

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 112 (2021)
Heft: 11

Artikel: Eine solide Basis für die Physik-Forschung = Une base solide pour la recherche en physique
Autor: Novotný, Radomír
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-977621>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

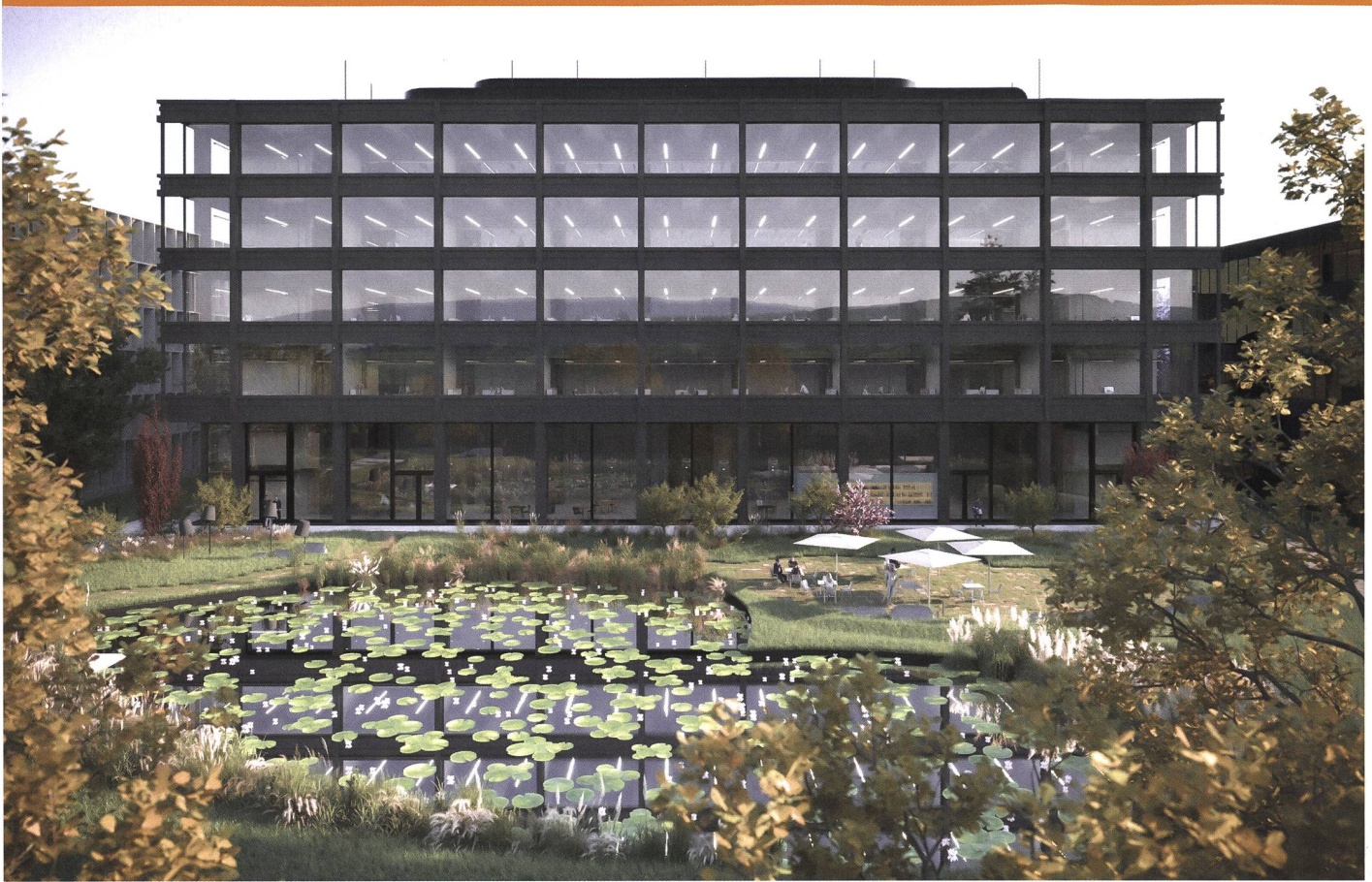
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.03.2025

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



Eine solide Basis für die Physik-Forschung

Das Physikgebäude HPQ | Auf dem Höggerberg plant die ETH Zürich ein zukunftsweisendes Physikgebäude, in dem beispielsweise neuartige Quantencomputer gebaut werden sollen. Damit dessen Labore künftig den höchsten wissenschaftlichen Ansprüchen genügen, müssen – auch bei der Gebäudetechnik – zahlreiche Aspekte berücksichtigt und neue Lösungen gefunden werden.

RADOMÍR NOVOTNÝ

Heute ist die experimentelle Physikforschung an der ETH Zürich auf dem Campus Höggerberg in den Gebäuden HPF und HPT zu Hause. Diese sind noch grösstenteils mit der ursprünglichen, nun wartungsanfälligen Infrastruktur ausgestattet. Zudem sind die in umgebauten Laborräumen installierten Büros nicht ideal, und es fehlt an Austauschmöglichkeiten.

Diese unbefriedigende Situation motivierte Gianni Blatter, Vorsteher des Departements Physik von 2007 bis 2013, die Bedürfnisse der Forscherin-

nen und Forscher für den Bau eines neuen Physikgebäudes zusammenzutragen. Sein Einsatz lohnte sich: Die Schulleitung der ETH Zürich hat das Konzept gutgeheissen. Das Projekt HPQ entstand – ein Gebäude, das nicht nur über die nötige Forschungsinfrastruktur verfügt, sondern sich gemäss Isabelle Kaufmann, Architektin bei Ilg Santer Architekten, zugleich visuell in die Steiner-Bauten aus der Nachkriegsmoderne einfügt. Das Besondere am Projekt ist, dass die Nutzer schon von Anfang an massgebend beteiligt waren. «Meist kommt

der Nutzer ziemlich spät bei der Planung hinzu», so Kaufmann.

Die Sicht der Nutzer bringt der Projektleiter des Departements Physik, Janis Lütolf, ein. Er begleitet die Entwicklung des wissenschaftlichen Konzepts des HPQ bereits seit 2012. Um sich einen Überblick zu verschaffen, hat er diverse Labore weltweit besucht. «Vor einem Jahrzehnt wurde in den USA stark in die Physik-Forschungsinfrastruktur investiert», schildert Lütolf. «Auf den ausgedehnten Campus entstand die modernste Generation an Laborgebäuden.» Da man viel mehr

Bilder: ETH Zürich/ISA Ilg Santer Architekten

Platz als in der Schweiz hat, verfolgt man dort Konzepte, bei denen die einzelnen Gebäude einfacher konzipiert sind. Bei gleicher Gesamtfunktionalität wird dafür deutlich mehr Platz verwendet. Lütolf präzisiert: «Aus technischer Sicht bietet diese funktionale Trennung Vorteile, aber die Leitungen werden dann sehr lang und gewisse Medien müssen mehrfach aufbereitet werden. Dies ist aus technischer Sicht zwar einfacher, aber nicht effizient.»

