

# HAUS OHNE HEIZUNG

## DAS WOHLTEMPERIERTE BÜRO: LESS ENERGY, LOW TECHNOLOGY



Bild 1: 2226: Das vielleicht innovativste Bauprojekt Europas, Firmensitz der Architekten Baumschlager und Eberle in Lustenau (Österreich)

Ist es möglich ein Bürogebäude zu errichten, dass ohne konventionelle Heiz-, Kühl- oder Lüftungstechnik auskommt und gleichzeitig hohe Komfortwerte erreicht? Dieser Herausforderung stellt sich das Gebäude 2226 in Lustenau seit 2013 in der Praxis. Die ersten Betriebsergebnisse liegen nun vor.

### Haus ohne (viel) Technik

2226 steht für die angestrebte Wohlgefühltemperatur von 22 bis 26 Grad Celsius, die in allen Räumen ganzjährig vorherrschen soll. Neben der Temperatur legten die Bauherren und Architekten in Personalunion, Baumschlager Eberle Architekten (be), vor allem Wert auf eine hohe Luftqualität und einen möglichst geringen Einsatz von Technik. Willem Bruijn, verantwortlich für internationale Beziehungen und Geschäftsentwicklung bei be formuliert es so: „Ganz im Gegensatz zu technischen Passivhäusern, mit den man sich intensiv beschäftigt hat, möchte man mit 2226 zurück zur Architektur finden. Gute Architektur braucht kein Ausgleich durch Haustechnik.“

Durch geschickte Ausnutzung der Umgebungsbedingungen, Tageslichtverläufe und der thermischen Speicherung ist das offensichtlich auch ganz ohne

Wärmetechnik möglich. Der Schlüssel für das energetische Konzept, sprich die Regelung der Temperatur ohne Heizungssystem, liegt vor allem in der massiven Bauweise mit Betondecken und dicken homogenen Außenwänden. Man bedient sich der beiden physikalischen Eigenschaften Wärmeleitung und Wärmespeicherkapazität. Die Ziegelwände besitzen einerseits eine sehr geringe Wärmeleitung, gleichzeitig nutzt man deren hohe Wärmespeicherkapazität. Dabei befinden sich 75% der Speicherkapazität in den Decken, ca 25% in den Wänden. Architekt Prof. Dietmar Eberle formuliert es einmal so: „Die technische Intelligenz steckt somit im Bau selbst und nicht, wie meist üblich, in den Zusatzkomponenten.“ Um das ganze Jahr ohne externe Wärmezufuhr auszukommen genügen die energetischen Quellen die bereits im Raum vorhanden sind, oder wie Eberle es ausdrückt: „Menschen, Licht, Computer. Mehr brauchen wir nicht. Das reicht.“<sup>1)</sup>

Letztlich ermöglichen die Räume mit ihrer lichten Höhe von 3,30 Meter, das Erdgeschoss ist etwas höher ausgeführt, kombiniert mit den schlanken Fenstern, sowohl einen außerordentlichen Eintrag von Licht in die Raumtiefe als auch ein großes Luftvolumen. Der passive Wärme-

eintrag über die Fenster spielt im Winter eine wichtige Rolle, hat in Sommer jedoch keinen nachteiligen Einfluss. Das Besondere sind hier die eigens konstruierten Lüftungsklappen der Fenster (Bild 4), über die der Lüftungsbedarf reguliert wird. Dank der großen Raumvolumen ist der Lüftungsbedarf auf den Nutzer bezogen sehr gering.

### Kein Demoprojekt sondern gelebte Architektur

Momentan ist das Gebäude noch nicht ausgelastet. Zwar sind bereits  $\frac{3}{4}$  aller Räume durch Firmen angemietet, jedoch wird nur knapp die Hälfte der Flächen wirklich genutzt. Diese Unterdeckung ergibt sich weniger aus den zur Verfügung stehenden Räumen, sondern vielmehr durch die im Gebäude arbeitenden Personen. Dies wird sich voraussichtlich bereits 2016 ändern. Von den sechs Räumen die Ende 2015 noch komplett frei waren werden 2016 vier vermietet sein. Die restlichen beiden werden in Wohnungen umgewandelt. Somit wird man in Kürze komplett belegt sein.

