

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 32

Artikel: Ein Neubau für die Empa St. Gallen
Autor: Schläpfer, Kurt / Nideröst, Rémy
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79014>

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: 02.04.2025

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

Kurt Schlüpfer, St. Gallen, Rémy Nideröst, Dübendorf

Ein Neubau für die Empa St. Gallen

Im Juni 1996 hat die Empa St. Gallen einen Neubau im Westen der Stadt St. Gallen bezogen. Damit wird auch nach aussen sichtbar, dass sich die Empa von einer traditionellen Prüfanstalt zu einem modernen Technologieinstitut gewandelt hat. Der Bezug des Neubaus gibt die Gelegenheit, die an sich wohlbekannte Institution Empa mit ihren gewandelten Inhalten wieder einmal vorzustellen.

Die Empa wurde 1880 als Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien unter der Leitung von Prof. L. von Tetmajer im Kellergeschoss des Polytechnikums, der heutigen ETH, in Zürich gegründet. 1891 erhielt Tetmajer den Auftrag, die Ursache für den Einsturz der vom weltberühmten Ingenieur Gustav Eiffel erbauten Eisenbahnbrücke bei Münchenstein abzuklären. Es gelang ihm, in kurzer Zeit aufzuzeigen, dass die bisher zur Ermittlung der Knickspannung von Fachwerkelementen verwendete Euler'sche Hyperbel nur im elastischen Bereich des zur Diskussion stehenden Stahls verwendet werden darf. Gedrungene Stäbe im unelastischen Bereich mussten mit der heute nach Tetmajer benannten Geraden bemessen werden. Dieser, für die damalige Zeit entscheidende Beitrag rückte die Empa erstmals in das weltweite Interesse der Ingenieure.

Heute ist die Empa eine autonome, öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes innerhalb des ETH-Bereiches (1). An ihren beiden Standorten Dübendorf und St. Gallen beschäftigt sie insgesamt 740 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter - rund 550 Personen in Dübendorf und 190 in St. Gallen.

Heutige Ziele und Aufgaben der Empa

Prüftätigkeit und orientierte Forschung und Entwicklung bilden in der Empa zwei gleichgewichtige, einander unterstützende Tätigkeitsbereiche. In beiden Bereichen misst die Empa ihre Leistungen an international anerkannten Massstäben; bei der Auswahl der Gebiete gibt sie Arbeiten den Vorrang, die der Sicherheit von Mensch und Umwelt sowie der Qualitätssteigerung dienen. Im weiteren fördert sie Arbeiten, die die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft stärken. Die

Empa pflegt die Neutralität und Objektivität. Der Erfolg der Empa beruht auf zwei strategischen Erfolgspositionen (SEP):

- SEP 1
Die Fähigkeit, im Interesse des Landes exklusive Leistungen zu erbringen und dafür bekannt zu sein.
- SEP 2
Die Fähigkeit, ausgewählte Routinearbeiten äusserst effizient zu erbringen.

Im Rahmen dieser strategischen Erfolgspositionen erbringt die Empa Leistungen in folgenden Bereichen:

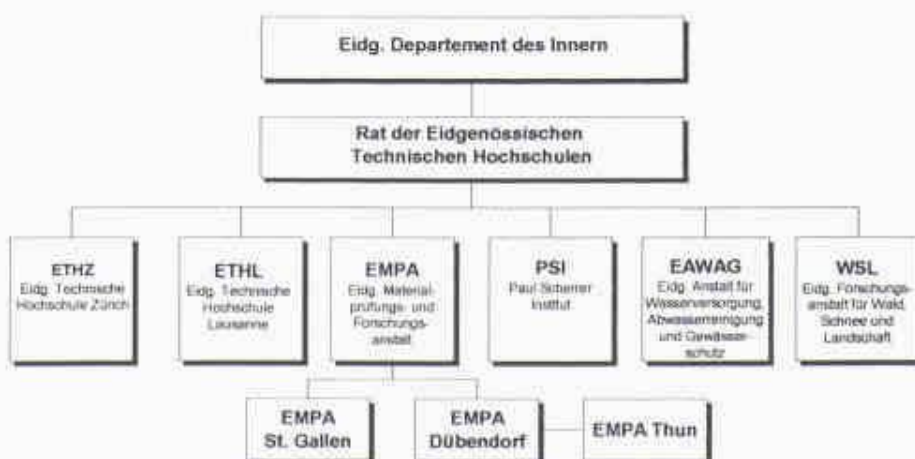
- Prüfungen und Beratung
- Forschung und Entwicklung, in erster Linie zur technisch, ökonomisch und ökologisch verbesserten Nutzung von Ressourcen und Materialien sowie zur Schaffung neuer Prüfmethoden und Prüfgeräte.
- Wissensvermittlung, indem sie Forschungsergebnisse veröffentlicht, am Unterricht der Eidgenössischen Technischen Hochschulen, der Universität St. Gallen für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und anderer Lehranstalten mitwirkt sowie Tagungen und Kurse durchführt oder unterstützt.
- Mitarbeit bei der Aufstellung von Vorschriften und normativen Bestimmungen in ihren Fachgebieten, soweit dies für die schweizerische Volkswirtschaft erforderlich ist.