Auf dem Höggerberg wird ein einziges Gebäude mit breiter Nutzung entstehen. Um das Optimum aus der zur Verfügung stehenden Grundfläche zu holen und die konstanteren Umweltbedingungen im Untergrund auszunutzen, werden zwei Drittel des Gebäudevolumens unterirdisch sein. Der Baustart ist für die zweite Hälfte 2022 geplant, 2028 soll das Gebäude bezugsbereit sein.

Isabelle Kaufmann beschreibt die Herausforderungen des Projekts so: «Beim HPQ bringt man unterschiedlichste Nutzungen, die miteinander im Wettbewerb stehen, in einem Gebäude unter. Ausserdem kommen strenge bauliche Auflagen und Gesetzgebungen hinzu, unter anderem die Weisungen für Bundesbauten sowie alle energetischen Normen und Gesetze. Als Architekten möchten wir, dass das Haus und seine Technik funktioniert und es zugleich so gestaltet ist, dass es städtebaulich integriert und ansprechend ist. Das Gebäude ist in dieser Konstellation einmalig, ein Prototyp.»

Flexibilität als Grundlage

Die städtebauliche äussere Anpassung ist statisch. Dynamisch hingegen ist eine andere Anpassung: diejenige der Labore an die sich ändernden Nutzerbedürfnisse. Die Infrastruktur wird in der experimentellen Physik für jede Professur angepasst. Janis Lütolf sagt: «Wenn ein Professor seine Stelle mit der ETH aushandelt, werden auch die Infrastrukturfragen diskutiert.» Das HPQ, das für 60 Jahre nutzbar sein wird, soll eine generische Laborinfrastruktur bieten, die mit möglichst wenig Aufwand so verändert und nachgerüstet werden kann, dass sie den Anforderungen der Professoren und Professorinnen genügt. Deshalb werden Laboreinheiten mit Holzkonstruktionswänden voneinander abgetrennt sein, die sich entfernen lassen. So kön-

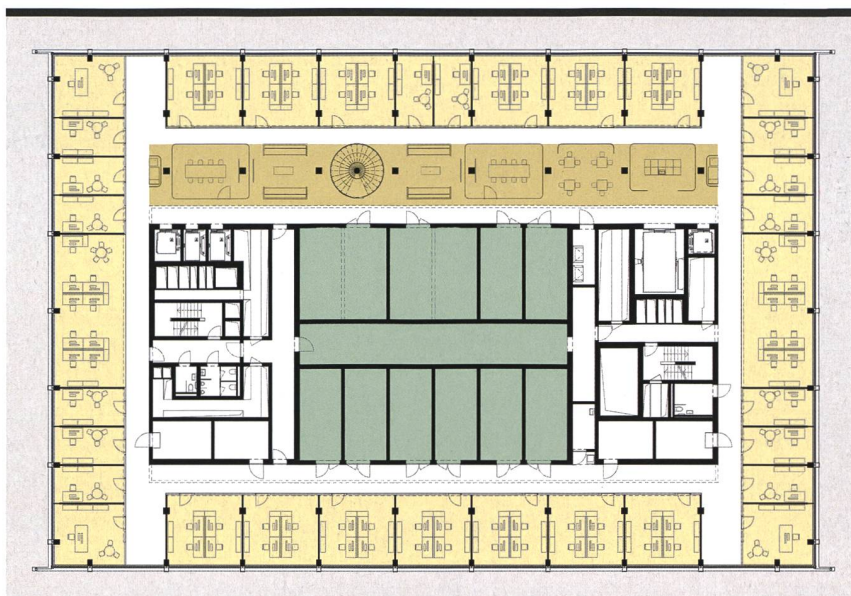


Bild 1 Eines der vier oberirdischen Stockwerke mit den Laboren (grün), Büros (blaugelb) und Begegnungszonen (Ocker).

nen bis zu zehn solcher Labore zu einem grossen Labor kombiniert werden, ohne den restlichen Forschungsbetrieb im Gebäude merklich zu stören.

Das Grundprinzip: Eine Laborreihe, die aus identischen Laboreinheiten mit 22 m² Fläche besteht, wird von einer Seite mit einem Gang erschlossen. Auf der anderen Seite ist ein Supportbereich, der die Laborinfrastruktur wie Kompressoren, Vakuumpumpen, Serverracks, Wasseraufbereitung, Kühlkreisläufe, Transformatoren für Laser oder Stromversorgungen aufnimmt – also meist Geräte, die Lärm oder Vibrationen verursachen. «Einige der heutigen Labore haben zwar auch einen Supportbereich. Dieser liegt aber einen Stock tiefer, in einem anderen Brandabschnitt, was die Erschliessung erschwert», sagt Lütolf.

Die Anforderungen an die Haustechnik sind hoch. Aus Sicherheitsgründen ist bei den Laboren ein dreifacher Luftwechsel pro Stunde vorgeschrieben, der bei Bedarf noch stark erhöht werden kann. Zudem muss viel Wärme von den Geräten abgeführt werden, was durch Frischluft, Kühlpaneele an der Decke und bei hohen Anforderungen mit lokalen Umluftklimatisierungen geschieht. So lässt sich die benötigte hohe Temperaturstabilität erzielen.

Die Gebäudestruktur

Das Gebäude besteht aus drei Teilen: dem oberirdischen Bau, dem darunter-

liegenden unterirdischen Teil und dem seitlich versetzten unterirdischen Laborbau. Insgesamt sind 170 Laboreinheiten vorgesehen sowie die drei interdepartmentalen Plattformen First II (Reinraum), das MMC (Wachstum von 2D-Schichten) sowie das CLNE (Center for Low Noise Experiments) mit sechs Laboren.

Die obersten vier Stockwerke sind identisch (**Bild 1**): Die Labore sind im massiven Kern untergebracht, der die Vibrationen des Verkehrs auf dem Wolfgang-Pauli-Boulevard oder der massiven technischen Apparaturen der Bauphysiker im Nebengebäude fernhält. Damit man die geforderten Grenzwerte erreicht, wurde die Gebäudestruktur mit Vibrationssimulationen via der Finiten-Elemente-Methode optimiert. Die Labore sind umgeben von Büros und Begegnungszonen, die spontane Diskussionen ermöglichen. Eine Kaffeeküche mit Essbereich steht auch zur Verfügung.

