosse



Polycrystalline cells  
behind textured glass  
Polykristalline Zellen hinter Kunstglas



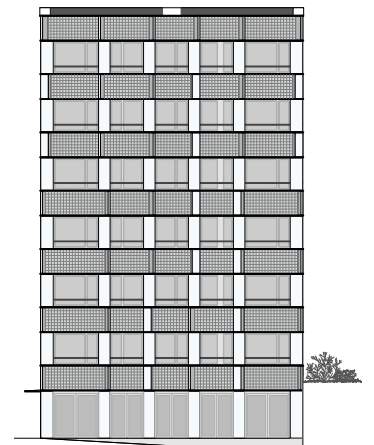
Polycrystalline cells  
Polykristalline Zellen



Galvanized sheet metal trim  
Deckleisten in verzinktem Blech



Southwest and Southeast elevations  
Ansichten Südwest und Südost





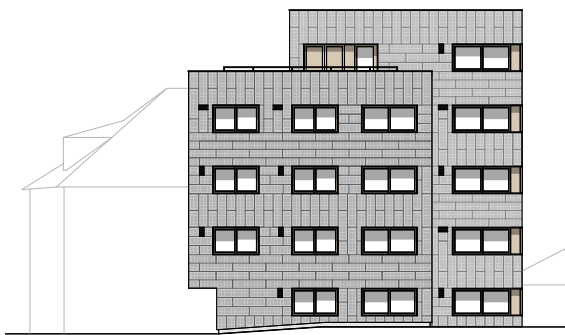


## HIGH ARTICULATION

Integrated cladding in detail

The Bergstrasse Nord renovation project comprises two interlocking volumes that rest on a concrete plinth to provide natural light from all orientations for each residential unit. In order to make the new construction possible, the two existing buildings were demolished to grade, whereas the basement and the storage room of the former on-site gas station were retained and integrated into the new building. A building integrated PV facade composed of sandblasted, colored glass defines the thoughtfully considered expression of the building and accounts for a plus-energy balance. In addition to the arrangement of the PV modules, all decentralized ventilation elements, as well as drainage are integrated into the facade design. In terms of construction, combining the advantages of wood and concrete are explored via a composite approach. The hybrid construction is composed of mechanically doweled solid timber walls to avoid all chemicals and glueing, a reinforced concrete core, and cantilevered concrete slabs.

Das Sanierungsprojekt Bergstrasse Nord besteht aus zwei ineinandergreifenden Baukörpern, die auf einem Betonsockel ruhen, welche jeder Wohneinheit natürliches Licht aus allen Richtungen bieten. Um diese neue Konstruktion zu ermöglichen, wurden die zwei bestehenden Gebäude abgerissen, wohingegen das Untergeschoss und der Lagerraum der ehemaligen Tankstelle auf dem Grundstück erhalten und in das neue Gebäude integriert wurden. Eine gebäudeintegrierte PV-Fassade bestehend aus sandgestrahlten, gefärbten Gläsern bestimmt den sorgfältig durchdachten Ausdruck des Gebäudes und ermöglicht ein Plusenergiegebäude. Neben der PV werden auch dezentrale Lüftungselemente sowie die Entwässerung in die Fassade integriert. Für die Tragstruktur wird eine vorteilhafte Kombination aus Holz und Beton in Form eines Verbundwerkstoffs untersucht. Die hybride Konstruktion besteht aus einem Stahlbetonkern, auskragenden Betonelementen und einer Wandkonstruktion aus gedübeltem Massivholz, welche den Einsatz von Chemikalien und Klebstoffen vermeidet.



East elevation  
Ostansicht



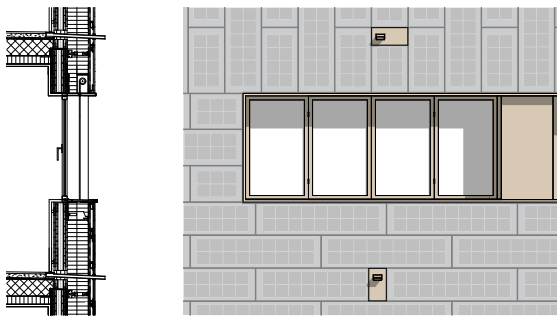
South elevation  
Südansicht



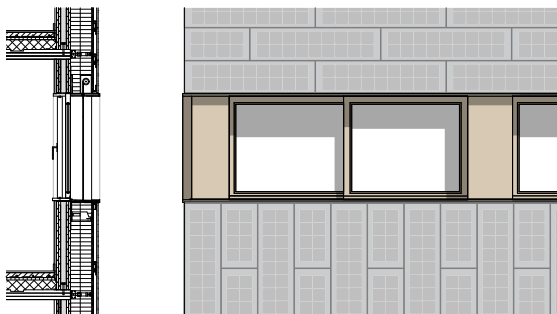
North elevation  
Nordansicht



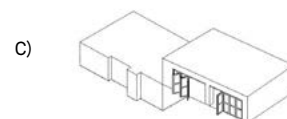
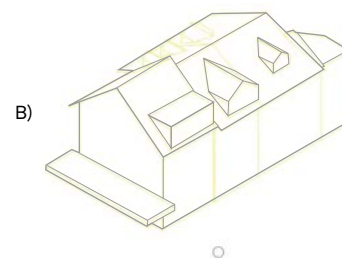
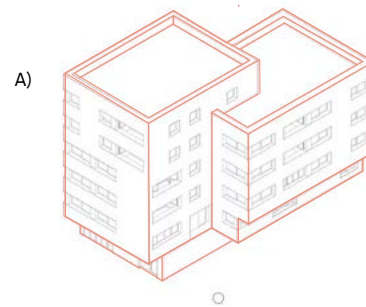
Building systems diagram  
Gebäudesystemdiagramm