Einen zusätzlichen Wärmeeintrag stellen im Übrigen momentan die zahlreichen Besucher dar. Immerhin kommen über 100 Besucher pro Woche nach Lustenau.

### Auf den Ersten Blick: Alles Low-Tech

Die Konstruktion ist eigentlich recht simpel: Als klassischer Massivbau mit Ziegelwänden und aufgelegten Stahlbe-

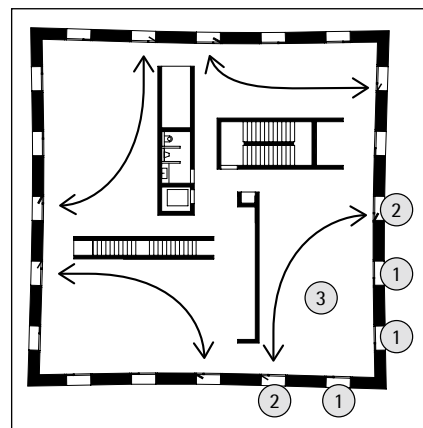


Bild 2: Raumkonzept und Lüftungskonzept; 1 Manuelle Flügelventile 2 Automate Flügelventile, 3 Querlüftung



Bild 3: Grundrisse der einzelnen Etagen

tondecken unterscheidet sich das Gebäude zunächst lediglich durch die massiven Außenwände und ungewöhnliche Raumhöhen von gewöhnlichen Ziegelbauten.

#### Nur zwei Reihen Ziegel

Um die gewünscht wirksame Kombination eines hohen Wärmestromwiderstandes und einer hohen Wärmekapazität realisieren zu können wurde die Gebäudehülle aus zwei homogen vermauerten und bezüglich ihrer Fugen versetzten Ziegeln mit jeweils 38 cm Tiefe ausgeführt. Die beiden Schichten des wärmedämmenden Ziegels haben dabei unterschiedliche Funktionen. Die innere Wand wurde mit einem so-

nannten statischen Ziegel ausgeführt, was sie etwa doppelt so schwer werden lässt wie die äußere. Der statische Ziegel trägt das Gebäude, der äußere, isolierende Ziegel, hat größere Hohlräume und einen geringere U-Wert. Die Ziegel sind mit Kalkmörtel vermauert und mit Kalk verputzt. Die Wandstärke beträgt insgesamt 80 cm, was zur Folge hat, dass kurzfristige Temperaturschwankungen fast vollständig ausgeglichen werden. Beispielsweise werden stündliche Schwankungen der Außentemperatur durch die Gebäudehülle um den Faktor 50 abgeschwächt. Willem Bruijn beschreibt den Effekt anschaulich: „Kurzfristige Klimaschwankungen werden in

der Außenwand ausgeglichen, erreichen jedoch nicht die Innenseiten.“

Mit einer konventionellen Hartschaumdämmung wurde lediglich bei der Bodenplatte und auf der Dachfläche gearbeitet. Bei dem Dach hatten die Dämm-Standardelemente zudem noch den Vorteil, dass die für den Regenwasserablauf notwendige Neigung wesentlich günstiger hergestellt werden konnten.

#### Geometrie

Das Gebäude besteht aus sechs Stockwerken mit quadratischem Grundriss. Pro Etage gibt es vier Haupträume, die jeweils in den Gebäudeecken angeordnet sind. Jeder Raum besitzt somit Außenwände in zwei Himmelsrichtungen, wodurch stets eine Querlüftung möglich ist (Bild 2). Keine der Innenwände ist bis zur Außenwand ausgeführt, dadurch ist jedes Stockwerk architektonisch flexibel gestaltet, das Gebäude kann im Inneren jederzeit verändert werden (Bild 3).