Unter dem Hauptbau ist die Haustechnik (**Bild 2**) untergebracht, u. a. Monoblöcke, die die Zuluft aufbereiten und über seriell verschaltete Schalldämpfer und grossflächige Auslasssysteme den Laboren leise zuführen – insgesamt 290 000 m³ Luft pro Stunde. Die Luftzuführung der Räume wird über Präsenz-, Temperatur-, Luftfeuchte- oder CO₂-Fühler geregelt, um den aktuellen Lasten präzise entgegenzuwirken.

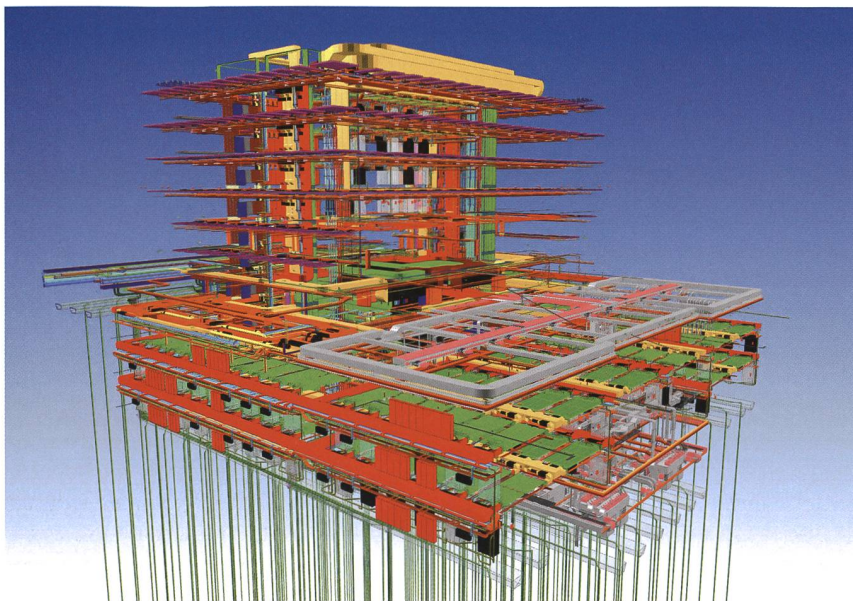


Bild 2 BIM-Darstellung der Gebäudetechnik des HPQ. **Kanäle:** Die Zuluft ist rot, die Abluft gelb und die Aussenluft grün dargestellt. **Leitungen:** Heizung ist rot, Kälte ist dunkelblau, technische Kälte ist blau/cyan, Laborkühlwasser ist hellgrün. **Elektroinstallationen** sind orange, rot und braun.

Der «First II»-Entwicklungsraum belegt die oberste Etage des unterirdischen Nebenbaus. Er wird eine wichtige Rolle spielen, denn künftig wird es möglich sein, alle Prozesse, die heute auf dem Höggerberg, bei IBM in Rüschlikon und am Zentrum stattfinden, an einem Ort auszuführen. Janis Lütolf präzisiert: «Heute macht man beispielsweise zwei Prozessschritte auf dem Höggerberg, dann einen Schritt in Rüschlikon und schliesslich einen im Zentrum. Die örtliche Konzentration wird deshalb sowohl für die ETH als Betreiberin als auch für die Nutzer vorteilhaft sein.»

Quanten-Rechner

Die zweite unterirdische Plattform, der MMC-Bereich, dient dem Wachstum von 2D-Schichten, die die materielle Grundlage für die Entwicklung neuer Strukturen bilden: In den Laboren werden deren physikalische Eigenschaften bestimmt und in Reinräumen wird das Material zu elektronischen Chips verarbeitet, u. a. zu Quantendots.

Quanten-Phänomene werden im HPQ eine wichtige Rolle spielen, denn die Nutzer des Labors für Festkörperphysik und des Instituts für Quantenelektronik vertreten dieses Thema schwergewichtig. Janis Lütolf geht davon aus, dass rund die Hälfte der HPQ-Gebäudefläche von der Quan-

tenforschung belegt sein wird. Dabei stehen zwei Technologien im Fokus: Ionenfallen-Quantencomputer und supraleitende Halbleiter-Quantencomputer. Auch das Quantum Engineering Center wird vor Ort sein, als Entwicklungsstelle insbesondere für die Elektronik, die benötigt wird, um die neuartigen Rechner anzusteuern.

Umfassende Stabilität

Zuunterst im Nebenbau, auf dem Fels gegründet, werden die sechs störungsarmen Labore des CLNE platziert sein. Sie werden technologisch, u. a. bezüglich EMV-Raumabschirmungen, den neusten Anforderungen entsprechen und bei einer Gesamthöhe von über 11 m viel Platz für Experimente bieten. Die luftgefederten, aktiv geregelten Böden mit einer Masse zwischen 80 und 120 t sorgen dabei für höchste Vibrationsunterdrückung.

Damit sich keine Fehler beim Aufbau und Umbau von Experimenten einschleichen, die die Performance der Labore beeinträchtigen könnten, werden im CLNE diverse Umweltparameter und die Qualität der Medien ständig durch die Nutzer überwacht. Heikel ist beispielsweise die Erdung. Man darf die gewöhnlichen Erder nicht mit den Messerdern, die in die Erdwärmesonden integriert sind und 200 m in den Boden ragen, verbinden, da sonst die

Messresultate verfälscht würden. Die Blitzableiter werden ringförmig um das Gebäude 15 m in die Erde geführt, die Messerder (isolierte Laborerde) in der Gebäudemitte, möglichst weit weg vom Blitzableiter.

Die Gebäudetechnik als Ermöglicher

Die Konstruktion mit massiven Stützen und einem Kern, der Vibrationen fernhält, sowie die Tatsache, dass ein grosser Gebäudeteil unterirdisch ist, bedingen bei der Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kältetechnik (HLKK) einige Besonderheiten. Einerseits fordert die ETH, dass keine Leitungen in den Beton eingelegt werden, andererseits braucht es grosse Energie- und Luftmengen, um das nötige Raumklima zu erzielen. Der Platz ist also knapp. Zudem müssen Aggregate wie Ventilatoren und Kompressoren vom Gebäude mit Federfüssen oder Sockelplatten mit Luftfedern entkoppelt werden, damit Experimente nicht durch ihre Schwingungen beeinflusst werden. Thorsten Rehm, HLKK-Planer beim Ingenieurbüro Kalt+Halbeisen, betont: «Jedes schwingende Aggregat wird auf den Kopf gestellt, begutachtet, schwingungstechnisch durchgerechnet und dessen Entkopplung wird auf 4 bis 5 Hz abgestimmt.»