Detail South elevation  
Detail der Südansicht



Detail West elevation  
Detail der Westansicht



Scheme diagram: A) New, B) Demolished, C) Existing  
Schematische Darstellung von Neubau, Abriss, Bestand





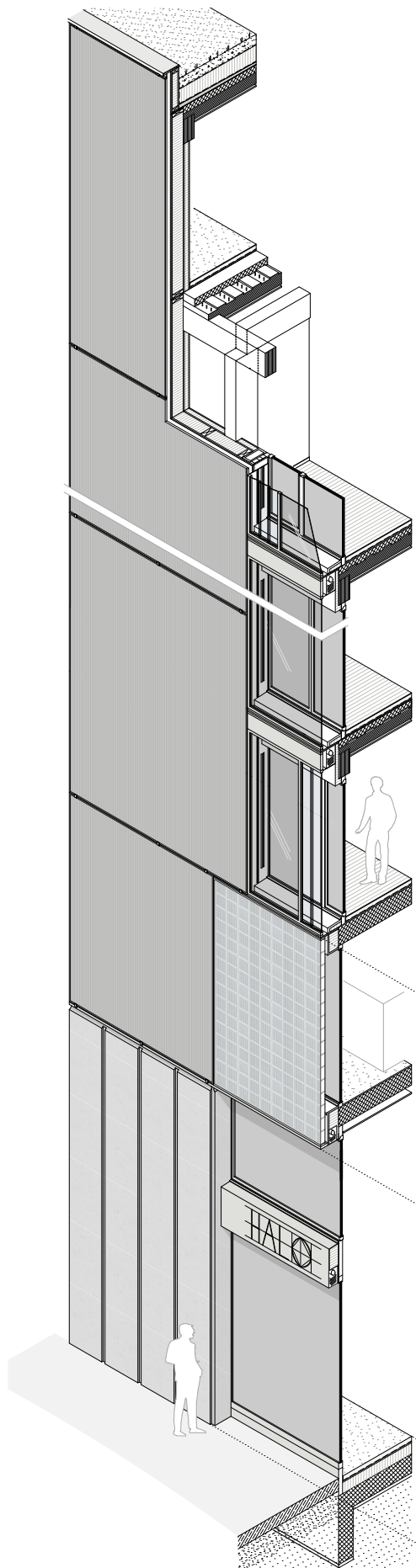
## INTERWOVEN FORM & FLOW

From urban scale analysis to indoor environmental quality

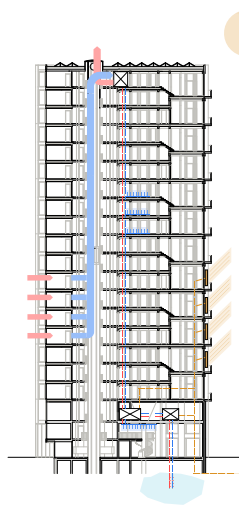
This Zurich project site is located at the nexus of: 1) the 1920s Bernoulli garden city homes; 2) the larger, mixed-use residential and commercial buildings on Hardturmstrasse; and 3) the planned Hardturm Areal stadium development that includes two mixed-use high-rise buildings with 540 apartments, as well as another residential building with 174 cooperative flats to be completed in 2023. As a natural focal point at this intersection, this scheme provides an appropriately distinctive high-rise prefab timber structure where typical floorplans contain three units per floor organized around a central concrete core. Building integrated facade and roof PV is a key part of the design scheme and covers the brunt of the building's energy demand. A groundwater heat pump is included in the system for heating in the cooler months. The geometry of the building is refined around airflows to optimize the benefits of natural ventilation and nighttime cooling via wind pressure and the buoyancy of rising warm air in service spaces during the transitional months. Controlled ventilation with heat recovery is incorporated into the building system to balance the flows throughout the rest of the year. Notably, this project achieves high indoor environmental quality by strategically linking urban scale analyses with building scale energy and emission analyses.