Die Empa Dübendorf

Der Prüf- und Forschungsbereich Dübendorf bietet schwerpunktmässig Dienstleistungen auf dem Gebiet der Investitionsgüter an. Seine Kunden stammen hauptsächlich aus der Bau- und Metallindustrie. Für sie ist es in erster Linie wichtig, die Qualität der verwendeten Materialien zu kennen, sei es in bezug auf ihr Langzeitverhalten, ihr Verhalten unter dynamischen, statischen, physikalischen oder chemischen Einflüssen. Eine obligatorische Zulassung für Baustoffe gibt es in der Schweiz nur auf einigen Spezialgebieten, z.B. beim Brandschutz. In ihren Prüföfen testet die Empa auch ganze Konstruktionen auf ihren Feuerwiderstand. Dabei wird die Stabilität der Konstruktion, die Tragfähigkeit und die Begrenzung des Wärmedurchgangs ermittelt. In der Regel liegt die Verantwortung für den Einsatz eines Baumaterials jedoch beim jeweiligen Anwender. Ihm ist es überlassen, wie er sich in bezug auf die Qualität der Materialien absichern will. Die Empa Dübendorf bietet ihm dabei eine Fülle von Dienstleistungen.

Eine wichtige Tätigkeit der Empa ist auch die regelmässige Überprüfung von sicherheitsrelevanten Teilen an bestehenden Anlagen und Konstruktionen. So überprüft sie zum Beispiel im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr periodisch die Trag- und Zugschäfte aller konzessionierten Luftseilbahnen der Schweiz. Ein an der Empa entwickeltes Gerät wird dabei über das gesamte Seil geführt und prüft es zerstörungsfrei. Stellt man fest, dass es nicht mehr sicher genug ist, ist ein neues Drahtseil fällig. Dieses wird vor dem Einbau an der Empa mittels verschiedener Verfahren sorgfältig geprüft, unter anderem zur Ermittlung der Festigkeit, des Verformungsverhaltens und der Zugfestigkeit. Mit einer

1
Einordnung der Empa im Departement des Innern



Zerreissprobe wird zudem ermittelt, was das Seil maximal aushält. Erst nach Bestehen der Tests erteilt das Bundesamt die Zulassung, und das Seil darf verwendet werden. Neben den amtlich angeordneten, periodischen Überwachungen macht die Empa auch Sicherheitsabklärungen an einzelnen Objekten, z.B. an bestehenden Bauwerken. Nach dem tragischen Hallenbad-Unglück von Uster wurden vermehrt Deckenkonstruktionen von Bädern geprüft. In Einzelfällen musste die Empa auf einer Sanierung zur Sicherheit aller Benutzer bestehen.

Bei der Sanierung von Brücken und Kunstbauten leistet die Empa oft wichtige Vorabklärungen, die manchmal spektakulär anmuten. So ermittelt sie das dynamische (das heisst modale) Verhalten von Brücken mittels der Finite-Element-Methode, um nachher Empfehlungen zur Sanierung geben zu können. Die experimentelle Modalanalyse - so heisst das Verfahren, um reale Bauwerke zum Schwingen zu bringen -, kann ferner dazu dienen, die Sicherheit von Brücken zu testen oder um das Verhalten eines Staudammes bei einem Erdbeben abzuschätzen. Auf diesem Gebiet ist die Empa im In- und Ausland führend. So untersuchte sie beispielsweise die Aarebrücke in Aarburg, die Hochgeschwindigkeits-Bahnlinie Madrid-Sevilla, eine Autobahnbrücke in Berlin, die Stau-mauer Vieux Emosson und die Dalabrücke bei Leuk.