Eine weitere Spezialität ist die dichte Medieninfrastruktur mit diversen Temperaturniveaus, Luftqualitäten und Gasen wie Helium und Stickstoff. Das Sicherstellen von stabilen Raumtemperaturen und Luftfeuchtigkeiten sowie das Einhalten der Reinraumvorgaben sind anspruchsvoll. Die erlaubten Temperaturschwankungen hängen dabei vom Labortyp ab.

Da die Stützen im Gebäude gross sind und nahe beieinander stehen, sind die Lüftungsanlagen massgeschneidert in die Gebäudestruktur integriert. Die Abluftschächte der Labore werden mit chemikalienbeständigen Chromstahloberflächen ausgeführt und jeder Stock wird einzeln nach aussen übers Dach geführt. Belastete Abluft kann so aus jedem Labor abgeführt werden.

Eine weitere Besonderheit ist das Erdwärmesondenfeld mit 187 Sonden, das unterhalb des Gebäudes bei einer Baugrubentiefe von 17 bis 25 m auf drei Höhenniveaus erstellt wird. Wegen dieser Tiefe und der Abstützung der Baugrube kann kein gewöhnliches

Bohrverfahren eingesetzt werden. Es muss deshalb in vier Etappen gebohrt werden. Zusätzlich werden Tiefenerdungs- und Temperaturmesssonden verlegt, einige davon mit den Erdwärmesonden.

Neben diesen Sensoren kommen weitere Messorgane wie Drucksensoren, UV-C-Messgeräte, eine Meteostation, Blitzeinschlagszähler sowie eine Gaswarnanlage für Gase wie Stickstoff, Ammoniak und weitere, teilweise auch brennbare Gase zum Einsatz. Die Kommunikation geschieht meist «hybrid»: Die Aggregate werden analog angesteuert und Informationen können mittels Bussystem (ModBus, BACnet usw.) ausgelesen werden. Die Ansteuerung funktioniert somit betriebssicher, und gleichzeitig können diverse Informationen abgerufen werden.

Energieeffizienz ist ein Thema

Die Wärme- und Kälteenergie bezieht das Gebäude vom seit Jahren auf dem Campus Höggerberg betriebenen Anergienetz – eine separate Wärme- und Kälteproduktion im Gebäude erübrigt sich. Mit dem Erdwärmesondenfeld des HPQ wird Heiz- und Kühlenergie gewonnen und dem Anergienetz zugeführt. Sie kann von allen am Verbund angeschlossenen Gebäuden genutzt werden. Alle haustechnischen Anlagen werden nach dem Minergie ECO- und dem SGNI-Gold-Standard geplant.

BIM ist omnipräsent

Dass bei einem solchen Projekt die Digitalisierung in Form des Building Information Modelings genutzt wird, überrascht nicht. Andreas Häfeli von Kalt+Halbeisen geht auf die Vorteile von BIM nach Abschluss der Konzeptphase ein: «Mit BIM sehen wir schnell, ob die Leitungsführung koordinativ funktioniert. Man sieht Zusammenhänge und erkennt Probleme früher, wodurch Lösungen leichter erarbeitet werden können.» Dabei sei wichtig, dass BIM als Teamleistung betrachtet wird, an der sich alle Projektteilnehmer gleichermassen beteiligen, damit eine hohe Modell- und Datenqualität erzielt werden kann. «Ein strukturiertes Vorgehen, das Zusammenführen von wichtigen Anlagen- und Bauteildaten, kombiniert mit einer durchdachten 3D-Modellierung und Attribuierung, sind die Grundpfeiler des BIM», betont Thorsten Rehm.

Nach den ersten Ausschreibungen, in denen ein modellbasiertes Ausführen mit Datenbankplattform vorausgesetzt wurde, zeigte sich, dass noch nicht jede Firma die digitale Infrastruktur besitzt, um auf herkömmliche Papierpläne zu verzichten.

Bei aller Euphorie für BIM sollte darauf geachtet werden, dass der Detaillierungsgrad den Projektphasen entspricht. Ein verfrühter Wechsel auf 3D-Modelle kann die Planung nämlich bremsen, weil durch die detaillierte Darstellung der gebäudetechnischen Einbauten ein falscher Eindruck des Projektfortschritts vermittelt wird. Zudem kann der vermeintliche Detaillierungsgrad zu Diskussionen führen, deren Klärung erst in späteren Projektphasen nötig wäre. Umplanungen bei 3D-modellierten Leitungen können aufwendig und zeitraubend sein.

Die Technik soll sichtbar sein

Die im BIM hinterlegte Komplexität des Gebäudes soll gemäss Isabelle Kaufmann nicht versteckt, sondern durch das Gebäude ausgedrückt werden: «Es gibt Gebäude, die materialtechnisch, architektonisch oder oberflächenmässig viel spektakulärer sind als das HPQ. Als Architekten interessiert uns, wie man mit den sehr spezifischen Anforderungen etwas machen

kann, das zum Ausdruck bringt, dass das HPQ ein Gebäude des Departements Physik ist.» Dies geschieht beispielsweise mit der Haustechnik, indem die Aggregate für die Abluft, für die es im Gebäude keinen Platz hatte, offen auf dem Dach stehen. Die Technologisierung wird aber auch im Innern kommuniziert: Die Gebäudetechnik wird offen geführt. Es hat viel Sichtbeton und direkte Beleuchtung. Die Labore sind funktional, die Büros schlicht. Ohne Gebäudetechnik wäre es ein spartanisches Gebäude.

Einen Kontrast zu diesem Minimalismus gibt es dennoch: In den öffentlichen Räumen des Gebäudes wurden die verwendeten Materialien bewusst etwas verspielter gestaltet und eingesetzt (Bild 3). Damit man sich beim Eintreten ins HPQ wohlfühlt und der Raum funktioniert, feilte das Planungsteam am Layout des Erdgeschosses mit der Eingangshalle und der Cafeteria intensiv, bis diese Bereiche optimal gestaltet waren. So wird das HPQ künftig nicht nur wissenschaftliche Spitzenresultate ermöglichen, sondern diese auch Aussenstehenden ansprechend kommunizieren.

Autor
Radomír Novotný ist Chefredaktor Electrosuisse.
 → Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
 → radomir.novotny@electrosuisse.ch



Bild 3 Im Erdgeschoss wird der architektonischen Gestaltung viel Raum gelassen und damit Besuchern ein einladendes Ambiente offeriert.



Connecter les intérêts

Le label de qualité USAT



Certifié USAT

Le label de qualité USAT valorise et renforce la qualité dans la construction d'ensemble d'appareillage et procure des avantages décisifs sur le marché.