Dieses Projekt in Zürich liegt an der Schnittstelle von: 1) den Bernoulli-Gartenstadthäusern der 1920er-Jahre; 2) den grösseren Wohn- und Geschäftshäusern an der Hardturmstrasse und 3) der mit Fertigstellung im Jahr 2023 geplanten Entwicklung des Hardturm Areal Stadions, das zwei Hochhäuser gemischter Nutzung mit 540 Apartments und einem weiteren Wohngebäude mit 174 genossenschaftlichen Wohnungen beinhaltet. Als selbstverständlicher Mittelpunkt dieser Überschneidung schlägt der Entwurf ein angemessenes markantes Hochhaus aus vorgefertigter Holzkonstruktion vor, bei dem das Regelgeschoss aus drei um einen Betonkern zentrierten Wohneinheiten besteht. Gebäudeintegrierte PV-Module an der Fassade und auf dem Dach sind ein wesentlicher Bestandteil des Entwurfs, um den Hauptanteil des Energiebedarfs abzudecken. Eine Grundwasser-Wärmepumpe ermöglicht das Heizen in den kälteren Monaten. Die Geometrie der Baukörper orientiert sich an umgebenden Luftströmen. Die Vorzüge natürlicher Belüftung und Nachtauskühlung über Winddruck und den Auftrieb warmer Luft in den Serviceflächen während der Übergangsmonate werden optimal genutzt. Zusätzlich ist eine kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung in das Gebäudesystem eingebaut, um die Luftströme in der übrigen Zeit des Jahres auszugleichen. Durch die strategische Verknüpfung stadträumlicher Analysen mit Betrachtungen der Energie und Emissionen auf Gebäudeebene erzielt das Projekt eine hohe Qualität für das Wohnraumklima.

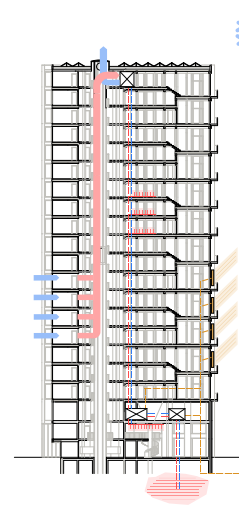
ABOVE Exterior perspective  
OBEN Aussenperspektive



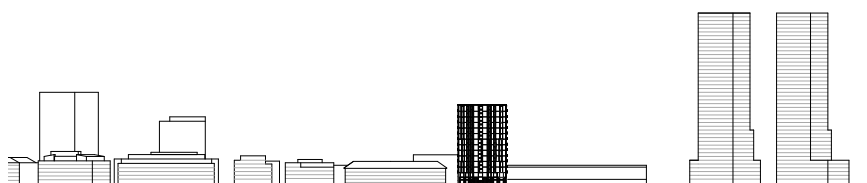
Section perspective  
Schnittperspektive



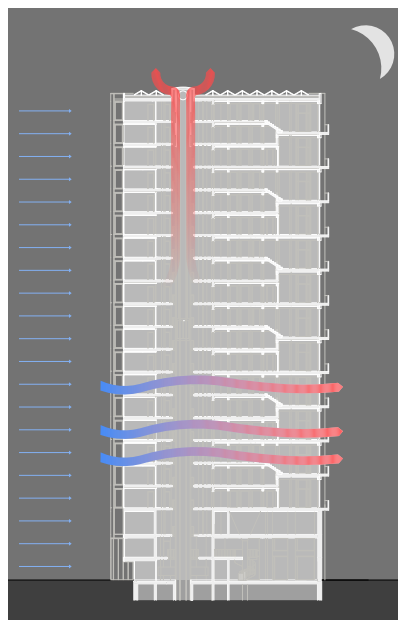
Active cooling and ventilation  
with heat recovery in summer  
Aktive Kühlung und Lüftung mit  
Wärmerückgewinnung im Sommer



Heat pump and ventilation with  
heat recovery in winter  
Wärmepumpe und Lüftung mit  
Wärmerückgewinnung im Winter



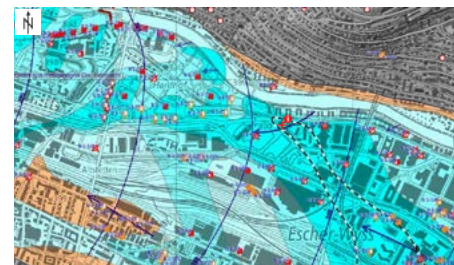
Street section Hardturmstrasse  
Strassenschnitt Hardturmstrasse



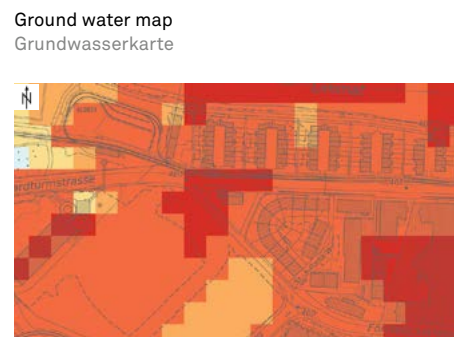
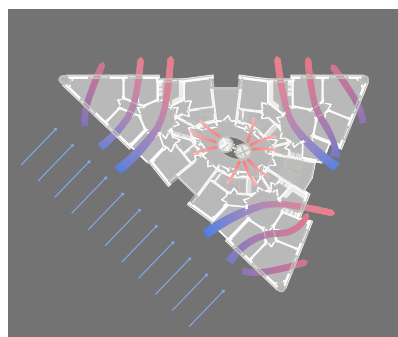
Summer diagrams of natural ventilation  
Diagramm: natürliche Belüftung im Sommer



Site context and solar potential map  
Lageplan und Solarpotenzialkarte



Ground water map  
Grundwasserkarte



Climate model summer heat buildup 3–4°C  
Klimamodell sommerlicher Hitzestau 3–4°C