Vorteile:

- Funktionelle Flexibilität durch intelligente Primärstruktur mit tragfähigen Decken und großzügigen Raumabmessungen
- Technische Flexibilität durch direkt zugängliche Doppelböden mit allen nötigen Anschlüssen in allen Räumen
- Räumliche Flexibilität: horizontal durch zentrale Erschließung und frei von der Außenwand stehende Innenwände, vertikal durch separate interne Verbindungstreppen.

#### Wärmeleitung und Wärmespeicherkapazität

Das Gebäude unterscheidet sich von gängigen Bauten mit extrem niedrigen Wärmetransmissionswerten und hoher Luftdichtigkeit. Weniger die Fugendichtigkeit als vielmehr die Reduktion des Wärmestroms bei gleichzeitiger Erhöhung der Trägheit bei Temperaturänderungen war Ziel der Planung. Es galt zu gewährleisten, dass die innere Oberflächentemperatur der Wände keine unerwarteten Spitzen aufweist und Temperaturschübe gepuffert werden. Der messbare Effekt: Wird kühle oder auch warme Luft in einen der Räume eingetragen, regelt sich der Raum in der Regel innerhalb von etwa 20 Minuten wieder ein. Um dies zu verstehen muss man die übliche Klassifizierung von Wänden über die reinen U-Werte erweitern. In dieser Definition werden die Speichereigenschaften von Bauteilen wenig berücksichtigt. Auch wenn historische Bauten mit dicken Wänden nicht unbekannt sind, übersieht man bisweilen, dass genau diese Speicherkapazitäten helfen, extreme Kalt- und Warmpe-

Quelle: baumschlagler eberle

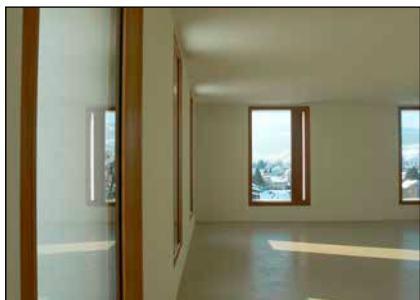


Bild 4: Helle, lichte Räume. Lüftungsklappen in Fensterrahmen integriert

rioden zu überbrücken. Als Rohmaterial wurden deshalb auch, ungeachtet ihrer höheren Wärmeleitfähigkeit, ungefüllte Ziegel verwendet. Hintergrund: Die zahlreichen Übergänge von fest zu gasförmig erhöhen die gewünschte Trägheit. Physikalisch wird dieser Effekt als Knudsen-Diffusion beschrieben.

### Luftqualität und Temperaturregelung

Die vertikalen Lüftungsklappen der Fenster werden mechanisch betrieben. Sie regeln den Wärmehaushalt als auch die Frischluftzufuhr. Je nach CO<sub>2</sub>-Konzentration, Innen- und Außentemperatur sowie Luftfeuchtigkeit werden sie computergesteuert betätigt. Neben der Regelung über den CO<sub>2</sub>-Gehalt gibt noch eine Nachtregelung. Fällt abends die Außentemperatur unter die der Raumtemperatur wird der Innenraum so lange gelüftet, bis entweder die untere Grenztemperatur erreicht ist oder die Außentemperatur wieder über die Raumtemperatur gestiegen ist. Dabei tragen die relativ hohen Räume zu einer besonders schnellen Durchlüftung bei. Jeweils die beiden am entferntesten angeordneten, diagonal gegenüberliegenden Lüftungsklappen (Bild 4) eines Raums werden gemeinsam geöffnet bzw. geschlossen sobald die Auswertung der Raumsensoren für CO<sub>2</sub>-Gehalt, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und die Werte der Wetterstation auf dem Dach dies erfordert. Als Schwellenwert gilt ein CO<sub>2</sub>-Wert von 1.200 ppm, unabhängig von der Innentemperatur und der Außentemperatur. Jeder Raum wird einzeln geregelt und verfügt über einen Touchscreen der außerdem die Bedienoberfläche für Beleuchtung, Eingangüberwachung und den Türöffner darstellt. Die Lüftungsklappen können über das Display jederzeit von den Bewohnern individuell angesteuert werden.