Pour obtenir le label de qualité USAT, les critères suivants sont vérifiés par un organisme de certification indépendant:

- ▼ Entreprise
- ▼ Production
- ▼ Personnel
- ▼ Produit
- ▼ Infrastructure / Équipement
- ▼ Marketing

Nous misons sur le Swissness!

Le Swissness revêt une grande importance dans le label de qualité USAT. La croissance durable de nos membres nous tient particulièrement à cœur.

Les entreprises membres s'améliorent en permanence et le label est lui aussi constamment adapté aux exigences. L'USAT a tout intérêt à associer des entreprises de haute qualité au sein de l'union. La mise en réseau des entreprises suisses et la promotion de produits suisses de qualité sont au centre de l'action de l'USAT.



VSAS – Verband Schaltanlagen und Automatik Schweiz
USAT – Union Suisse Automatisation et Tableaux électriques
USAQ – Unione Svizzera Automazione e Quadri elettrici

Rue du Chantier 9
2503 Bienne

Tel. +41 32 322 85 78
Fax +41 32 322 83 60

www.vsas.ch
info@vsas.ch

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

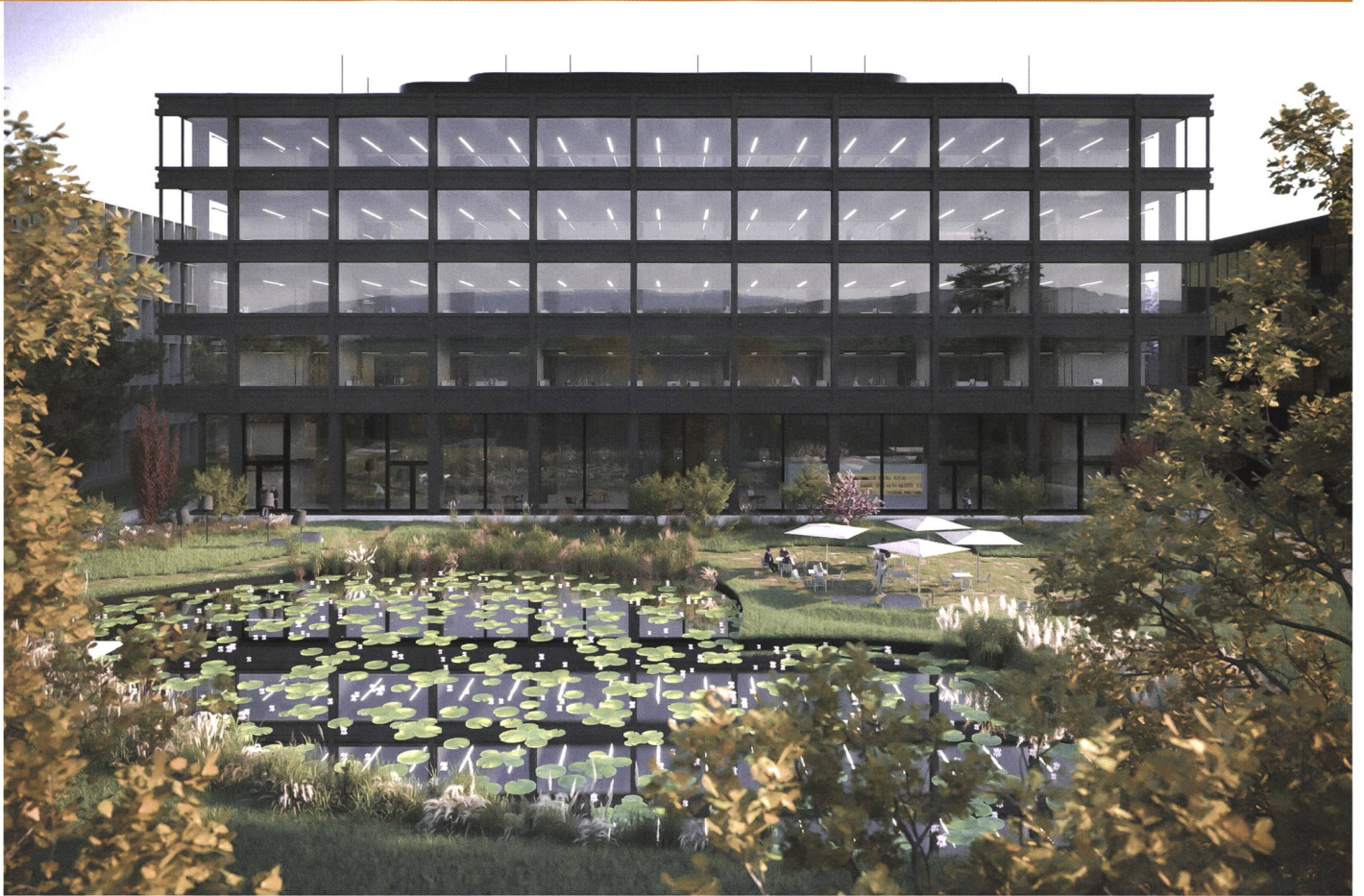
www.tracopower.com



TIB Serie, AC/DC-DIN-Schienen-Schaltnetzteile mit einer Leistung von 80–480 W für raue Umgebungen

- Betriebstemperatur –40°C bis max. +70°C
- 150% Power Boost für 4 Sekunden
- Typischer Wirkungsgrad von 90 bis 95% (modellabhängig)
- Robustes Metallgehäuse, optional seitlich montierbar
- Sicher gegenüber Rückspeisung
- Kurzschluss- und Überlastschutz
- Schwing- und schockgeprüft nach DIN EN 61373 (Bahn- & Industrieanwendungen)
- 3 Jahre Produktgewährleistung





Une base solide pour la recherche en physique

Le bâtiment de physique HPQ | L'ETH Zurich planifie un nouveau bâtiment de physique orienté vers l'avenir, dans lequel seront construits, par exemple, des ordinateurs quantiques innovants. Pour que ses laboratoires puissent répondre aux exigences scientifiques les plus élevées, de nombreux aspects doivent être considérés et de nouvelles solutions trouvées, y compris pour la technique du bâtiment.

RADOMÍR NOVOTNÝ

Aujourd'hui, à l'ETH Zurich, la recherche en physique expérimentale se déroule dans les bâtiments HPF et HPT, sur le campus du Hönggerberg. Or, ces derniers sont encore principalement équipés de l'infrastructure d'origine, laquelle nécessite désormais une maintenance. En outre, les bureaux installés dans des laboratoires reconvertis ne sont pas idéaux et il manque d'espaces pour les échanges.