## **ETH Chair of Architecture & Building Systems Teaching Team**

Professor Dr. Arno Schlueter  
Dr. Illias Hischier

## **ETH Chair of Architecture & Construction Teaching Team**

Professor Annette Gigon  
Regula Zwicky  
Moritz Holenstein  
Kathrin Sindelar

## **In collaboration with ETH Chair of Sustainable Construction**

Professor Dr. Guillaume Habert

## **ETH Students Fall Semester 2019**

Gabriele Arba  
Fabian Brunner  
Moritz Dutli  
Romana Duttweiler  
Meret Heeb  
Noemi Kallen  
Jan-Philip Klau  
Tobias Kobelt  
Magnus Lidman  
Simon Maeder  
Philip Meile  
Frederik Moest  
Michael Nelson  
Philipp Ruppli  
Arm Samuel  
Tobias Sandbichler  
Xhiha Sharri  
Julia Tary  
Tim Vogel  
Lucien Widmer

**FROM STUDIO TO PRACTICE**

# FROM STUDIO TO PRACTICE

Arno Schlueter and Krishna Bharathi

The projects in this book constitute a set of architectural studies under the influence of climate change. With the aim of demonstrating a diversity of approaches to address questions of energy and emissions in architecture design projects, this process began with countless discussions in the design studios, continuing through regular editorial debates envisioning what could be beyond the making of this book, to vivid exchanges with practitioners and regulators. Throughout all of these conversations, a clearer picture has emerged of what the implications of future-proofing in terms of scope, scale, process, and representation in architectural design might be.

Most importantly, greater engagement early on with scale and complexity in the design solution space is needed. Specifically, this means that including ecological parameters, urban heat, renewable energy generation, and ecosystem thinking will respectively add relevant facets to design analyses. In tandem, tackling this emerging complexity needs to be rooted in knowledge about the underlying mechanics and effects of their application. So whether in academia or practice, a deeper understanding of the interactions between the parameters of building form, function, setting, expression, and material will create fertile ground to develop design solutions capable of balancing building program, expression, and performance.

Second, as we tend to be quickly overwhelmed by complexity, digital models and tools can help us to simulate, quantify, and visualize these interactions. The mastery and application of these tools are key, as they allow for the development of heuristics. Acquiring a set of working heuristics will be essential for designers to maintain a tacit and fluid design process, much like a musician builds on his skills to compose and improvise. When moving beyond the initial stages of design however, integration means collaboration. Realizing future-proof buildings is an even more substantial collaborative effort than before with more disciplines at the table, which naturally shifts the weighting of topics within the discussion. Inclusive, iterative, and collaborative processes are key and should oscillate between shared goals of quality in design, performance, function, ecology, and economy.

Third, we also need to expand the physical dimensions of the solution space. Future-proof architecture needs to transcend the boundary of a single building toward the street, neighborhood, and city quarter scales. It is only through this shift in scale that the interactions between buildings and their surroundings become effectively active. For example, relevant energy potentials might be found not only on or below a single building, but rather readily available within infrastructure, adjacent buildings or in the neighborhood. Also by looking at energy demand, another pathway to understanding the diversity of functional use mixes becomes available and can contribute to higher energy efficiency and livability. And last but not least, the success of any of such measures would highly depend on whether people embrace them. While moving beyond the individual building scale will require changes in both the regulation of professional practices and planning methods, this could also provide opportunities to further enrich participatory approaches that foster a greater understanding of the social dimensions of technical change.

Finally, especially in terms of architecture and urban design, we need to work not only to develop new expressions of future-proof building, but also to gain a

better understanding of their impacts within the urban realm. Context is important, however future-proof design needs to address and anticipate different futures, while current practice simply aspires to 'blend in' both visually and functionally with the past. Too often, this challenge is evaded by ignoring or hiding, for example by bluntly placing solar modules on rooftops. A new expression challenges existing 'design defaults' such as compactness when we need more surfaces for solar energy generation; the all too common large window-to-wall ratios when temperatures and cooling energy demands are rising; and not least functional homogeneity, when heterogeneity allows us to maximize the use of renewable energy. This means that careful study is still needed on both the building and urban design scales to best leverage their interactive potentials.

Over the past decades, the discussion of environmental sustainability in the building sectors has been regularly polarized between low and high tech, used as a superficial catchphrase or perceived as restrictive to development. The projects in this book demonstrate that we must abandon overly simplistic mindsets toward systemic and life-cycle thinking. Additionally, the mix of included projects underscores that highly sustainable buildings can be produced from many different design perspectives, ranging from a focus on efficient technologies to materials and geometry. Not least, efforts to decarbonize the building stock also has the added dimension of time. Considering not only the what, but also the when has become essential, which means we must consider the carbon we emit for building materials today in relation to the carbon we will emit to operate the building throughout its lifespan.

Irrefutably, a heightened global awareness has emerged for future-proof solutions that should be developed and implemented quickly. Subsequently, to create this future-proof built environment, the dimensions of design must be expanded and complexity embraced through the application of systemic approaches. In the simplest of terms, we need to be courageous as decision-makers – whether as practitioners, educators, or regulators – to meet this shared challenge and collectively ensure that desirable solutions can quickly root and flourish in our cities.