Die umfassenden Materialkenntnisse der Empa - teils aus der Prüfung gewonnen - kommen auch der Forschung zugute. So werden heute moderne Werkstoffe dank Empa-Projekten zur Verstärkung bestehender Gebäude eingesetzt. Ein Beispiel hierzu ist die nachträgliche Verstärkung mittels Kohlestoffasern (CFK). Das aus der Raumfahrt bekannte CFK wird heute oft anstelle von Stahl zur Sanierung von Brücken und Gebäuden eingesetzt. Diese neuen Anwendungsmöglichkeiten hat die Empa mit eigenen Forschungsarbeiten angeregt, konnte sie doch nachweisen, dass CFK gegenüber Stahl wesentliche Vorteile mit sich bringt.

Eine Weltpremiere war 1991 die nachträgliche Verstärkung und Sanierung der Ibachbrücke bei Luzern mit drei CFK-Lamellen, die in drei Nächten durch die Empa und eine Baufirma auf der Unterseite der Brücke angebracht wurden. Seither sind mit dieser Technologie in der Schweiz gegen 200 Objekte verstärkt worden, d.h., der Marktdurchbruch ist gelungen.

Gleichermassen dem Aktivitätsbereich Baustoffe wie dem Schutz der Umwelt zuzuordnen ist ein hochinteressantes Projekt der Empa Dübendorf, in dem es um die weitgehende Wiederverwertung



2

Organigramm der Empa St. Gallen

von Tunnelausbruchmaterial aus der Near als Zuschlagstoff zu Beton geht. Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass dieser Lösungsansatz sehr erfolgversprechend ist. Er erlaubt, das Deponieproblem und den Mangel an Kies gleichzeitig zu mildern.

Werkstoffe bilden seit jeher einen Schwerpunkt der Empa Dübendorf. Der Antrag des EMD, die ehemalige Sektion Materialprüftechnik in Thun in die Empa einzugliedern, bot 1994 eine willkommene Möglichkeit, diesen Schwerpunkt der strategischen Planung der Empa entsprechend zu verstärken. Die Abteilung «Werkstoff-Technologie Thun» bildet seit dem 1. Januar 1994 mit 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einen wichtigen Teil des Dübendorfer Ressorts «Metall-/Keramikwerkstoffe». Ihr Tätigkeitsgebiet wurde in enger Zusammenarbeit mit den ehemaligen Auftraggebern, mit der Wirtschaft und mit der Empa Dübendorf neu definiert und umfasst heute die drei Fachbereiche Hybridwerkstoffe, Moderne Beschichtungstechnik und Werkstoff-Charakterisierung. Die neu beschaffte Vakuumplasma-Spritzanlage zum Beispiel wird in der Beschichtungstechnik angewendet. Es ist dem Thuner Team in den letzten zwei Jahren gelungen, sich national und international einen Namen zu schaffen; so hatte die Abteilung bereits mit Forschungsgesuchen im Rahmen der europäischen Forschungsprogramme Erfolg.

Die Empa St. Gallen

Der Prüf- und Forschungsbereich der Empa St. Gallen beschäftigt sich vorwiegend mit Konsumgütern, während in Dübendorf Investitionsgüter im Vordergrund stehen. Dies entspricht einer Tradition, ist