Um die „normale Hardware (mechanische Lüftungsanlage)“ durch Software zu ersetzen, wurde ermittelt, dass hohe wie auch schmale Lüftungsöffnungen für Lüftungssteuerung ideal sind.<sup>2)</sup> Für die Realisierung des notwendigen Luftaustauschs ohne mechanische Lüftung

waren laut Eberle zahlreiche hochkomplexe Simulationen des Strömungsverhaltens innerhalb des Gebäudes notwendig.

### Was ist Wohlbefinden?

Behaglichkeit lässt sich nur schwer messen. Neben dem ganz persönlichen Empfinden spielen viele Kriterien eine Rolle. Die Temperaturen der Umschließungsflächen, Raumlufttemperaturen, Zugerscheinungen, Feuchte, Akustik und die Raumluftqualität – alles das ist wichtig.

Obwohl, oder gerade weil im Gebäude 2226 auf vieles verzichtet wurde, man bewusst keine kontrollierte Wohnraumlüftung bzw. RLT-Anlage installiert hat, ist ein sehr angenehmes Raumklima festzustellen. Rein subjektiv spürt man keine Temperatur in Form von Kälte oder Wärme. In der im Erdgeschoss eingerichteten Cafeteria werden Speisen serviert, jedoch keine Essenserüche verbreitet. Selbst direkt an den Lüftungsklappen ist keine Zugluft zu verspüren. Offensichtlich kann auch ohne herkömmliche Heiz-, Klima- und Kühltechnik Wohlbefinden geschaffen werden.

Um den eigenen Ansprüchen zu genügen und auch objektive Werte für die Qualität des Gebäudes zu erhalten hat man ausführliche Messungen an den Arbeitsplätzen der Mitarbeiter vorgenommen. Die Ergebnisse: Die relative Luftfeuchtigkeit liegt stets optimal über 40% (siehe Bild 6) und sämtliche Behaglichkeitsmesswerte an den unterschiedli-

chen Kontrollpunkten entsprachen dem optimalen Behaglichkeitsbereich gemäß europäischer Innenraumvorgaben (EN 13779). Die CO<sub>2</sub>-Werte entsprachen stets den Vorgaben für hohe Raumluftqualität (IDA 1), die Innenraum-Gesamtkeimzahlen lagen im optimalen Bereich der Vorgaben baubiologischer Richtwerte und WHO-Erfahrungswerte.<sup>3)</sup>

### Keine Überraschung: Ergebnisse aus einjähriger Betriebszeit

Laut Peter Widerin, dem Physiker und Chipdesigner, der bei 2226 für Steuerung und das Monitoring verantwortlich trägt, hat das erste Jahr der Gebäudenutzung die Erwartungen erfüllt<sup>4)</sup>. Auch während einer längeren Hitzeperiode hat das Energiekonzept funktioniert. Selbst in den Zeiten mit höheren Außentemperaturen lagen die Raumtemperaturen auch bei intensiver Belegung im behaglichen Bereich (Bild 6). Im Winter gab es keine nennenswerten Beschwerden bezüglich zu kalter Luft, Zugluft oder zu schlechter Luftqualität<sup>5)</sup>.

In der Simulation errechnete man, dass die jährlichen Temperaturschwankungen durch die 25 Zentimeter dicken Betondecken, die massiven Innenwände in Kombination mit der geringen Wärmeleitfähigkeit der Gebäudehülle nur mit einer Verzögerung von ca. zwei Monaten und einer Abschwächung um den Faktor 2 folgen. Man errechnete eine relativ glatte Innentemperaturschwankung von ca. +/- 5 °C (Bild 5).

