

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 142 (2016)
Heft: [38-39]: Arch_Tec_Lab, ETH Zürich

Artikel: Zero Emissions : effizient und komfortabel = Zero emissions : efficient and comfortabel
Autor: Schlüter, Arno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-632794>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zero Emissions: Effizient und komfortabel

Zero Emissions: Efficient and Comfortable

Text: Arno Schlüter, Professor für Architektur und Gebäudesysteme, ETH Zürich | Professor of Architecture and Building Systems, ETH Zurich



Foto: Andrea Diglas

Das Konzept für die Gebäudetechnik des Arch_Tec_Lab wurde von Prof. Hansjürg Leibundgut entwickelt und baut auf dem an seiner Professur an der ETH entwickelten «Zero Emission LowEx»-Konzept auf. Erstmals auf dem Campus der ETH Höggerberg für die Sanierung des Gebäudes HPZ eingesetzt, stellt das Arch_Tec_Lab eine Weiterentwicklung und Skalierung des Konzepts dar.

≡ Ziel ist der emissionsfreie Betrieb eines Gebäudes. Eine wichtige Grundbedingung hierfür ist ein exergieeffizientes Heizsystem, das auf möglichst geringe Temperaturunterschiede zwischen Wärmequelle und Verwendung abzielt. Dies ist möglich durch eine Kombination aus niedrigen Vorlauftemperaturen der Heizung und möglichst hohen Temperaturen aus erneuerbaren Quellen aus der Umgebung. Niedrige Temperaturen für die Heizung können über eine möglichst grossflächige Wärmeabgabe – im Fall des Arch_Tec_Lab eine Fussbodenheizung – erreicht werden. Eine erneuerbare Wärmequelle aus der Umgebung mit verhältnismässig hoher Temperatur ist das Erdreich, das über Erdsonden bewirtschaftet werden kann. Wenn durch eine solche Wärmequelle und eine optimierte Heizkette nur noch wenig Exergie benötigt wird, lässt diese sich ebenfalls gut aus erneuerbaren Quellen decken. Auf diese Weise lässt sich die emissionsfreie Heizung und Kühlung des Gebäudes erreichen.

Wärme und Kälte über das Anergienetz

Der Campus der ETH Höggerberg verfügt über ein sogenanntes Anergienetz, eine Ringleitung mit Warm- und Kaltleiter und Unterstationen, mit denen die Gebäude mit Wärme versorgt bzw. Wärme aus den Gebäuden abgeführt werden kann (Abb. 3, S. 29). Zudem kann Abwärme aus den Gebäuden über das Netz anderen Gebäuden zur Verfügung gestellt oder im Erdreich gespeichert werden. Hierfür sorgen zwei Erdspeicher mit insgesamt über 200 Erdsonden. Die Sonden ermöglichen die Aktivierung des Erdreichs für die saisonale Speicherung von Wärme aus dem Sommer für die Nutzung als Heizwärme im Winter. Die im Vergleich zu konventionellen Fernwärmeverbänden niedrige Temperatur von 22° C ermöglicht die verlustarme Verteilung auf dem Campus.

Auch das Arch_Tec_Lab ist für den Anschluss an das Anergienetz vorgesehen. Eine effiziente Wärmepumpe hebt dann die Temperatur auf die benötigte 28° C Vorlauftemperatur für die Fussbodenheizung. Zusätzlich kann das Anergienetz im Sommer für die

The building systems concept for the Arch_Tec_Lab was developed by Professor Hansjürg Leibundgut and builds on the “Zero Emission LowEx” concept associated with his chair at ETH Zurich. Applied for the first time on the Swiss Federal Institute of Technology’s Höggerberg Campus to renovate the HPZ building, the new Arch_Tec_Lab represents a further refinement and scaled-up version of the concept.

≡ The aim is to produce a building that operates without generating any CO₂ emissions. One key prerequisite for this is an exergy-efficient heating system designed to minimise the temperature differences between the heat source and its place of consumption as far as possible. This can be achieved by combining low heating-inlet temperatures with the highest possible temperatures generated by locally generated renewable energy. Low heating temperatures can be achieved by using large surface areas for the heat emission into the space, in the case of the Arch_Tec_Lab via underfloor heating. One locally available renewable energy source capable of delivering a relatively high temperature via geothermal probes is the ground. Whenever such a heat source and optimised heating chain only require little exergy, renewables can also readily meet this need. In this way, the building can be heated and cooled without generating any CO₂ emissions.