Cette situation insatisfaisante a motivé Gianni Blatter, directeur du

département de physique de 2007 à 2013, à rassembler les besoins des chercheurs pour la construction d'un nouveau bâtiment de physique. Ses efforts ont porté leurs fruits: la direction de l'ETH Zurich a approuvé le concept. Le projet HPQ a ainsi vu le jour: un bâtiment qui non seulement dispose de l'infrastructure nécessaire pour la recherche, mais qui, selon Isabelle Kaufmann, architecte chez Ilg Santer Architekten, s'intègre également visuellement aux bâtiments Steiner de l'ère moderne d'après-guerre. La parti-

cularité de ce projet consiste dans le fait que les utilisateurs ont été largement impliqués dès le départ. « La plupart du temps, ils n'interviennent qu'assez tard dans la planification », explique-t-elle.

Le chef de projet du département de physique, Janis Lütolf, intègre le point de vue des utilisateurs. Il accompagne le développement du concept scientifique du HPQ depuis 2012. Pour obtenir une vue d'ensemble, il a visité divers laboratoires dans le monde entier. « Il y a une dizaine d'années, les

États-Unis ont énormément investi dans les infrastructures de recherche en physique», décrit-il. «Des bâtiments de laboratoire de dernière génération ont été construits sur leurs vastes campus.» Comme les États-Unis disposent de beaucoup plus d'espace qu'en Suisse, ils suivent des concepts dans lesquels les différents bâtiments sont conçus de manière plus simple. Pour une même fonctionnalité globale, l'espace utilisé y est nettement plus important. Janis Lütolf précise: «D'un point de vue technique, cette séparation fonctionnelle présente des avantages, mais les lignes deviennent alors très longues et certains fluides doivent être traités plusieurs fois. Finalement, même si cette solution est techniquement plus simple, elle est moins efficace.»

Sur le Höggerberg s'érigera un seul bâtiment offrant un large éventail d'utilisations. Afin de tirer le meilleur parti de la surface disponible et de profiter des conditions environnementales plus constantes du sous-sol, deux tiers du volume du bâtiment seront souterrains. Le début des travaux est prévu pour le second semestre 2022, et le bâtiment devrait pouvoir être occupé en 2028.

Isabelle Kaufmann décrit les défis du projet en ces termes: «Avec le HPQ, un seul bâtiment abritera une grande variété d'utilisations concurrentes. Il existe en outre une législation et des exigences strictes en matière de construction, notamment les directives liées aux bâtiments fédéraux, ainsi que toutes les normes et lois relatives à l'énergie. En tant qu'architectes, nous voulons que le bâtiment et sa technique fonctionnent, et en même temps, qu'il soit attrayant et conçu de manière à s'intégrer dans le paysage urbain. Dans cette constellation, ce bâtiment est unique, un prototype.»

La flexibilité comme base

L'adaptation externe au paysage urbain est statique. En revanche, une autre adaptation est, elle, dynamique: à savoir celle des laboratoires à l'évolution des besoins des utilisateurs. En physique expérimentale, l'infrastructure est adaptée pour chaque professeur. Janis Lütolf explique: «Lorsqu'un professeur négocie son poste avec l'ETH, les questions relatives à l'infrastructure sont également abor-



Figure 1 Un des quatre étages en surface avec les laboratoires (en vert), les bureaux (en jaune pâle) et les espaces de rencontre (en ocre).

dées.» Le HPQ, qui sera utilisable pendant 60 ans, doit offrir une infrastructure de laboratoire générique pouvant être modifiée et complétée aussi simplement que possible afin de répondre aux exigences des professeurs. C'est pourquoi les unités de laboratoire seront séparées les unes des autres par des murs en bois qui pourront être retirés. Il sera ainsi possible de regrouper jusqu'à dix de ces laboratoires en un seul sans perturbation notable du reste des activités de recherche dans le bâtiment.

Le principe de base: une rangée de laboratoires composée d'unités de laboratoires identiques d'une superficie de 22 m² est accessible d'un côté par un couloir. De l'autre côté se trouve une zone technique qui abrite l'infrastructure du laboratoire, comme les compresseurs, les pompes à vide, les racks de serveurs, le traitement de l'eau, les circuits de refroidissement, les transformateurs pour les lasers ou les alimentations électriques – en d'autres termes, la plupart des équipements qui provoquent du bruit ou des vibrations. «Certains des laboratoires actuels disposent certes aussi d'une zone technique, mais celle-ci est installée un étage plus bas, dans un autre compartiment d'incendie, ce qui complique le raccordement», explique Janis Lütolf.

Les exigences vis-à-vis de la technique du bâtiment sont élevées. Pour des raisons de sécurité, un renouvelle-

ment d'air trois fois par heure est prescrit pour les laboratoires, ce chiffre pouvant fortement augmenter si nécessaire. En outre, les équipements génèrent une grande quantité de chaleur qui doit être évacuée. Ceci est réalisé par le biais d'air frais, de panneaux de refroidissement au plafond et, en cas d'exigences élevées, par des climatisations à recirculation locales. Cela permet d'obtenir la haute stabilité en température requise.

La structure du bâtiment

Le bâtiment est composé de trois parties: la structure en surface, la partie souterraine sur laquelle cette dernière repose et le bâtiment de laboratoires souterrain décalé latéralement. Au total, 170 unités de laboratoires sont prévues, ainsi que les trois plateformes interdépartementales First II (salle blanche), le MMC (croissance de couches en 2D) et le CLNE (Center for Low Noise Experiments) avec six laboratoires.

Les quatre étages supérieurs sont identiques (**figure 1**): les laboratoires sont logés dans le noyau massif, lequel atténue les vibrations dues à la circulation sur le Wolfgang-Pauli-Boulevard ou aux appareils techniques massifs des physiciens du bâtiment dans le bâtiment adjacent. Afin d'atteindre les valeurs limites requises, la structure du bâtiment a été optimisée via des simulations de vibrations basées sur la