Die Projekte, die in diesem Buch präsentiert werden, stellen Studien einer Architektur unter Einfluss des Klimawandels dar. Mit dem Ziel, vielfältige Herangehensweisen an Energie- und Emissionsfragen im architektonischen Entwurf aufzuzeigen, begann dieser Prozess mit unzähligen Diskussionen in den Entwurfsstudios, setzte sich im Austausch mit Fachleuten aus Praxis und Verwaltung fort und mündete in regelmässigen redaktionellen Debatten über das, was über die Entstehung dieses Buches hinausgehen könnte. In all diesen Gesprächen zeichnete sich ein Bild der Auswirkungen des «future proofings» ab, über die Bedeutung von Umfang, Massstab, Darstellung und Prozess im architektonischen Entwurf.

Zunächst brauchen wir eine stärkere Auseinandersetzung mit Massstab und Komplexität im entwerferischen Lösungsraum. Dies bedeutet konkret, dass durch Einbezug ökologischer Parameter, des städtischen Klimas und erneuerbarer Energieerzeugung Entwurfsanalysen um neue Facetten ergänzt werden müssen. Um diese neue Komplexität zu bewältigen, ist ein Verständnis der grundlegenden Zusammenhänge sowie der Auswirkungen von Entwurfsentscheidungen notwendig. Nur das gekonnte Zusammenspiel von Entwurfsparametern wie Gebäudeform, Setzung, Funktion, Atmosphäre und Material erlaubt Gestaltungslösungen, die Programm, Ausdruck und Ökologie eines Gebäudes in Einklang bringen.

Zweitens können uns digitale Modelle und Werkzeuge helfen, die dadurch entstehende Komplexität besser greifbar zu machen, das Zusammenspiel der Parameter zu simulieren, zu quantifizieren und zu visualisieren. Die Beherrschung und Anwendung dieser Werkzeuge sind von entscheidender Bedeutung, da sie die Entwicklung neuer Arbeitsmethoden ermöglichen. Vergleichbar mit dem virtuellen Musizieren ermöglicht ihre routinierte Handhabung einen intuitiveren Entwurfsprozess, ohne ökologisch-klimatische Themen zu vernachlässigen. Über die Konzeptphasen des Entwurfs hinaus bedeutet die Integration dieser Themen jedoch einen noch höheren Stellenwert des kollaborativen Arbeitens, mit mehr Disziplinen an einem Tisch, was folglich die Gewichtung der Themen in der Diskussion verschiebt. Ein integrativer, iterativer und gemeinschaftlicher Entwurfsprozess ist der Schlüssel für die gemeinschaftliche Bearbeitung vielfältiger Ziele hinsichtlich Gestaltung, Funktion, Ökologie und Ökonomie.

Drittens müssen wir auch die physischen Dimensionen des Lösungsraums erweitern. Zukunftsfähige Architektur muss die Grenzen des Gebäudeperimeters in Richtung Strasse, Nachbarschaft und Stadtquartier überschreiten. Erst durch diese Massstabsverschiebung wird das Zusammenspiel zwischen Gebäuden und ihrer Umgebung wirksam. Relevante Energiepotenziale könnten beispielsweise nicht nur auf oder unter einem einzelnen Gebäude gefunden werden, sondern auch in oder an vorhandener Infrastruktur, in angrenzenden Gebäuden oder in der Nachbarschaft leicht verfügbar sein. Die Betrachtung der Energie eröffnet dabei eine zusätzliche Sichtweise hinsichtlich funktionaler Nutzungsmischungen, die zu einer höheren Energieeffizienz wie auch Lebensqualität beitragen können. Nicht zuletzt hängt der Erfolg planerischer Massnahmen entscheidend davon ab, ob die Bewohner sie annehmen. Das Verlassen des individuellen Gebäudemassstabs erfordert Anpassungen der Regularien der Berufspraxis wie auch der Methoden der Planung. Es eröffnen sich Möglichkeiten gemeinschaftlicher und partizipativer Ansätze, die ein besseres Verständnis der

gesellschaftlichen Dimensionen des baulichen und technischen Wandels unterstützen.

Und schliesslich müssen wir in Architektur und Städtebau daran arbeiten, neue Ausdrucksformen des zukunftsfähigen Bauens zu entwickeln und deren Auswirkungen im urbanen Kontext besser zu verstehen. Die Einordnung eines Gebäudes in den Bestand ist heute im Vordergrund. Zukunftsfähige Gebäude müssen auf den notwendigen radikalen Wandel heute und veränderte Rahmenbedingungen in der Zukunft reagieren. Nur allzu oft wird diese Herausforderung durch Ignorieren oder Verstecken umgangen, zum Beispiel durch mehr oder weniger kaschierte Solarmodule auf dem Dach. Die Suche nach einem neuen Ausdruck ökologischen Bauens stellt bestehende Gewohnheiten infrage, wie zum Beispiel die Kompaktheit des Gebäudekörpers, wenn mehr Flächen für die Solarenergieerzeugung benötigt werden. Oder die üblichen grossen Fensterflächen bei steigenden Temperaturen und steigendem Kühlenergiebedarf. Und nicht zuletzt eine funktionale Homogenität, wenn Heterogenität es erlaubt, erneuerbare Energien besser zu nutzen und deren Anteil zu erhöhen.