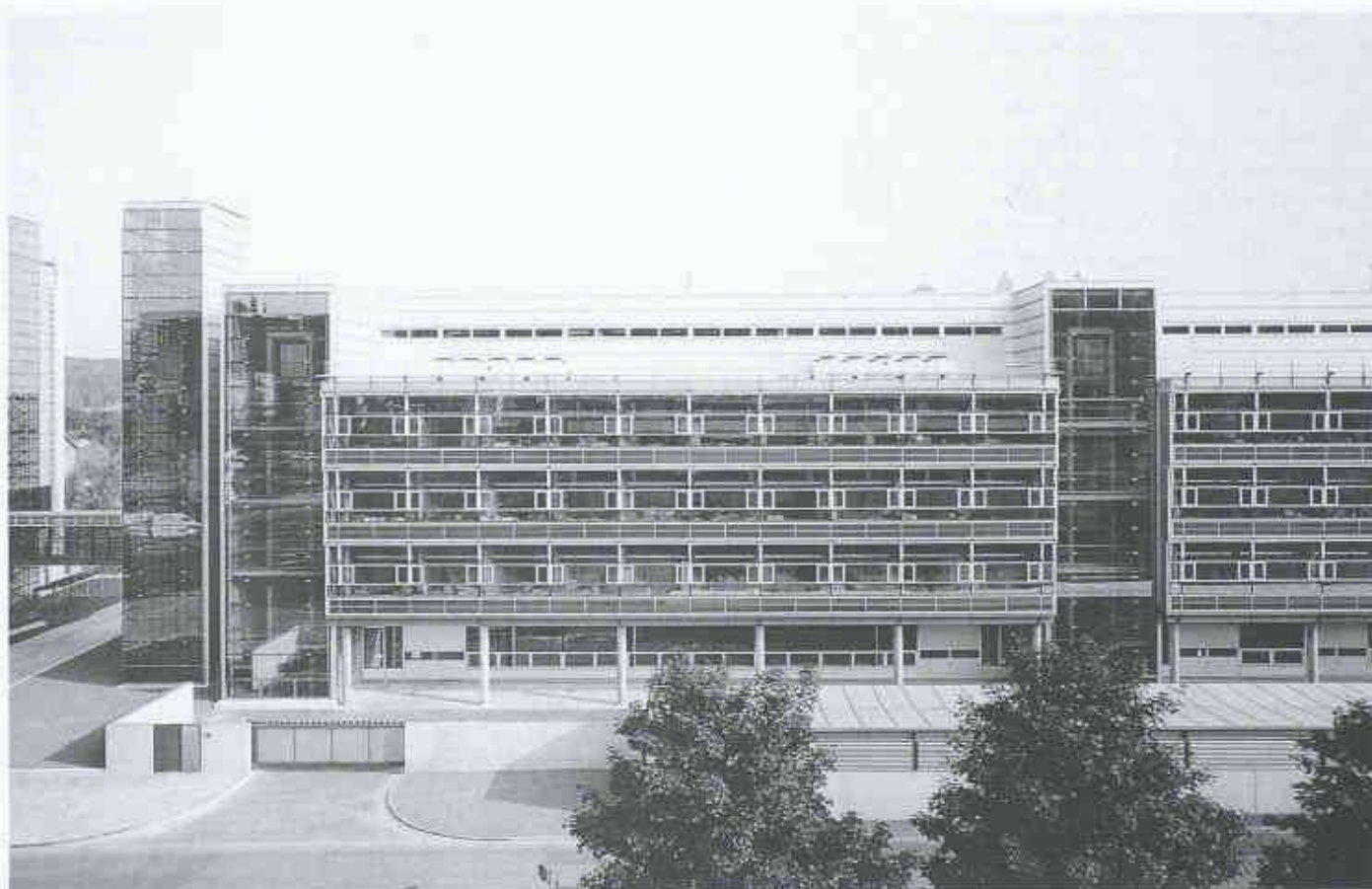
das Institut doch im Jahre 1885 als unabhängige «Garankontrollstelle» von der Ostschweizer Textilindustrie gegründet worden. Diese Tätigkeit wurde zunächst auf Textilien im allgemeinen ausgeweitet. Dann kamen weitere Faserstoffmaterialien wie Leder und Papier hinzu. Heute gliedert sich die Empa in sieben Fachabteilungen (2) mit 38 Geschäftsfeldern.

Textile Werkstoffe spielen an der Empa St. Gallen nach wie vor eine wichtige Rolle, wenn auch heute mehr im Bereich der technischen Textilien, indem z.B. Geotextilien oder medizinische Textilien zu den Kompetenzbereichen der Empa gehören. Ausgehend von Bekleidungsstoffen hat sich die Empa auch zunehmend mit Fragen der Bekleidungsphysiologie und mit dem Schutz des Menschen durch Bekleidung, Helme oder Handschuhe befasst. In der Abteilung «Sicherheit» sind ferner Gebiete angesiedelt, die sich speziell mit der Sicherheit des Menschen im Bereich des Sports befassen. Dazu gehören z.B. die Absturzsicherung oder Fallschuttmatten.