Heating and cooling via the anergy network

ETH Zurich’s Höggerberg Campus has a so-called anergy (low-grade energy) network, comprising a circuit ring with heat and cold distribution and substations to heat or cool the building using ground heat (see Fig. 3, p. 29). Conversely, excess heat from the buildings can be made available to other buildings or stored in the ground using more than 200 geothermal probes, which serve to activate the ground to use the heat stored during summer for the heating in winter time. Temperatures of 22°C, which are low compared to conventional district heating systems, allow the distribution across the campus with little heat losses.

It is also planned to connect the Arch_Tec_Lab to the anergy grid. An efficient heat pump then raises the temperature to the supply temperature required by the underfloor heating: 28°C. What is more, in the summer the anergy grid can be used for direct cooling, with the 80-cm thick concrete ceiling of the underground car park serving as a thermal storage for the otherwise light building.

1 Hohldecke mit montierten Leitungen vor dem Erstellen der oberen Platte | Hollow ceiling with mounted cables before the construction of the top plate

direkte Kühlung verwendet werden. Die 80 cm starke Betondecke der Tiefgarage dient dem ansonsten leichten Gebäude als thermische Speichermasse.

Vollverglaste Fassade

Die über die «freie» Kühlung dem Gebäude entzogene Wärme erlaubt eine vollverglaste Fassade um das Gebäude und unterstützt über das Anergienetz die Regeneration des Erdwärmespeichers. Um die Wärmeverluste und -einträge dennoch gering zu halten, kommt eine dreifache Isolierverglasung mit einem U-Wert von $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem niedrigen g-Wert von 0.24 zum Einsatz. Zudem besteht ein zusätzlicher innenliegender Blendschutz auf der Süd- und Westseite. Die grossflächige Verglasung lässt viel Licht in die Arbeitsräume. Die Lamellen am Fuss der Fassade des Professurgeschosses verdecken geschickt die Lufteinlässe für die dezentralen Lüftungsgeräte, die die Arbeitsplätze mit frischer Zuluft versorgen. Die Geräte können über Schubladen herausgefahren werden, um z.B. die Filter zu wechseln oder die Geräte zu warten (Abb. 2).

Intelligente Lüftung

Im Zentrum des Lüftungskonzepts steht die Versorgung mit frischer Zuluft über dezentrale Zuluftgeräte an allen Seiten des Gebäudes. Die Luft wird über die Fassade eingesaugt und temperiert, d.h. je nach Temperatur erwärmt oder abgekühlt, in den Hohlboden eingeblasen und über Auslässe in den Arbeitsbereichen verteilt. Die Vielzahl der Bodenauslässe erlaubt dabei geringe Luftgeschwindigkeiten und eine gleichmässig gute Luftqualität. Die erwärmte und «verbrauchte» Luft steigt nach oben und gelangt über Öffnungen im Dach nach aussen.

Fully glazed façade

Since heat can be removed using 'free' cooling of the building, the façade can run all the way around it, be fully glazed and support the regeneration of the geothermal store via the anergy grid. Nonetheless, in order to keep heat loss and intake to a minimum, the glazing used is triple insulated glass, with a U-value of $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ and a low g-value of 0.24. In addition, the southern and western façades of the building are also equipped with internal blinds to protect against glare. The large surface area of the glazing lets plenty of light into the building's workspaces. The slats at the base of the façade of the office floor cleverly conceal the air intakes for the decentralized ventilation units, which convey fresh air to the workstations. These can be pulled out like drawers, for example to change the filter or service the equipment (Fig. 2).

Smart ventilation

Pivotal to the ventilation concept is the fresh air delivered by decentralised ventilation units on each side of the building. Air is sucked in via the façade and tempered, i.e. heated or cooled depending on the temperature, then blown into the cavity floor and channelled into the workspaces via outlets. Having so many air outlets in the floor enables low air speeds and consistently good air quality. The warm and 'used' air rises and is expelled through openings in the roof.