Die Diskussion der ökologischen Nachhaltigkeit im Bau-sektor wurde in den letzten Jahrzehnten regelmässig von einer Polarisierung zwischen Low- und High-Tech geprägt, manchmal als oberflächliche Schlagwörter verwendet, oft als Einschränkung empfunden. Die Projekte in diesem Buch zeigen, dass wir allzu vereinfachende Denkweisen zugunsten eines systemischen und lebenszyklusbezogenen Denkens aufgeben müssen. Nicht zuletzt wird auch die Zeit als Dimension wichtiger. Nicht nur das Was, sondern auch das Wann gilt es zu betrachten. Wir müssen den Kohlenstoff, der heute für die Produktion von Baustoffen emittiert wird, in das Verhältnis zum Kohlenstoff setzen, der durch den Betrieb des Gebäudes zu einem späteren Zeitpunkt ausgestossen wird. Die Vielfalt der vorliegenden Projekte in diesem Buch zeigt auf, dass mit höchst unterschiedlichen gestalterischen Ansätzen zukunftsfähige Gebäude entworfen werden können – vom Fokus auf effiziente Technologie bis hin zur Auseinandersetzung mit Material und Geometrie.

Unbestreitbar sehen wir heute weltweit ein gestiegenes Bewusstsein für die Notwendigkeit solcher Ansätze und deren schneller Entwicklung und Umsetzung. Um dies zu beschleunigen, müssen wir die gestiegene Komplexität im Entwurfs- und Entscheidungsprozess durch neue evidenzbasierte Ansätze abbilden können. Als Entscheidungsträger in der Planung, Lehre oder Verwaltung braucht es aber vor allem den Mut, zukunftsweisende Ansätze zu entwickeln und umzusetzen, um damit ein erstrebenswertes Bild unserer baulichen Zukunft zu zeichnen.



# CONTRIBUTORS

## Annette Gigon (\*1959)

is a Full Professor of Architecture and Construction at the Institute of Design and Architecture (IEA) at ETH Zurich. She completed her studies in architecture at ETH Zurich and is the co-founder of ANNETTE GIGON/MIKE GUYER ARCHITECTS in Zurich.

Annette Gigon ist ordentliche Professorin für Architektur und Konstruktion am Institut für Entwurf und Architektur (IEA) der ETH Zürich. Sie absolvierte ihr Architekturstudium an der ETH Zürich und ist Mitbegründerin von ANNETTE GIGON/MIKE GUYER ARCHITEKTEN in Zürich.

## Arno Schlueter (\*1974)

is a Full Professor of Architecture and Building Systems (A/S Group) at the Institute of Technology in Architecture (ITA) at ETH Zurich. He holds an architecture degree from the Technical University of Karlsruhe, a postgraduate degree in CAAD and a Ph.D. in building systems from ETH Zurich. He is the Director of Studies for the ETH Integrated Building Systems specialized masters program (MIBS).

Arno Schlueter ist ordentlicher Professor für Architektur und Gebäudesysteme (A/S Group) am Institut für Technologie in der Architektur der ETH Zürich. Er hat einen Abschluss in Architektur von der Technischen Universität Karlsruhe, einen weiterführenden Abschluss in Architektur-informatik und einen Dokortitel in Gebäudesystemen der ETH Zürich. Er ist Studiendirektor des spezialisierten Masterprogramms Integrated Building Systems (MIBS) der ETH Zürich.

## Elli Mosayebi (\*1977)

is an Associate Professor of Architecture and Design at the Institute of Design and Architecture (IEA) at ETH Zurich. She completed her studies in architecture, as well as a Ph.D. in architectural history and theory at ETH Zurich. She is a co-founder of Edelaar Mosayebi Inderbitzin Architects based in Zurich.

Elli Mosayebi ist ausserordentliche Professorin für Architektur und Entwurf am Institut für Entwurf und Architektur (IEA) der ETH Zürich. Sie absolvierte ihr Architekturstudium wie auch ihr Doktoratsstudium in Architekturgeschichte und -theorie an der ETH Zürich. Sie ist Mitbegründerin von Edelaar Mosayebi Inderbitzin Architekten in Zürich.

## Illias Hischier (\*1981)

is a Lecturer and Senior Scientist at the A/S Group at the Institute of Technology in Architecture (ITA) at ETH Zurich. He did his postgraduate studies at the University of Colorado and completed a mechanical engineering degree, as well as a Ph.D in solar thermal power at ETH Zurich.

Illias Hischier ist Dozent und Oberassistent in der A/S Group am Institut für Technologie in der Architektur der ETH Zürich. Er absolvierte ein weiterführendes Studium an der Universität von Colorado und hat einen Abschluss in Maschinenbau sowie einen Dokortitel in Solarthermie der ETH Zürich.

## Krishna Bharathi (\*1975)

is the Program Coordinator for the Integrated Building Systems specialized masters program (MIBS) at ETH Zurich. She holds a psychology degree from the University of Chicago, a postgraduate degree in architecture from the University of Washington, and a Ph.D. in knowledge transfer within the building sectors (STS) from the Norwegian University of Science and Technology (NTNU).

