

# Neue Gebäude mit leichtem Gepäck

Autor(en): **Leibundgut, Hansjörg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **118 (2000)**

Heft 26

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79942>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hansjörg Leibundgut, Zürich

# Neue Gebäude mit leichtem Gepäck

**Neue Erkenntnisse und Technologien verändern die Technik am Bau nachhaltig. Insgesamt ist eine deutliche Verschlankung der haustechnischen Installationen mit Auswirkungen auf die Architektur sowie die Investitions- und Wartungskosten festzustellen.**

In den vergangenen 25 Jahren beeinflussten zwei Tendenzen der Technik das Bauen in der Schweiz. Die eine Tendenz: Das «intelligente Gebäude» brachte die Technisierung am Arbeitsplatz mit mehr Geräten, Kabeln und Abwärme - und damit mehr Rohren und Kanälen - in die Gebäude. Die Gebäudeautomation verlangte nach noch mehr Kabeln und nach einer höheren Komplexität mit grossem Raumbedarf: Voluminöse Hohlräume in Doppelböden, in abgehängten Decken und in Schächten wurden mit Technik gefüllt und die Raumluft damit von der Gebäudemasse entkoppelt (Bild 1). Mangels thermisch aktiver Masse führten innere und äussere Wärmelasten sehr rasch zu unbehaglich hohen Raumlufttemperaturen - Kühlsysteme mussten flink reagieren. Leistungsstarke Lüftungsanlagen bzw. grossflächige Kühldecken mit meist komplexer Steuerung wurden zum unerlässlichen Teil des Gebäudes, mit allen Konsequenzen für die Gestaltung und die Kosten. Um das «in-

telligent building» entwickelte sich ein stattlicher Industriezweig und agiert heute, im Jahr 2000, in bislang einmaliger Grösse und Vielfalt am Markt.

Doppelböden und abgehängte Decken beanspruchen Raumhöhen von 50 bis 70 cm - und dies keineswegs selten. Bei 2,6 m lichter Geschosshöhe und 25 cm Deckenstärke sind dies 15 bis 20% des Gebäudevolumens. Zentralen und Schächte belegen in solchen Gebäuden 8 bis 10% der Geschossfläche und - aufgrund der häufig hohen Räume - 10 bis 12% des Gebäudevolumens. Es finden sich heute unzählige so genannt komplexe Dienstleistungsgebäude, in denen 25 bis 30% des Gebäudevolumens von der Technik beansprucht werden. Energetische Analysen [1] weisen nach, dass der Energieverbrauch der Bürogeräte nur 8 bis 10% des Elektrizitätsverbrauchs ausmacht, die Klimatechnik aber 25 bis 30% (Bild 2 und 3).

## Das intelligent gebaute Gebäude

Eine zweite, völlig anders gerichtete Tendenz geht auf die späten Achtzigerjahre zurück. Das Hoch-Isolations-Technologie-Fenster (HIT-Fenster) ermöglichte einen deutlich verbesserten Wärmeschutz mit U-Werten unter  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Elemente waren indessen so teuer, dass die Fassade nur bei Gebäuden mit deutlich reduzierten

Technikkosten zum Einsatz kam. Aus der Not entwickelte sich eine Tugend: Unter dem Begriff Batiso (Bâtiment isothermique) wurde ein selbstregulierendes Gebäude propagiert, bei dem innerhalb der hoch wärmedämmenden und gut beschatteten Bauhülle die Gebäudemasse stets 23 bis 24°C warm ist. Pilotobjekte wie das Bürohaus der Rutishauser AG in Stäfa belegten Ende der Achtzigerjahre die Richtigkeit dieses Ansatzes [2] (Bild 4).