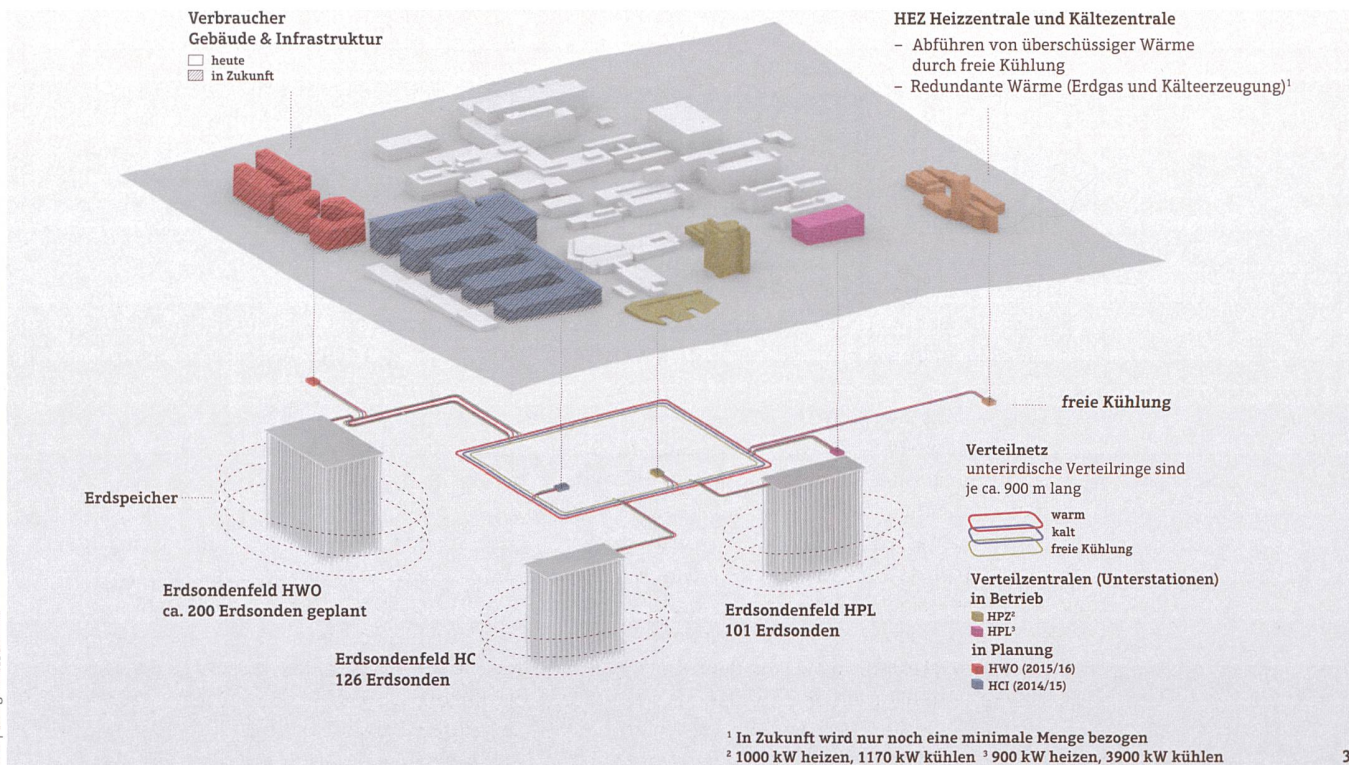
Because of the number of decentralized ventilation units and their configuration, the intake of fresh air can be adapted to conditions both inside and outside the building. For instance, air can be drawn from the side of the building where the outside conditions are most favourable. Accordingly, in winter-time air can be supplied from the side of the building warmed by the sun, to reduce its heating requirements, whereas in summertime the reverse would apply, with air preferably taken from the side of the building in shadow, to lower the need to cool it.

The decentralised configuration of ventilation units also means that fluctuations in the building's occupation can be taken into consideration. For example, if only some of its workspace happens to be occupied, air can be preferentially supplied to those areas from nearby parts of the façade and thus be fed into the relevant offices after being transported over the shortest possible distance, while sensors in the building's interior and in the outside of its façade record its temperatures and CO_2 content. A ventilation centre pumps fresh air into the basement. The large façade doors provide natural ventilation for the testing hall.

- 2 Die Lufteinlässe für die dezentralen Lüftungsgeräte. Zur Wartung können sie als Schubladen herausgefahren werden. | The air intakes for the decentralised ventilators can be pulled out like drawers for maintenance purposes.



Foto: Andrea Diglas



Durch die Anzahl und Anordnung der Zuluftgeräte lässt sich die Versorgung mit frischer Luft den Aussen- und Innenraumbedingungen anpassen. So kann Luft von der Seite des Gebäudes mit den günstigsten Aussenbedingungen entnommen werden. Im Winter kann die Aussenluft z. B. an der durch die Sonne erwärmten Fassade dazu beitragen, den Wärmebedarf für das Erwärmen der Zuluft zu verringern. Im Sommer funktioniert es andersherum: Die Luft kann bevorzugt von der der Sonne abgewandten Fassade entnommen und damit der Kühlbedarf verringert werden.