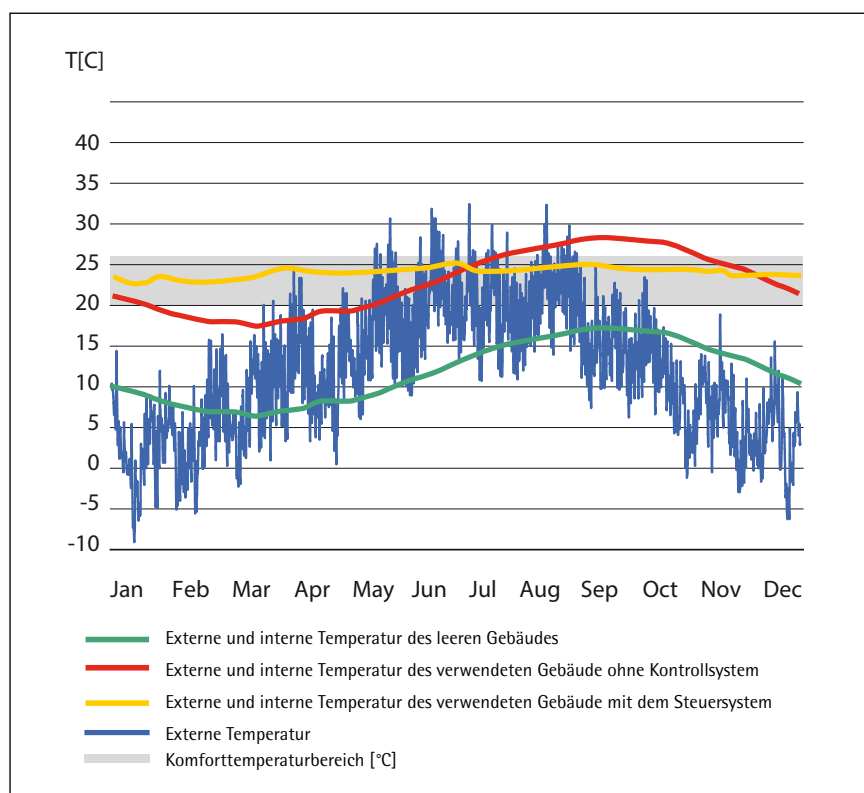
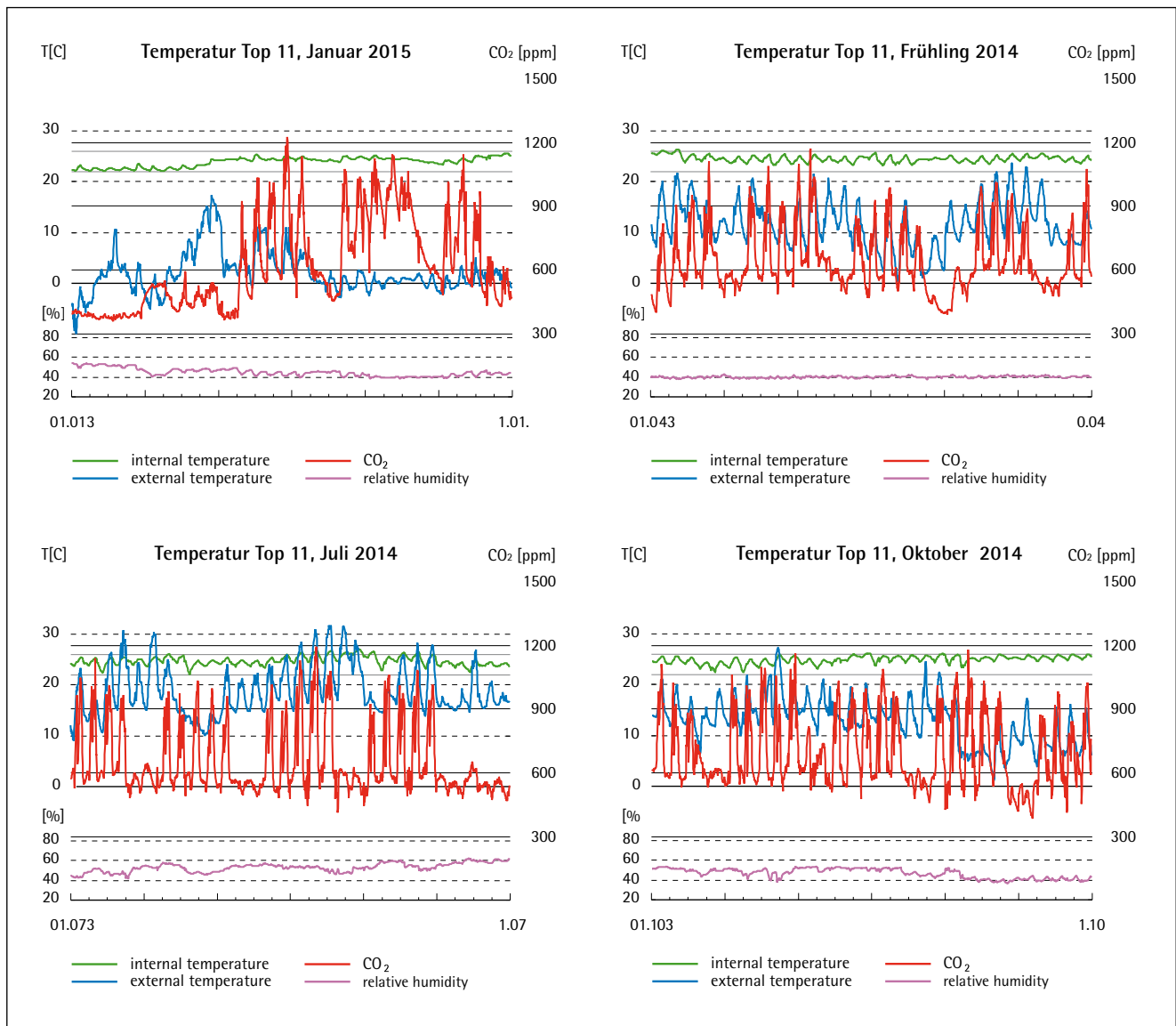