## Neue Bauelemente und besseres Verständnis der Physik

### Neue Verglasungen

Die Provokation des HIT-Fensters löste bei den Glas- und Fensterherstellern einen kräftigen Entwicklungsschub aus. Die U-Werte der Verglasungen sanken kontinuierlich und liegen heute fast durchwegs unter  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Werte unter  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$  sind Stand der Technik. Stark verbessert wurden auch die Rahmen (U-Werte deutlich unter  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

### Hohe Wärmedämmung der opaken Bauteile

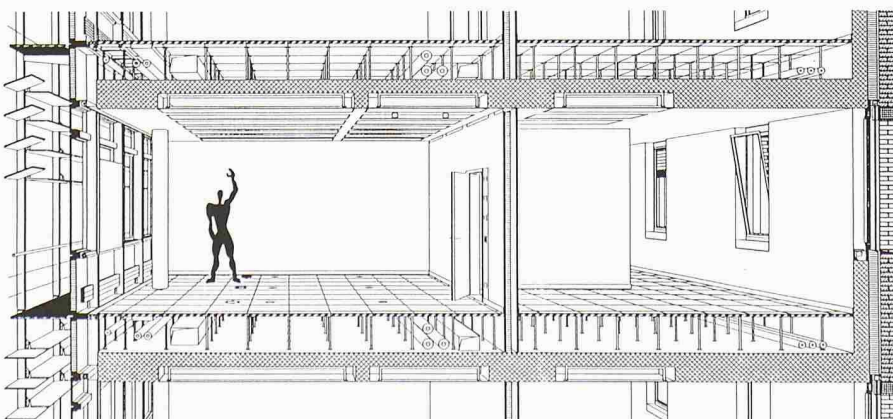
Geringfügige Verbesserungen von Wärmedämmmaterialien und insbesondere der Einbau grösserer Dämmstärken - in Fassaden mehr als 14 cm, im Dach mehr als 18 cm - senken die Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle.

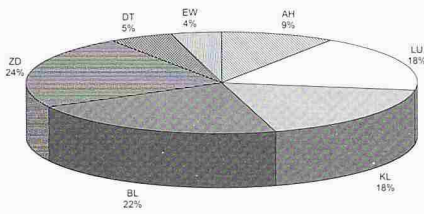
### Effiziente Lüfterneuerung

Dichte Bauhülle, mechanische Lüftung mit kleinen Lufraten und Wärmerückgewinnung mit hohen Rückwärmzahlen sind Merkmale eines Trends der Achtzigerjahre. Die Lüfterneuerungsanlage deckt in erster Linie den Aussenluftbedarf der Menschen im Gebäude, und die Luft transportiert mit Vorteil weder Heiz- noch Kühlenergie. (Anmerkung: Bei sehr geringem spezifischen Heiz- und Kühlenergiebedarf sind heute Nur-Luftsysteme wieder ein Thema.) Eine spezifische Aussenluftfrate von 4 bis  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  ist für übliche Büronutzung ein allgemein akzeptierter Wert. Mit unterschiedlichen Lösungen werden bis zu 80% der Wärme aus der Abluft auf die Aussen- oder Zuluft übertragen. Mit Wärmepumpen lässt sich die Fortluft sogar unter die Temperatur der Aussenluft abkühlen. Zuluft wird auf eine Temperatur von 18 bis 20°C erwärmt bzw. gekühlt, d.h. den Nutzräumen muss im Winter lediglich die Wärme zugeführt werden, die durch die Gebäudehülle verloren geht. Noch rund 20 W beträgt die Heizleistung pro Quadratmeter Nutzfläche.

1

Bürogebäude der 80er-Jahre: Doppeldecken und Hohlböden entkoppeln die Raumluft von der Gebäudemasse. Komplexe Haustechnik in den Hohlräumen mit aufwendiger Steuerungstechnik regelt die Raumlufttemperatur