Der Faserwerkstoff Papier hat im Verlaufe der Jahre zu Kompetenzgebieten geführt, die in speziellen Anwendungen des Papiers liegen, wie z.B. in der grafischen Industrie oder in der Verpackung. Heute spielt der Werkstoff Papier an der Empa

Neubau der Empa St. Gallen in Zahlen

Gebäudeinhalt:	79 730 m ³
Gesamtgeschossfläche:	17 195 m ²
Hauptnutzfläche:	8 490 m ²
Vom Parlament bewilligter Objektkredit	
(inkl. Einrichtungskredit)	96,8 Mio. Fr.
Empa-Personal (Juni 1996):	189 Personen



3

Neubau der Empa St. Gallen. Labortrakt

keine dominierende Rolle mehr, da im Verpackungsbereich Kunststoffe von weit grösserer Bedeutung sind. In der grafischen Industrie hat sich die Empa St. Gallen in den letzten Jahren zunehmend den Verfahren in der Druckvorstufe (Bildverarbeitung, Druckformenherstellung, Datenspeicherung) angenommen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Bildbeurteilung und Prozesssteuerung im Mehrfarbendruck.

Aus den Bedürfnissen im Bereich der Expertenrätigkeit und der Schadenfallabklärung sind schon in frühen Jahren Empa-Labors auf dem Gebiet der Chemie und der Biologie entstanden. Diese Labors, die ursprünglich primär interne Dienstleistungen erbracht haben, haben sich heute mit eigenen Kompetenzgebieten profiliert. So ist die Abteilung «Biologie» vor allem auf den Gebieten des Holzschutzes und der Mikrobiologie von Baustoffen international anerkannt. Die Abteilung «Chemiebau» zurzeit ein akkreditiertes Labor für Referenzsubstanzen auf, ist daneben aber vor allem im Bereich der Umweltanalytik bekannt geworden.

Die Umwelttechnik gewinnt an der Empa St. Gallen eine zunehmend grössere Bedeutung, indem die Gruppe «Ökobilanzierung», die ursprünglich zur Beurteilung von Verpackungsmaterialien aufge-

baut wurde, nun international in Fragen der Bilanzierungsmethodik eine führende Rolle spielt. Dazu hat unter anderem die Entwicklung einer Software für Ökobilanzierung, die heute weltweit verkauft wird, massgeblich beigetragen.

Warum ein Empa-Neubau?

Das Gebäude der Empa St. Gallen stammt aus den Jahren 1912-1914. Die ursprüngliche Zweckbestimmung des Gebäudes entspricht nicht mehr der heutigen Verwendung und den heutigen Ansprüchen, die an die Tätigkeit der Empa St. Gallen gestellt werden. Zudem sind die verfügbaren Räumlichkeiten für die heutigen Bedürfnisse zu klein und zum Teil ungenügend. Im speziellen betrifft dies:

- Die Gebäudekonstruktion eignet sich nicht für einen modernen Prüfbetrieb und die Bearbeitung von Forschungsprojekten, da einerseits Grösse und Höhe der Räume beschränkt sind und andererseits die Stabilität des Gebäudes Präzisionsmessungen im Mikrometerbereich kaum mehr zulässt.

- Das heutige Gebäude erlaubt es nicht, Prüf- und Laborräume so zu klimatisieren, dass sie den Anforderungen an die mo-

derne Prüf- und Forschungstätigkeit entsprechen.

- Die Vorschriften für europäisch anerkannte Referenzlaboratorien lassen sich bezüglich Infrastruktur, technischer Ausrüstung und Ablauf der Prüfungen im heutigen Gebäude nur mit grössten Schwierigkeiten und hohen zusätzlichen Kosten verwirklichen.