Die dezentrale Anordnung erlaubt es auch, wechselnde Belegungen des Innenraums zu berücksichtigen: Sind z. B. nur bestimmte Arbeitsbereiche belegt, kann bevorzugt Luft an den Fassaden dieser Bereiche eingesaugt und damit auf möglichst kurzem Weg in die Büros transportiert werden. Sensoren im Innern und an der Aussenfassade erfassen hierzu die Temperaturen und den CO₂-Gehalt. Das Untergeschoss wird von einer Lüftungszentrale mit Frischluft versorgt. Die Versuchshalle wird über die grossen Fassadentore natürlich belüftet.

Energetische Simulationen im digitalen Planungsprozess

In der Planung wurde bereits zu einem frühen Zeitpunkt Simulation eingesetzt. Im digitalen Planungsprozess wurden aus dem Building Information Modelling (BIM) abgeleitete Modelle für die Simulation z. B. des Wärmebedarfs und Tageslichts verwendet. Zusätzlich wurde die Luft- und Wärmeverteilung in den grossen Räumen des Robotic Fabrication Lab (RFL) und des Professurgeschoßes unter Verwendung von Computational Fluid Dynamics (CFD) simuliert.

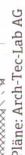
Energy simulations in the digital planning process

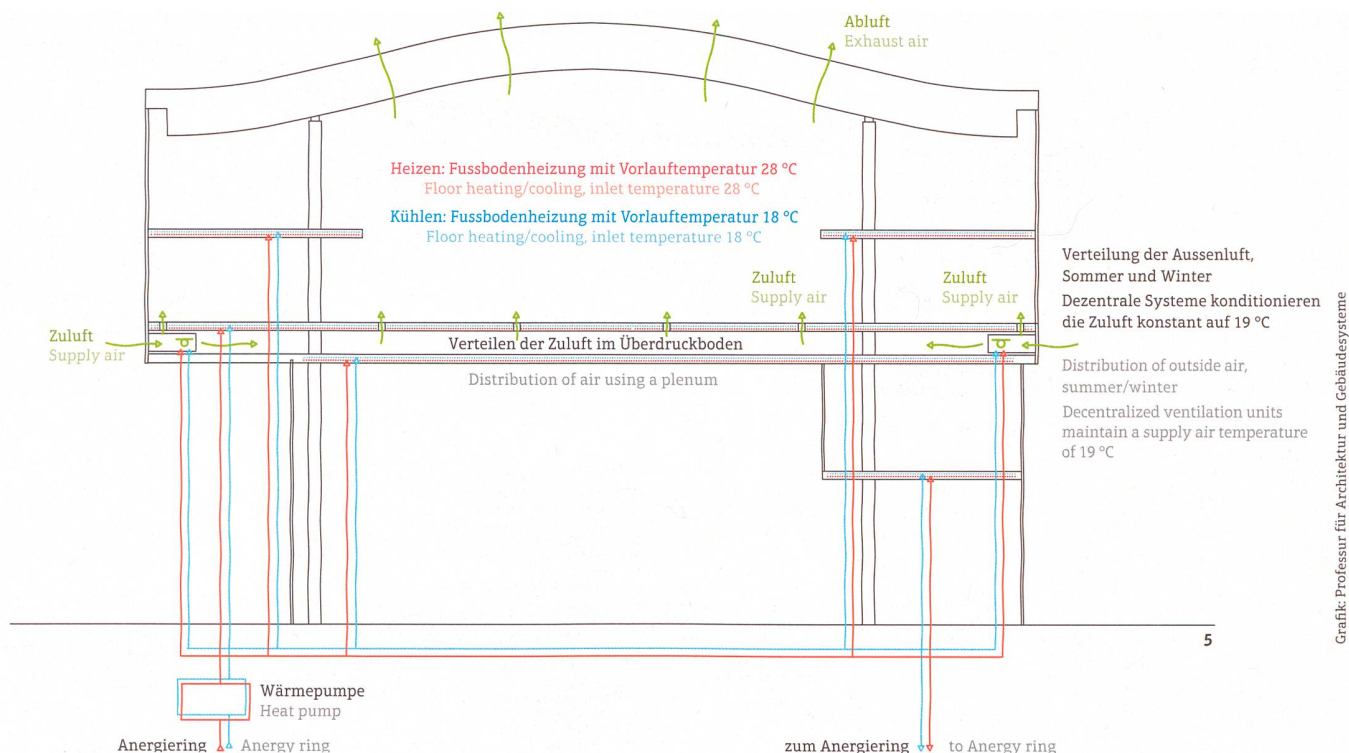
Simulations were used at an early stage of the planning phase. More specifically, during the digital planning process simulations of heat and daylight requirements derived from Building Information Modelling (BIM) were used. Other simulations, based on Computational Fluid Dynamics (CFD), covered air and heat distribution in the larger spaces within the Robotic Fabrication Laboratory (RFL) and on the floor where the researchers have their offices.