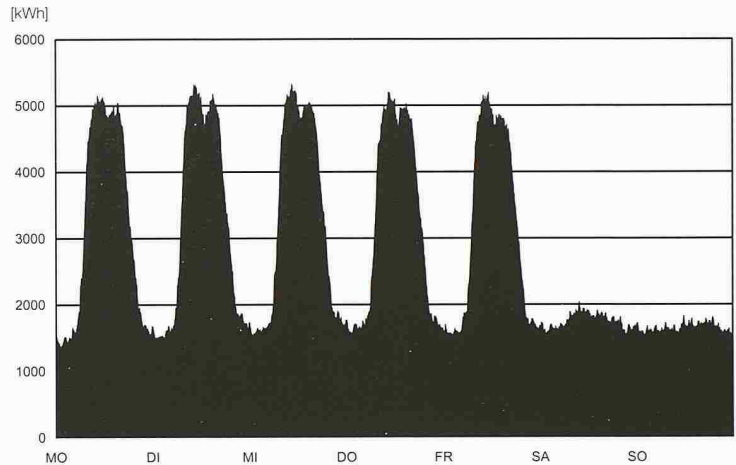




2

In komplexen Gebäuden beschäftigt sich die Technik mit sich selbst: zu einem grossen Teil führt sie Wärme ab, die sie selbst produziert. Die Grafik zeigt den Elektrizitätsverbrauch nach Verwendungszwecken [1].

AH: Arbeitshilfen, BL: Beleuchtung, DT: diverse Technik, EW: Elektrowärme, KL: Kälte, LU: Lüftung, ZD: zentrale Dienste (EDV usw.)



3

Stättlicher Stand-by-Sockel in einer Summenkurve des elektrischen Leistungsbedarfs von 32 Bauten während einer Woche, nach [4]

**Die Renaissance der Deckenheizung**

Mit einem Anteil der Heizfläche an der Deckenfläche von 75% ist bei spezifischen Heizlasten von 20 W/m<sup>2</sup> (Bodenfläche) eine Deckenoberflächentemperatur von lediglich 25 °C erforderlich, um den Raum bei -8 °C Aussentemperatur auf einer Temperatur von 20 °C zu halten.

In Deutschland werden einige Gebäude über Kühldecken beheizt, in der Schweiz setzen sich seit 1995 thermoaktive Betondecken durch. Dank tiefen Heiztemperaturen sind die über Bauteile konditionierten Räume äusserst behaglich.

**Kühlung durch thermoaktive Decken**

Mit kleinen Luftmengen von 4 bis 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h lassen sich nur sehr geringe Wär-

memengen aus Räumen abführen (10 bis 12 W/m<sup>2</sup>). Die «Entwärmung» des Gebäudes über einbetonierte Rohrregister in den Decken erweist sich dagegen als höchst wirkungsvoll.

In die Rohrregister strömt Kühlwasser mit einer Temperatur von 18 bis 20 °C. Im Register erwärmt sich das Wasser auf 23 bis 25 °C und entzieht damit der Baumassee Überschusswärme. Die Masse der Betondecke wirkt als thermischer Speicher, dessen Temperatur zwischen 22 und 26 °C pendelt. Die Wärme wird in heissen Perioden während 24 Stunden pro Tag abgeführt - pro Quadratmeter Deckenoberfläche lässt sich so pro Tag bis zu einer Kilowattstunde Wärme ableiten (Bild 5 und 6).

**Kleine technische Anlagen**

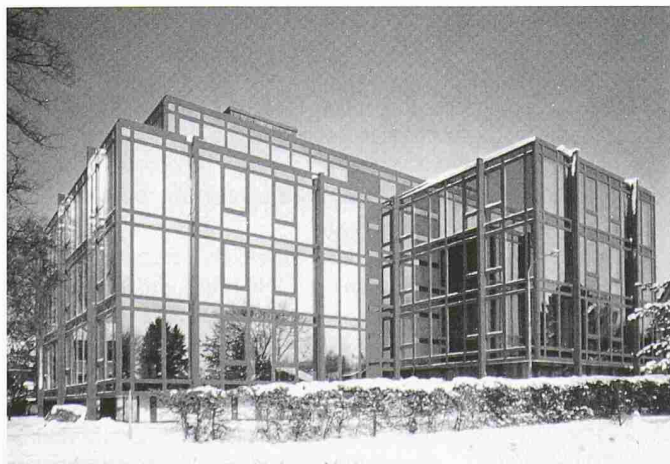
Die Heizungsanlage ist klein, weil der Heizenergiebedarf klein ist (gute Fenster, gute Dämmung, geringer Luftwechsel, hohe Wärmerückgewinnungsrate). Die Lüftungsanlagen werden klein, weil nur noch die hygienisch notwendige Aussenluftmenge gefördert wird. Die Kälteanlage wird klein, weil die Wärme kontinuierlich - z.B. während 24 Stunden am Tag - entzogen wird.