- Das heutige Raumangebot für die Prüfabteilungen ist zu klein. Einzelne Prüfräume mussten deshalb bereits ausserhalb des Gebäudes untergebracht werden, was Umtriebe, Erschwernisse und Mehraufwand im Ablauf mit sich bringt. Es ist zudem nicht möglich, neue Tätigkeitsgebiete im Rahmen der Empa-Strategie in Angriff zu nehmen. Diese verlangt vor allem die Verstärkung der Forschung und Entwicklung sowie der Beratung und Wissensvermittlung auf Gebieten, die der Sicherheit von Mensch und Umwelt dienen.

Zunächst wurde zur Behebung dieser Einschränkungen und baulichen Auflagen eine Erweiterung des bestehenden Gebäudes in Betracht gezogen. Eingehende Untersuchungen zeigten jedoch, dass einer Erweiterung u. a. wegen der Begrenzung des jetzigen Grundstücks durch eine

Durchgangsstrasse sowie der Bauhöhe auf 18 m sehr enge Grenzen gesetzt sind, die mittel- und langfristig keine brauchbare Lösung zulassen. Angesichts des Interesses der Region und der Wirtschaft an der Empa St. Gallen sowie mit Blick auf die Beibehaltung dezentraler Bundesstellen erwarb der Bund in der Folge in St. Gallen ein geeignetes Grundstück für einen Neubau an verkehrsgünstiger Lage.

Zum Bauprojekt

1988 fand ein Projektwettbewerb unter Beizug der Behörden der Stadt St. Gallen statt, aus dem das Projekt von Theo Hotz, Zürich, als Sieger hervorging. 1989 wurde der Projektierungskredit vom Bundesrat bewilligt und als Baubotschaft dem Parlament vorgelegt. Im Januar 1991 lag dann der Parlamentsbeschluss für das Bauvorhaben vor und ein Jahr später die Baubewilligung.

Die weiteren Etappen waren der Spatenstich im März 1993, das Aufrichtefest im Juni 1995 und der Beginn des Neubaubezuges im April 1996.

Das Raumprogramm und die Raumausstattung entsprechen den Anforderungen, die an die Abwicklung der Prüfungsaufträge sowie an die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gestellt werden. Sie sehen überwiegend natürlich belichtete Laboratorien mit den Normprüfklimata 20 °C und 65 Prozent relative Feuchtigkeit (r.F.), 23 °C und 50 Prozent r.F. oder mit normaler Belüftung vor, des weiteren künstlich belichtete Versuchsräume mit technischer Ausrüstung, nebst Büros, Archiven und Materiallagern. Zentrale Werkstätten dienen allen Abteilungen für die Entwicklung und den Bau von Prüf-einrichtungen und für den Unterhalt der haustechnischen Infrastruktur.

Der Zuwachs von 1120 m² BGF oder 16 Prozent ist zur Sicherung einer anforderungsgerechten und optimalen Abwicklung der Prüf- und Forschungsarbeiten auf längere Sicht unumgänglich.

Technologiezentrum für die Euregio Bodensee

Die Empa St. Gallen wird mit dem Bezug ihres Neubaus ein Technologiezentrum für die Euregio Bodensee (genannt TEBO) in Betrieb nehmen, das mit Schwerpunkt der Jungunternehmerförderung und dem Technologietransfer verpflichtet sein wird. Aufgrund der Bedeutung, welche die Empa dem Gebiet des Technologietransfers in Zukunft beimessen möchte, hat sie sich auch entschlossen, in ihrer ab Anfang 1996 gültigen Organisation eine eigene Abteilung mit der Bezeichnung 'Technologietransfer' zu führen.



4
Empa St. Gallen, Verbindungspassierelle
zwischen Verwaltungs- und Labortrakt

5
Empa St. Gallen, Verwaltungstrakt links, Labor-
trakt rechts



**Neubau der Empa St. Gallen:
Konzeptionelle Grundgedanken zum
Architekturstandard des Empa-Neubaus**

Struktur:

Einfache Stahlbetonkonstruktionen, bestehend aus einem Stützenraster mit Flachdecken und aussteifenden Medien- und Liftschächten.

Auf Gebäudestruktur (5-Bünder) optimierter Gebäuderaster.

Fassade:

Addition grosser Fassadenelemente.

Glatte Fassade mit hohem Selbstreinigungsgrad und geringem Unterhaltsaufwand.

Nutzungsspezifisch optimierte Fassadenelemente, d.h. Reduktion von Fugen und offenen Teilen auf das absolut Notwendigste.