Krishna Bharathi ist Programmkoordinatorin des spezialisierten Masterstudiengangs Integrated Building Systems (MIBS) der ETH Zürich. Sie hat einen Abschluss in Psychologie der Universität von Chicago, einen weiterführenden Abschluss in Architektur der Universität von Washington und promovierte im Bereich Wissenstransfer im Bausektor (STS) an der Technisch-Naturwissenschaftlichen Universität Norwegens (NTNU).

## Miroslav Šik (\*1953)

is a Full Professor Emeritus of Architecture and Design at the Institute of Design and Architecture (IEA) at ETH Zurich. He completed his studies in architecture at ETH Zurich and was awarded an honorary doctorate from the Czech Technical University in Prague. He is the founder of ARCHITEKTURBÜRO ŠIK AG based in Zurich.

Miroslav Šik ist emeritierter ordentlicher Professor für Architektur und Entwurf am Institut für Entwurf und Architektur (IEA) der ETH Zürich. Er absolvierte sein Architekturstudium an der ETH Zürich und erhielt die Ehrendoktorwürde der Tschechischen Technischen Universität in Prag. Er ist Gründer vom ARCHITEKTURBÜRO ŠIK AG in Zürich.

## Roger Boltshauser (\*1964)

is a Visiting Lecturer in Design at the Institute of Design and Architecture (IEA) at ETH Zurich. He completed his studies in architecture at ETH Zurich and is the founder of Boltshauser Architekten in Zurich.

Roger Boltshauser ist ein Gastdozent im Entwurf am Institut für Entwurf und Architektur (IEA) der ETH Zürich. Er absolvierte sein Architekturstudium an der ETH Zürich und ist Gründer von Boltshauser Architekten in Zürich.

## **ETH Chair of Architecture & Building Systems**

### **Current Team Members**

Marco Baur  
Krishna Bharathi  
Adam Bufacchi  
Chirag Deb  
Alessandra Gabaglio  
Valérie Gass  
Illias Hischier  
Shanshan Hsieh  
Gabriel Kreuzer Sanchez  
Gearóid P. Lydon  
Valeria Piccioni  
Arno Schlueter  
Bharath Seshadri  
Alberto Silvestri  
Larissa Strub  
Bratislav Svetozarevic  
Anastasiya Popova  
Christoph Waibel  
Linus Walker

### **Previous Teaching Team Members**

Moritz Begle  
Stefan Caranovic  
Amr Alaaeldin Elesawy  
Jimeno Fonseca  
Mario Frei  
Danielle Grieco  
Johannes Hofer  
Prageeth Chinthaka Jayathissa  
Martín Mosteiro Romero  
Darren Thomas  
Anja Willmann



# ACKNOWLEDGEMENTS

## Prof. Dr. Arno Schlueter

I would like to thank our design studio collaborators for embracing the topic, the fruitful exchange and mutual learning experience. Furthermore, I would like to thank our teaching team for their engagement and supporting the students throughout the studios. Finally, I would like to thank all involved in the making of this book, especially to Krishna Bharathi as the managing editor.

Ich möchte mich bei meinen Kollegen aus den Entwurfsstudios für die fruchtbare Zusammenarbeit, die Bereitschaft, sich auf das Thema einzulassen, und die gemeinsame Lernerfahrung bedanken. Darüber hinaus bedanke ich mich bei unserem Lehre-Team für das Engagement und die Unterstützung der Studierenden über die Semester. Zuletzt danke ich allen, die an der Erstellung dieses Buches beteiligt waren, insbesondere Krishna Bharathi als Managing Editor.

## Dr. Krishna Bharathi

As a yearlong balancing act of many different disciplinary perspectives and production partners, I would like to thank everyone involved in INTEGRATE for their contributions. Additionally, as a designer long steeped in topics of construction, professional practice, and advocacy, the explicit focus in this book on education has been a positive reminder of why well-designed books, as an intergenerational format of knowledge transfer, still matter. Therefore, I would like to dedicate my effort to all of my little people – Liam, Kieran, Lakshmi, Vishnu, Meenakshi, Nora, Tom, Ashok and Sarat.

INTEGRATE war von Beginn bis Abschluss ein Balanceakt, die unterschiedlichen disziplinären Blickwinkel sowie die Erfahrung der ausführenden Partner ausgewogen zu präsentieren. Deswegen gilt ein Dank allen Beteiligten für ihre Beiträge. In der Bearbeitung wuchs bei mir, einer Architektin, die sich lange mit Themen des nachhaltigen Bauens, der Lehre und der Vermittlung befasst, die positive Erkenntnis, dass gut konstruierte und gestaltete Bücher als Format des Wissenstransfers zwischen den Generationen eine wichtige Rolle spielen. Deswegen widme ich meine Bemühungen meinen Kleinen – Liam, Kieran, Lakshmi, Vishnu, Meenakshi, Nora, Tom, Ashok und Sarat.