**Offene Decken und Raumakustik**

Die Untersicht der Betondecke wird zum Wärmetauscher zwischen der Raumluft und der Gebäudemasse. Konvektion und Strahlung wirken ähnlich stark, weshalb die Deckenuntersicht raumseitig

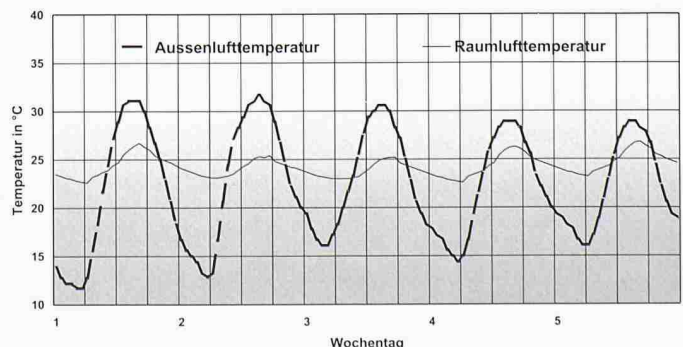
4

Ein Pilotprojekt mit grosser Wirkung: Das Bürohaus der Rutishauser AG in Stäfa, das 1988 vollständig mit hochdämmenden Fassadenelementen ausgerüstet wurde. (U-Werte der HIT-Elemente insgesamt 0,8 W/m<sup>2</sup>K, Verglasung 0,65 W/m<sup>2</sup>K, Rahmen 1,2 W/m<sup>2</sup>K). Architekt: Pendt AG, Gossau, nach [2]



5

Messungen an ausgeführten Objekten bestätigen die Theorie in der Praxis. Die Rohrregister in den Betondecken werden mit Kühlwasser von rund 19 °C durchströmt. Die Raumtemperatur schwankt zwischen 22 °C am Morgen und 25 °C am Abend während einer hochsommerlichen Hitzeperiode





6

Informationszentrum der Franke AG in Aarburg. Besondere Merkmale sind hochdämmende Fenster und thermoaktive Decken zur Heizung und Kühlung der Räume. Messresultate belegen hohen Komfort bei gleichzeitig tiefen Energieverbrauchswerten. Architekten: Peter Frei und Christian Frei, Aarau, Technik am Bau: Amstein + Walthert, Zürich

nicht gedämmt sein darf (Bild 7). Glatte Decken, ob Sichtbeton oder vergipst, sind schallhart, und in Räumen von mehr als 40 m<sup>2</sup> Grösse ist die Raumakustik ohne Schallabsorption nicht befriedigend. Eine Lösung bieten thermisch leitende Akustik-elemente, die seit 1999 erhältlich sind. Bei sehr guten akustischen Eigenschaften erreichen die schallabsorbierenden Deckenelemente 90% der thermischen Leistungsfähigkeit einer nackten Decke [3] (Bild 8).

7

Raumfolge im Informationszentrum der Franke AG: Nackte Deckenuntersichten begünstigen die thermische Koppelung von Raum und Bauteil