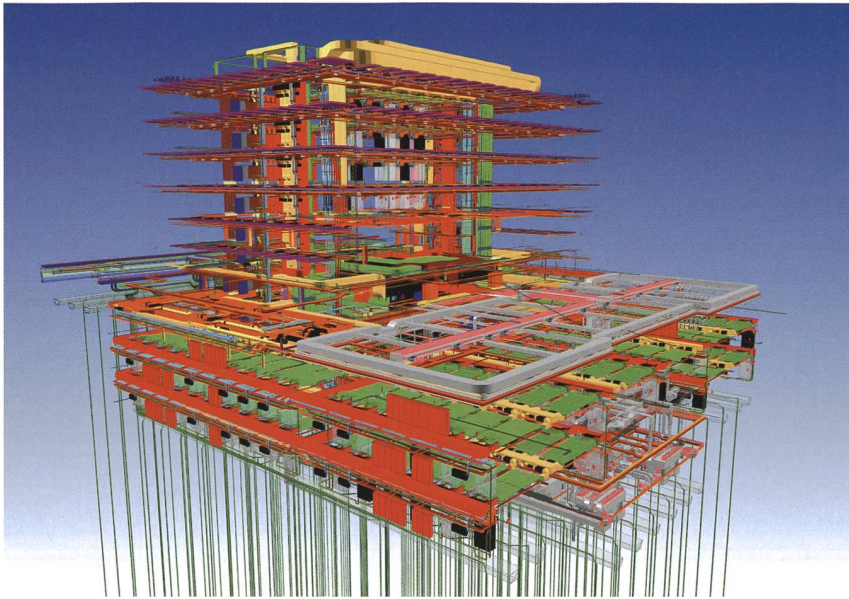


Figure 2 Représentation BIM de la technique du bâtiment du HPQ. **Canaux** : l'alimentation en air est représentée en rouge, l'extraction d'air en jaune et l'air extérieur en vert. **Conduites** : le chauffage est en rouge, le froid en bleu foncé, le froid technique en bleu/cyan, l'eau de refroidissement des laboratoires en vert clair. Les **installations électriques** sont orange, rouges et marron.

méthode des éléments finis. Les laboratoires sont entourés de bureaux et d'espaces de rencontre qui permettent des discussions spontanées. Une cuisine avec coin repas est également disponible.

La technique du bâtiment (figure 2) est logée sous le bâtiment principal, y compris les monoblocs qui traitent l'air d'alimentation et l'acheminement silencieusement vers les laboratoires via des silencieux connectés en série et des systèmes d'évacuation de grande surface – au total 290 000 m³ d'air par heure. L'apport d'air dans les pièces est contrôlé par des capteurs de présence, de température, d'humidité ou de CO₂ afin de contrebalancer les charges actuelles avec précision.

La salle blanche destinée au développement, « First II », occupe l'étage supérieur de l'annexe souterraine. Elle jouera un rôle important car à l'avenir, il sera possible de réaliser en un seul endroit tous les processus qui se déroulent aujourd'hui sur les sites de l'ETHZ du Höggerberg et du centre-ville (Zentrum) ainsi que chez IBM à Rüschlikon. Janis Lütolf précise : « Aujourd'hui, par exemple, deux étapes d'un procédé sont réalisées au Höggerberg, puis une étape à Rüschlikon et une autre au centre. La concentration locale sera ainsi avantageuse

tant pour l'ETH, en tant qu'exploitante, que pour les utilisateurs. »

Des ordinateurs quantiques

La deuxième plateforme souterraine, la zone MMC, est consacrée à la croissance de couches 2D, lesquelles constituent la base matérielle pour le développement de nouvelles structures : leurs propriétés physiques sont déterminées dans les laboratoires et, dans les salles blanches, le matériau est transformé en puces électroniques, entre autres en « quantum dots ».

Les phénomènes quantiques joueront un rôle important dans le HPQ, car les utilisateurs du Laboratoire de physique du solide et de l'Institut d'électronique quantique accordent une grande importance à ce thème. Janis Lütolf suppose qu'environ la moitié de la surface du bâtiment HPQ sera exploitée pour la recherche quantique. Ce faisant, deux technologies focalisent l'attention : les ordinateurs quantiques à ions piégés et les ordinateurs quantiques à semi-conducteurs supraconducteurs. Le Quantum Engineering Center sera également présent sur le site en tant que centre de développement, notamment pour l'électronique nécessaire au fonctionnement des nouveaux ordinateurs.

Une totale stabilité

Tout en bas de l'annexe, reposant sur la roche, se trouveront les six laboratoires à faible niveau d'interférences du CLNE. Ils répondront aux dernières exigences technologiques, y compris en matière de blindage CEM, et avec une hauteur totale de plus de 11 m, ils offriront beaucoup d'espace pour les expériences. Les planchers à suspension pneumatique et à commande active, d'une masse comprise entre 80 et 120 t, assureront une atténuation maximale des vibrations.

Afin d'éviter que des erreurs susceptibles d'affecter les performances des laboratoires ne se glissent lors de la mise en place et de la transformation des expériences, au CLNE, les utilisateurs contrôleront constamment différents paramètres environnementaux ainsi que la qualité des fluides. La mise à la terre, par exemple, est une mission délicate. Il ne faut surtout pas connecter les prises de terre ordinaires avec les prises de terre de mesure intégrées dans les sondes géothermiques et qui s'enfoncent dans le sol sur 200 m, sinon les résultats des mesures seraient faussés. Les dispositifs de protection contre la foudre sont disposés en anneau autour du bâtiment dans le sol à 15 m de profondeur, et les prises de terre de mesure (prises de terre isolées des laboratoires) au centre du bâtiment, le plus loin possible des dispositifs de protection contre la foudre.

La technique du bâtiment crée des possibilités

La construction avec des supports massifs et un noyau protégeant des vibrations ainsi que le fait qu'une grande partie du bâtiment soit souterraine induisent quelques particularités en ce qui concerne les techniques de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération (CVCR). D'une part, l'ETH exige qu'aucune conduite ne soit installée dans le béton ; d'autre part, il faut de grandes quantités d'énergie et d'air pour atteindre le climat ambiant requis. La place est donc limitée. En outre, les agrégats tels que les ventilateurs et les compresseurs doivent être découplés du bâtiment à l'aide de pieds à ressorts ou de plaques de base avec des ressorts pneumatiques afin que leurs vibrations n'influencent pas les expériences.

Thorsten Rehm, planificateur CVCR au sein du bureau d'ingénieurs Kalt+Halbeisen, souligne: «Chaque agrégat vibrant est analysé en détail et évalué, puis un calcul des vibrations est réalisé et son découplage réglé sur 4 à 5 Hz.»

Une autre particularité: l'infrastructure dense des fluides avec divers niveaux de température, qualités de l'air et différents gaz tels que l'hélium et l'azote. Garantir des températures et des niveaux d'humidité stables dans les locaux et se conformer aux spécifications des salles blanches sont des tâches exigeantes. Ce faisant, les variations de température autorisées dépendent du type de laboratoire.

Comme les supports du bâtiment sont grands et rapprochés, les systèmes de ventilation sont intégrés sur mesure à la structure du bâtiment. Les puits d'évacuation d'air des laboratoires sont conçus avec des surfaces en acier chromé résistant aux produits chimiques, et l'évacuation de chaque étage est individuellement acheminée vers l'extérieur par le toit. L'air d'échappement vicié peut ainsi être évacué de chaque laboratoire.