Building automation and the analysis of operational data

The implementation of innovations will not end once the Arch_Tec_Lab has been completed: indeed, it is then that efforts to ensure the easy, efficient operation of the building will begin. Since the Arch_Tec_Lab is being integrated into ETH Zurich's building management system, it will already have to meet some key conditions regarding its automation. With a view to conducting research into systems' automation and control, part of the building systems can be switched to "research mode", giving researchers access to specified components of these systems. One major area of research concerns "occupant-centred control", which is already being researched and tested in other buildings by the group of the Professorship of Architecture and Building Systems at ETH. Taking centre stage in this approach is the building occupant. The building systems are to ensure comfort as efficient as possible. One approach is having the systems learn occupants' preferences and use patterns of behaviour. In keeping with the notion of ambient intelligence, this happens discreetly in the background, ideally going unnoticed.

3 Niedertemperatur-Wärmenetz der ETH Zürich, Campus Hönggerberg | ETH Zurich's low temperature heating network on the Hönggerberg Campus





Grafik: Professur für Architektur und Gebäudesysteme

Gebäudeautomation und Analyse der Betriebsdaten

Die Umsetzung von Innovationen am Arch_Tec_Lab hört mit der Fertigstellung nicht auf, im Bereich des effizienten und komfortablen Betriebs beginnt sie erst. Das Arch_Tec_Lab ist in das Gebäudeleitsystem der ETH integriert, womit bereits wesentliche Rahmenbedingungen für die Gebäudeautomation gesetzt sind. Für die Forschung an Automation, Steuerung und Regelung der Systeme können bestimmte Teilbereiche des Gebäudes in einen «Forschungsmodus» versetzt werden, in dem Forscher Zugriff auf bestimmte Systemkomponenten haben. Ein wesentlicher Forschungsansatz ist dabei derjenige der «occupant centered control», der von der Professur für Architektur und Gebäudesysteme derzeit bereits an bestehenden Gebäuden erforscht und getestet wird. Im Zentrum des Ansatzes steht der Mensch und Nutzer, die Gebäudesysteme sollen den Innenraum so effizient wie möglich komfortabel halten und hierfür Präferenzen und Verhaltensweisen der Nutzer erlernen und berücksichtigen können. Im Sinn einer «ambient intelligence» geschieht dies im Hintergrund, unaufdringlich und im besten Fall unmerklich.

Ein weiteres Forschungsthema ist die Analyse der umfangreichen Daten aus dem Gebäudebetrieb, die die Sensoren im Raum und in den Geräten erfassen. Über neue Ansätze der Datenanalyse und -visualisierung können aus den Daten nutzbare Informationen gewonnen werden, z. B. für die automatische Erkennung von Störungen oder von unerwünschten Zuständen der Systeme. Darüber hinaus können die Betriebsdaten für die Optimierung der Steuerung und Regelung verwendet werden, z. B. für das oben genannte Erlernen bestimmter Präferenzen und Verhaltensweisen mit dem Ziel, Energieverbrauch zu minimieren und Komfort zu maximieren.

Another focus of research is the analysis of comprehensive operational data from the building, as recorded by sensors in and around it and by the technical components used inside it. New approaches to data analytics and visualisation mean that valuable information can be extracted from such operational data, e.g. for automatically detecting errors or flagging up system statuses that give cause for concern. The same operational data can also be used to optimise systems' automation and control, for example to learn the aforementioned individual preferences or patterns of behaviour, the aim being to minimise the building's energy consumption and maximise the comfort of its users.

- 4 Fassadenschnitt West Hohlboden Professurgeschoß, dezentrale Zuluftgeräte | Façade cross-section, cavity floor where the researchers have their offices, decentralised air-supply units
- 5 Schema der Gebäudetechnik | Diagram of the building technology