### Neue Installationstechnik macht den Doppelboden überflüssig

Der Doppelboden wurde erst Anfang der Achtzigerjahre eingeführt und sollte die Flexibilität hoch installierter Büroräume garantieren. Damals gab es noch keine adressierbaren Schaltelemente für das 220-V-Netz. Jede Leuchte, jeder Storenmotor, jedes elektrisch betriebene Ventil wurde von der Schaltfläche aus mit einzeln ge-

schalteten Phasen angespeist. Dank vollflächig nutzbarem Hohlraum im Doppelboden und in der abgehängten Decke können elektrische Kabel nachträglich verlegt werden. Der Doppelboden kam auch der EDV-Verkabelung entgegen: Ausgehend von einem Etagen-Switch wurde - und wird noch heute - jedes Gerät mit einem eigenen Kabel verbunden. Da die einzelnen Kupferkabel relativ dick sind und in der Nähe des Etagen-Switch viele einzelne Kabel zusammenlaufen, werden Kabelstränge ziemlich umfangreich. Die Gewerke Heizung, Kälte und Lüftung wiederum nutzen den Doppelboden, indem sie dort Rohre, Kanäle, Klappen und Ventile unterbringen.

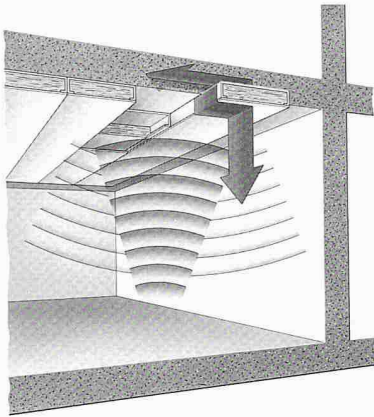
Die Bustechnologie (EIB, LON usw.) für die Starkstromtechnik einerseits und die Glasfasertechnologie für die Kommunikationstechnik andererseits ermöglichen es seit kurzer Zeit, auf vollflächige Hohlräume im Bodenbereich zu verzichten. Mit Verteiltrassen und Leerrohren im Betonboden sowie punktförmig angeordneten Bodendosen ist eine Infrastruktur für Starkstrom und Kommunikation mit genügend hoher Flexibilität garantiert (Bild 9).

### Die Gebäudeautomation wird einfacher

Thermoaktive Decken sind selbstregulierende physikalische Systeme. Im März 1999 nahm ein Bürogebäude, in dem ausserhalb der Heizzentrale kein gesteuertes Heizventil eingebaut ist, den Betrieb auf. Die Raumtemperatur stellt sich durch den Selbstregelungseffekt der thermoaktiven Decken und Böden (kein Doppelboden) in engen Toleranzen und innerhalb der Komfortgrenzen selbst ein. Bei Gebäuden mit sehr kleinen Luftraten (4 bis 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h) macht eine variable Volumestromregelung wenig Sinn. Es ist energetisch und ökonomisch vorteilhafter, die Luftmenge nur noch zeitabhängig (Standby-, Schwachlast- oder Normbetrieb) zu steuern und nicht mehr mit Klappen zu regeln. Der Energieverbrauch infolge des Druckverlusts der Klappen ist grösser als derjenige infolge zeitweise leicht zu hoher Luftmenge. Die Gebäudeautomation wird in solchen Gebäuden sehr einfach.

### Der Raumbedarf für die Technik wird klein

Die im Vergleich zu früher kleinen zentralen Geräte für Heizung, Lüftung und Kälte usw. benötigen kleine Technikzentralen mit einem Anteil an der Geschossfläche von lediglich 4 bis 5% statt der bisherigen 8 bis 10%! Ohne Hohldecken und ohne Doppelboden schwindet der Raumbedarf für die Technik (Bild 10 und 11).



8 (links)

Thermisch leitende Akustikpaneele «Akustiktherm» erreichen bei hoher Schallabsorption 90% der Heiz- bzw. Kühlleistung einer nackten Betondecke. Hersteller: Schneider Dämmtechnik AG, Winterthur, nach [3]

9 (unten)