# IMPRINT

## **INTEGRATE**

**Architecture Under the Influence of Climate Change**  
**Architektur unter Einfluss des Klimawandels**

### **Editors**

Arno Schlueter  
Krishna Bharathi

### **Managing Editor**

Krishna Bharathi

### **Conceptual Design**

Krishna Bharathi

### **Graphic Design**

Joël Walser

### **Text Contributors**

Arno Schlueter  
Krishna Bharathi  
Illias Hischier  
Miroslav Šik  
Elli Mosayebi  
Roger Boltshauser  
Annette Gigon

### **Text Translation Team**

Arno Schlueter, Krishna Bharathi, Dominik Bueckers,  
Illias Hischier, Uta Gelbke

### **Production Assistant**

Antonina Nikolic

### **Font**

Akkurat

### **Paper**

Munken Lynx Rough, 120 g/m<sup>2</sup>  
Brossulin Tela, 360 g/m<sup>2</sup>

---

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek.

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data is available on the Internet at <http://dnb.dnb.de>.

ISBN 978-3-7281-4099-9 (Print version)

Download open access:  
ISBN 978-3-7281-4100-2 / DOI 10.3218/4100-2

[www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)  
[verlag@vdf.ethz.ch](mailto:verlag@vdf.ethz.ch)

© 2022, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

All rights reserved.  
Nothing from this publication may be reproduced,  
stored in computerised systems or published in any form or in any manner,  
including electronic, mechanical, reprographic or photographic,  
without prior written permission from the publisher.

**Preface**

Original Text: English  
Authors: Arno Schlueter, Illias Hischier & Krishna Bharathi  
German Translation: Dominik Bueckers; Uta Gelbke

**INTEGRATE! Architecture Under the Influence of Climate Change**

Original Text: English  
Author: Arno Schlueter  
German Translation: Arno Schlueter; Uta Gelbke

**Energy Graphics**

Text: English  
Author: Krishna Bharathi  
German Translation: Dominik Bueckers; Uta Gelbke

**Energetic Surfaces**

Original Text: English  
Author: Arno Schlueter  
German Translation: Arno Schlueter; Uta Gelbke

**Solar-Design**

Original Text: German  
Author: Miroslav Šik  
English Translation: Uta Gelbke; Dominik Bueckers & Krishna Bharathi

**Energy as Narrative**

Original Text: English  
Author: Arno Schlueter  
German Translation: Arno Schlueter; Uta Gelbke

**The Architectural Beauty of Renewable Energy**

Original Text: German  
Author: Elli Mosayebi  
English Translation: Uta Gelbke; Dominik Bueckers & Krishna Bharathi

**Energy & Materiality**

Original Text: English  
Author: Arno Schlueter  
German Translation: Arno Schlueter; Uta Gelbke

**Rethinking Architecture**

Original Text: German  
Author: Roger Boltshauser  
English Translation: Uta Gelbke; Dominik Bueckers & Krishna Bharathi

**Energy in the City**

Original Text: English  
Author: Arno Schlueter  
German Translation: Arno Schlueter; Uta Gelbke

**Facts and Figures – and Forms!**

Original Text: German  
Author: Annette Gigon  
English Translation: Uta Gelbke; Dominik Bueckers & Krishna Bharathi

**From Studio to Practice**

Original Text: English  
Authors: Arno Schlueter & Krishna Bharathi  
German Translation: Dominik Bueckers; Arno Schlueter

**All Project Descriptions**

Original Text: English  
Authors: Krishna Bharathi, Illias Hischier & Arno Schlueter  
German Translation: Uta Gelbke; Illias Hischier

**All Project Captions & Biographies**

Original Text: English  
Author: Krishna Bharathi  
German Translation: Uta Gelbke; Arno Schlueter

**Acknowledgement Arno Schluter**

Original Text: English  
Author: Arno Schlueter  
German Translation: Arno Schlueter

**Acknowledgement Krishna Bharathi**

Original Text: English  
Author: Krishna Bharathi  
German Translation: Dominik Bueckers

# OPEN ACCESS ONLINE VERSION

To zoom in and see more detail of  
each project, visit the online open access  
version of the book @

<https://vdf.ch/integrate.html>



# FURTHER READING

To learn more about the work of the ETH  
Chair of Architecture & Building Systems  
and its collaborators, please visit us @

<https://systems.arch.ethz.ch>

The projects selected for this publication show a range of approaches to making energy, carbon emissions, and their underpinning principles explicit in studio design work. We hope the selection not only inspires and stimulates, but also encourages both novice and expert in their search for future-proof architectures. Without a doubt, we are convinced that now is the time to challenge conventional norms and explore the potentials of such principles, not only to elevate design quality in building practice, but to benefit global society as a whole.

Für dieses Buch wurden Arbeiten ausgewählt, die unterschiedliche Ansätze in der Umsetzung der Themen Energie, CO<sub>2</sub>-Emissionen und den dahinterliegenden Prinzipien im Entwurfsprozess thematisieren. Wir hoffen, dass die Arbeiten sowohl AnfängerInnen und ExpertInnen bei der Suche nach zukunfts-fähigen Architekturen anregen und ermutigen. Zweifellos ist es an der Zeit, bestehende Ansätze zu hinterfragen und neue Prinzipien zu testen, die unter Berücksichtigung der gestalterischen Qualität das Potenzial haben, unserer Gesellschaft als Ganzes zugutezukommen.

**Excerpt from the Preface**

Arno Schlueter  
Illias Hischier  
Krishna Bharathi

ISBN 978-3-7281-4099-9 (Print version)

Download open access:  
ISBN 978-3-7281-4100-2/DOI 10.3218/4100-2