Une particularité supplémentaire est le champ de 187 sondes géothermiques réalisé sous le bâtiment sur trois niveaux, à une profondeur d'excavation de 17 à 25 m. Aucune méthode de forage ordinaire ne peut être utilisée en raison de la profondeur et du support de la fosse d'excavation. Par conséquent, le forage doit être réalisé en quatre étapes. En outre, des sondes de mesure de la température et de mise à la terre en profondeur seront posées, dont certaines avec les sondes géothermiques.

En plus de ces capteurs, d'autres dispositifs de mesure sont utilisés tels que des capteurs de pression, des instruments de mesure des UV-C, une station météorologique, des compteurs de coups de foudre et un système d'alarme pour les gaz tels que l'azote, l'ammoniac et d'autres gaz, dont certains sont inflammables. La communication est essentiellement «hybride»: les agrégats sont contrôlés de manière analogique et les informations peuvent être consultées via un système de bus (ModBus, BACnet, etc.). La commande fonctionne ainsi de manière fiable tout en permettant la consultation de diverses informations.

En ce qui concerne l'efficacité énergétique

Le bâtiment s'alimentera en énergie de chauffage et de refroidissement à partir du réseau d'énergie exploité depuis des années sur le campus du Höggerberg; une production séparée de chaleur dans le bâtiment est inutile. Le champ de sondes géothermiques du HPQ est utilisé pour extraire l'énergie de chauffage et de refroidissement et l'injecter dans le réseau d'énergie. Celle-ci peut alors être utilisée par tous les bâtiments connectés au réseau. Toutes les installations techniques du bâtiment sont planifiées selon les standards Minergie-ECO et SGNI Gold.

Le BIM est omniprésent

Il n'est pas surprenant que, dans un tel projet, la numérisation soit utilisée sous forme de Building Information Modeling (BIM). Andreas Häfeli, de Kalt+Halbeisen, évoque les avantages du BIM une fois la phase de conception terminée: «Avec le BIM, nous pouvons rapidement voir si le tracé des conduites est fonctionnel, en termes de coordination. Les relations sont visibles et les problèmes détectés plus tôt, ce qui per-

met d'élaborer des solutions plus facilement.» Ce faisant, afin d'obtenir un modèle et des données de grande qualité, il est important de considérer le BIM comme un travail d'équipe dans lequel tous les participants au projet s'impliquent de manière égale. «Une approche structurée, la réunion des données importantes concernant les installations et les composants, combinées à une attribution et à une modélisation 3D bien pensées, sont les pierres angulaires du BIM», souligne Thorsten Rehm.

Après les premiers appels d'offres, dans lesquels une exécution basée sur un modèle avec une plateforme de base de données était une condition préalable, il est apparu que toutes les entreprises ne disposaient pas encore de l'infrastructure numérique nécessaire pour se passer des plans papier traditionnels.

Malgré la grande euphorie que le BIM suscite, il convient de veiller à ce que le niveau de détail corresponde aux phases du projet. Un passage prématuré aux modèles 3D est susceptible de ralentir le processus de planification dans la mesure où la représentation



Figure 3 Au rez-de-chaussée, une grande place est accordée à la conception architecturale, ce qui offre une ambiance accueillante aux visiteurs.

détaillée des installations techniques du bâtiment donne une impression erronée de l'avancement du projet. En outre, le niveau de détail supposé peut conduire à des discussions dont la clarification ne serait nécessaire que dans des phases ultérieures du projet. La replanification de conduites modélisées en 3D peut être complexe et prendre du temps.

La technique doit être visible

Selon Isabelle Kaufmann, la complexité du bâtiment consignée dans le BIM ne doit pas être cachée, mais exprimée à travers le bâtiment: «Il existe des bâtiments bien plus spectaculaires que le HPQ en termes de matériaux, d'architecture ou de surface. En tant qu'architectes, nous nous

intéressons à la manière d'utiliser les exigences très spécifiques pour exprimer le fait que le HPQ est un bâtiment du département de physique.» Ceci est réalisé par exemple au niveau de la technique du bâtiment, en installant les agrégats pour l'évacuation de l'air pour lesquels il n'y avait pas de place dans le bâtiment, sur le toit à ciel ouvert. Mais le degré de technologisation est également communiqué à l'intérieur: la technique du bâtiment n'est pas dissimulée. Il y a beaucoup de béton apparent et d'éclairage direct. Les laboratoires sont fonctionnels et les bureaux sobres. Sans sa technique, le bâtiment serait spartiate.

En contraste avec ce minimalisme, dans les espaces publics du bâtiment,

les matériaux utilisés ont été délibérément conçus et employés de manière un peu plus fantaisiste (figure 3). Pour que les gens se sentent à l'aise en entrant dans le HPQ et que l'espace fonctionne, l'équipe de planification a travaillé intensivement à l'aménagement du rez-de-chaussée, avec le hall d'entrée et la cafétéria, jusqu'à obtenir une conception optimale. De cette manière, le HPQ permettra à l'avenir non seulement d'obtenir des résultats scientifiques de pointe, mais également de les communiquer au public de manière attrayante.

Auteur

Radomir Novotný est rédacteur en chef Electrosuisse.

→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf

→ radomir.novotny@electrosuisse.ch



SMART INFRASTRUCTURE VON SIEMENS

Creating environments that care

Smart Infrastructure verbindet auf intelligente Weise Energiesysteme, Gebäude und Industrien, um die Art, wie wir leben und arbeiten, weiterzuentwickeln und zu verbessern. Gemeinsam mit unseren Kunden und Partnern schaffen wir ein Ökosystem, das intuitiv auf die Bedürfnisse der Menschen reagiert und Kunden dabei unterstützt, Ressourcen optimal zu nutzen. Ein Ökosystem, das unseren Kunden hilft zu wachsen, das den Fortschritt von Gemeinschaften fördert und eine nachhaltige Entwicklung begünstigt.

[siemens.ch/smartinfrastructure](https://www.siemens.ch/smartinfrastructure)

SIEMENS



Gestion centralisée des charges et de l'énergie



Visualisation et optimisation de l'autoconsommation Solar Manager

- Installation simple et rapide avec une assistance locale
- Intégration de nombreux dispositifs indépendamment du fabricant et gestion des charges pour les infrastructure de bornes de recharge
- Pompes à chaleur gérées et optimisées dynamiquement directement via le réseau
- Priorisation de tous les appareils dans l'application, en fonction des besoins du client

N° d'article 952618

Une application pour tout : production PV, consommation, gestion des dispositifs tels que les stations de recharge, les pompes à chaleur ou des prises intelligentes



« Le Solar Manager est indispensable pour toute installation solaire. Il optimise et visualise la consommation personnelle. »

Tobias Bucher, Responsable de la catégorie Technique du bâtiment