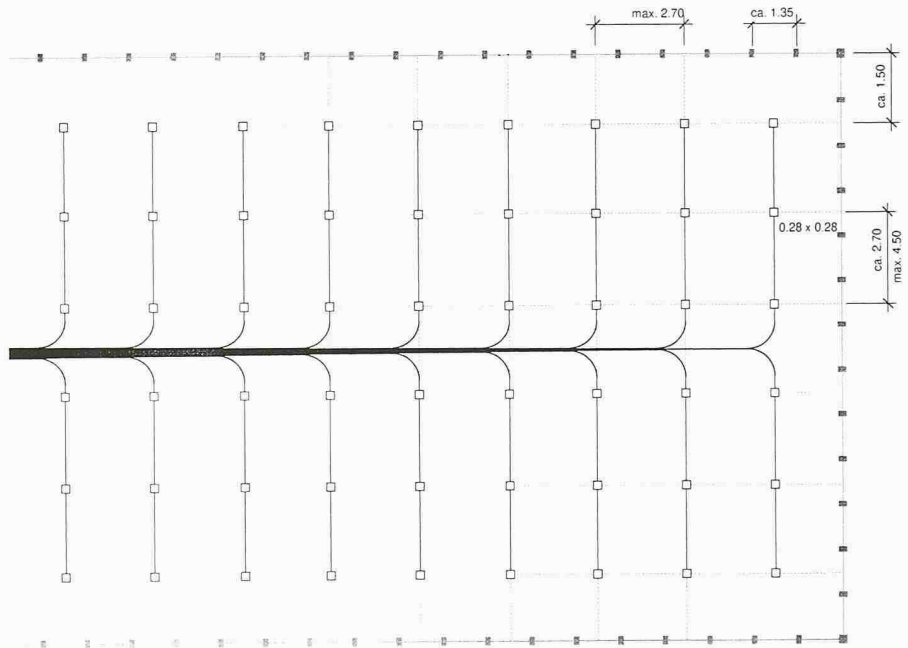
Mit Längstrassen, Unterflur-Leerrohren und punktförmig angeordneten Bodentanks in objektspezifischer Dichte besteht ein ausreichendes Angebot für die Elektro- und Kommunikationstechnik. Befehle für Beleuchtung, Storen, Ventile usw. können via Infrarot, Funk oder PC-Programme übermittelt werden. Trennwände sind somit frei von Elektroinstallationen

### Erdsonde und Wärmepumpe ergänzen das Gebäude ideal

Ein geringer Heizenergiebedarf, Heizungs- vorlauftemperaturen unter 30 °C und Kühlwassertemperaturen um 18 °C sind ideale Voraussetzungen für eine thermische Kopplung des Gebäudes mit dem Erdreich. Erdsonden mit Tiefen von 150 bis 200 m erschliessen ein Energiereservoir unter dem Grundstück mit enormer Masse, das durch geothermische Energieströme aus dem Erdinnern mit Wärme versorgt wird (die betroffene Erdmasse ist typischerweise 500- bis 1000-mal grösser als die Gebäudemasse, Bild 12). Richtig bewirtschaftet bleibt die Temperatur dieses Reservoirs über Jahrzehnte innerhalb der Bandbreite von +3 °C am Ende der Heiz- und +14 °C am Ende der Kühlperiode. Mit Wärmepumpen wird im Winter Energie aus dem Erdreich von 5 °C auf ein Temperaturniveau von 25 bis 30 °C transformiert, im Sommer lässt sich das Erdreich ohne Kältemaschine direkt zur Kühlung von Räumen nutzen. Im Sommer füllt Abwärme aus dem Gebäude das Energiereservoir des Erdreichs zusätzlich zum natürlichen Energiestrom auf. Der kleine Temperaturhub von 20 bis 25 K ist günstig für den Betrieb von Wärmepumpen (Leistungsziffer). Mit handelsüblichen Maschinen braucht es für vier Energieeinheiten Erdwärme noch eine Energieeinheit Strom. In 10 Jahren wird das Verhältnis 6 zu 1 betragen.