Anwendung von Nachtauskühlklappen zur Unterstützung der laborseitigen Lüftungsanlage und büroseitig zur Gewährleistung eines optimalen Raumklimas ohne Klimaanlage.

Verzicht von Sonnenschutzmassnahmen auf der Labor-Nordwestseite, die ermöglichen, mit einfachen Raumtrennelementen flexibler und auswechselbar auf erhöhte Klimaanforderungen reagieren zu können.

Anwendung von ausschliesslich rezyklierbaren Materialien.

Innenausbau:

Einfacher Innenausbau aus Sicht-Kalksandstein+Betonwänden sowie verputzten Gipswänden.

Sichtbare rohe Betondecken in den Labors. Aus akustischen Anforderungen einfache Metalldecken in den Büros und Korridoren.

Bodenkonstruktion aus monolithischem Zementüberzug (keine schwimmenden Böden).

Bodenbelag aus strapazierfähigem Linoleum, mit Ausnahme der Werkstätten (Epoxi-Industriebodenbelag), einzelnen Labors, die aus benutzerspezifischen Gründen mit Plattenbelag ausgestattet wurden (z.B. Brennraum) sowie den Treppenhäusern (Natursteinböden, feuerpolizeiliche Auflage, nichtbrennbare Materialien zu verwenden) und den öffentlichen Bereichen des Erd- und Obergeschosses im Verwaltungstrakt.

Vereinheitlichung von Tür- und Wandelementen, die in der grossen Stückzahl kostengünstig produziert werden konnten.

Haustechnik:

Durch den Architekten vorgegebene einfache Installationsstruktur, die auf den Gebäuderaster abgestimmt und elementartig aufgebaut wurde. Daraus entstehende einfache Installation durch sich immer wiederholende Elemente. Dieses Konzept garantiert auch langfristig, sich möglichen Veränderungen anzupassen.

Offene Leitungsführung.

Natürlich belüftete Büros.

Einfache Konvektoren/Radiatorenheizung (Ausgenommen EG+LOG VB mit Bodenheizung).

Das TEBO will in Verbindung mit der Empa St. Gallen der Wirtschaft der Euregio Bodensee folgende Arten von Dienstleistungen anbieten:

- Starthilfe für die Neugründung von Unternehmen durch fachliche Unterstützung, Bereitstellung der Empa-Infrastruktur und Vermietung von Räumen
- Apparatpool: Bereitstellung des Empa-Geräteparks für externe Benutzer
- Wissenstransfer: Vermittlung von Know-how aus den Bereichen Werkstoffe, Umwelt und Messtechnik an die Industrie, besonders aber an kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) mit dem Ziel, neue Verfahren oder Produkte zu entwickeln
- Vermittlung von Beratungsleistungen von externen Partnern, z.B. im Hinblick auf Neugründungen oder bezüglich betriebswirtschaftlicher oder organisatorischer Probleme.

Damit sollen folgende Ziele erreicht werden:

- bessere Nutzung der Technologieinstitution Empa
- Aufwertung des Technologiestandorts St. Gallen/Euregio Bodensee
- Anziehungspunkt für neue Unternehmen
- Schaffung neuer Arbeitsplätze

Die Empa legt Wert auf die Feststellung, dass mit dem Technologiezentrum TEBO keine bestehenden Institutionen konkurrenziert werden sollen, und dass sich das TEBO auch nicht als Technologie-Park im Sinne bekannter Vorbilder (Zürich, Yverdon) versteht. Es wird auch nicht der Anspruch erhoben, dass das TEBO im Bereich Wissenstransfer und Beratung allein kompetent ist, sondern es wird ausdrücklich die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen in diesem Bereich angestrebt, insbesondere mit den Fachhochschulen. Durch diese wechselseitige Beziehung sollen sowohl die Partner der Empa als auch die Empa selbst Nutzen zugunsten ihrer Tätigkeit und ihres Marktes ziehen können.

Adresse der Verfasser:

Kurt Schlappfer, dipl. Ing., ETH, Dr. sc. techn., Empa St. Gallen, Unterstr. 11, 9001 St. Gallen, und René Nideröst, Empa Dübendorf, Überlandstr. 129, 8600 Dübendorf

Fotos: Markus Fischer, Zürich