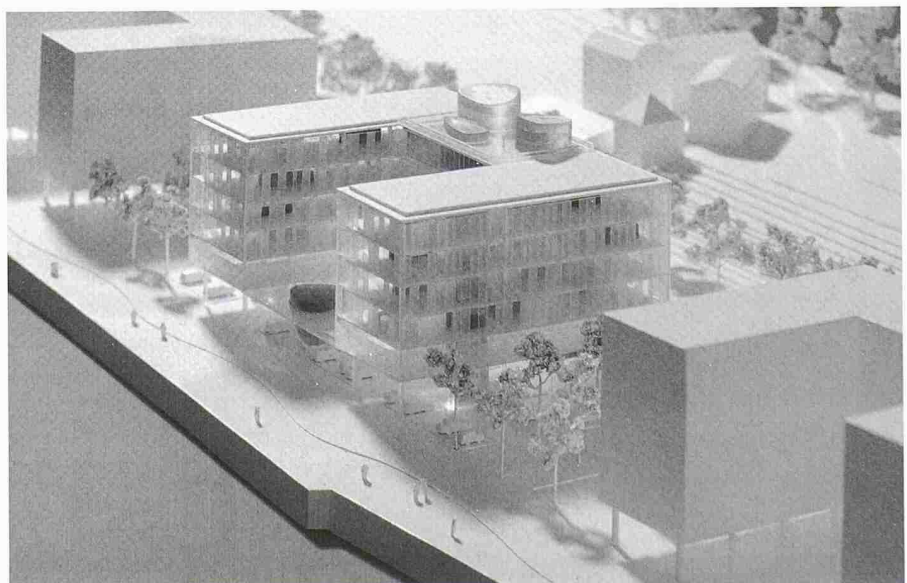
### Elegante Lösungen erfordern enge Zusammenarbeit

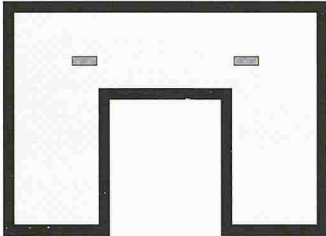
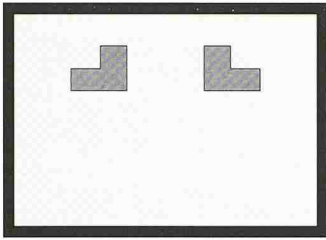
Technische Installationen beanspruchen in den eigentlichen Nutzgeschossen keine zusätzlichen Hohlräume mehr – ein Fazit dieser Ausführungen. Andererseits ist streng darauf zu achten, dass die Installationen ohne grossen Aufwand und ohne Beeinträchtigung der Primärstruktur jederzeit



10

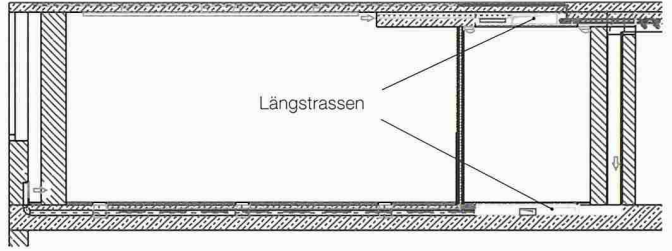
Objekt Neumühlen II, Hamburg, mit minimierten Flächen- und Volumenanteilen für die Technik. Architekt: Grüntuch/Ernst, Berlin, Technik am Bau: Amstein + Walthert, Zürich





11

Flächenbedarf für die gesamte Technik im Projekt Neumühlen II, Hamburg. Der Flächenbedarf für die Technik beträgt bezogen auf die gesamte Nutzfläche 3,2%

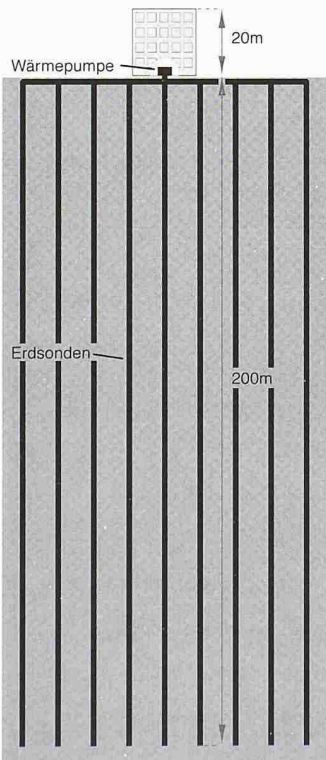


13

Schnitt durch die Deckenkonstruktion des Projekts Andreasstrasse in Zürich. In den beiden Längstrassen im Boden und in der Decke werden sämtliche Medien horizontal in die Nutzflächen verteilt. Der Übergang von der horizontalen Medienverteilung in die vertikalen Technikschränke ist äusserst anspruchsvoll und bedarf sehr sorgfältiger Planung. Bauherrschafft: Allreal GU AG, Architekt: Leuner + Zampieri, Zürich, Technik am Bau: Amstein + Walther, Zürich

12

Die Nutzung des Erdreichs unter dem Grundstück bis zu einer Tiefe von 200 m deckt mindestens 50% der Heiz- und der Kühlenergie. Mit Fr. 50.-/m<sup>2</sup> (Grundstücksfläche) lässt sich das Erdreich mittels Erdsonden erschliessen



ausgewechselt werden können. In einem frühen Entwurfsstadium legt das Team aus Technikingenieur, Tragwerksplaner und Architekt die benötigten Hohlräume fest. Wasserführende Rohrregister, Leitungen und Anschlüsse von Sprinklern, Luftkanäle, Elektrotrassen, Unterflurkanäle und Bodentanks werden heute häufig und mit Vorteil in die Betondecke eingegossen. Verbindungselemente der technischen Installationen wie Schalter usw. sind in jederzeit zugänglichen Aussparungen untergebracht. Selbstverständlich sind diese Aussparungen hinsichtlich Statik und Architektur verträglich platziert und dimensioniert (Bild 13).

**Ausblick**

Heute, im Sommer 2000, lässt sich festhalten: Wir sind in der Lage, neue Gebäude so zu bauen, dass sie viermal weniger Energie verbrauchen als der Durchschnitt der Neubauten vor 25 Jahren. Die Technik kostet weniger als damals und beansprucht ein drei- bis viermal geringeres Gebäudevolumen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich das «lean building» durchsetzt: Falls dies zutrifft, zieht die Gebäudetechnikindustrie rasch nach und stellt die Elemente für rationelleres Bauen bereit. Die Baumeister, die Eisenleger, die Elektriker, die Heizungsinstallateure lernen rasch, wie sie in wenigen Stunden präzise Einlegepläne

für Installationen in Decken interpretieren und ausführen. Und die Planungsteams verwenden ihre ganze Kreativität darauf, elegante Konstruktionen zu entwickeln. Denn die neue Technik erweitert auch die gestalterischen Möglichkeiten. Insofern geht es um einen neuen «Stil», der seinen Ursprung in der Technik am Bau und in der Schweiz hat - und Gebäude auf der ganzen Welt beeinflussen wird.

Adresse des Verfassers:  
Hansjörg Leibundgut, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA,  
Dr. sc. techn. Amstein + Walther AG, 8050 Zürich,  
hans-juerg.leibundgut@amstein-walther.ch

**Literatur**

- [1] Weber L., Menti U. und Keller I.: Energieverbrauch in Bürogebäuden. Bundesamt für Energie, Bern 1999
- [2] Humm, O.: Hochisolierende Fenster. Bessere Fenster ermöglichen sanfte Haustechnik am Beispiel eines Bürohauses in Stäfa. Schweizer Ingenieur und Architekt 1990, Heft 14
- [3] Thermische Simulationsberechnungen zum Einfluss von unterschiedlichen Akustik-Decken auf die Raumlufttemperatur. Im Rahmen des BFE-Forschungsprojekts «Thermoaktive Bauteilsysteme», Empa-Bericht 200 036, Dübendorf 1999
- [4] Menti U.: Stand-by-Verbrauch von Dienstleistungsgebäuden. Verbrauchsmessungen an 32 Objekten. Bundesamt für Energie, Bern 1999