Bild 5: Simulation: Außen und Innentemperaturen im Gebäude

Quelle: be baumschlager eberle



Quelle: baumschlag eberle

**Bild 6:** Ergebnisse: Außen und Innentemperaturen, CO<sub>2</sub>-Gehalt und Luftfeuchtigkeit im Gebäude

In der Realität verhielt sich das Gebäude nahezu wie erwartet. Die Summe der inneren Wärmequellen, zusammen mit der Trägheit des Gebäudes, reichten aus um auch in den Wintermonaten die gewünschten Innentemperaturen zu erreichen. Das Gebäude erwies sich als äußerst robust. Trotz der sehr individuellen Nutzung und unterschiedlicher Besetzung der verschiedenen Räume und dem damit einhergehenden stark variierenden spezifischen Energieverbrauch, bewegten sich die Temperaturen und der CO<sub>2</sub>-Gehalt im gewünschten Bereich (Bilder 6). Sie sind somit weitgehend unabhängig von Ferien- und Urlaubszeit und einer mehr oder weniger intensiven Nutzung.

### Grenzkosten gegen Null

In der Betriebswirtschaft gibt es den Begriff der Grenzkosten, der die inkrementelle Kosten, d.h. die zusätzlichen Kosten, die durch eine Entscheidung bzw. Investition anfallen, beschreibt. Diese sind beim Bürohaus 2226 sehr gering.

Für die Errichtung waren Investitionskosten von rund 1.500 Euro pro Quadratmeter notwendig. Speziell durch den Verzicht auf Haustechnik konnte das Gebäude rund 35% günstiger erstellt werden. Durch die höheren Räume und dickere Wände war der Baupreis letztendlich aber vergleichbar mit denen eines durchschnittlichen Bürogebäudes. Und das trotz der im Detail durchaus hochwertigen Ausführung. Der große Unterschied liegt in die Betriebskosten: Das Gebäude verbraucht nur wenig Strom (aus Wasserkraft) und Wasser (aus Quellen) und wird auch in Zukunft nicht mehr benötigen. Im Haus gibt es wenig das Energie verbraucht, Wartung benötigt oder ersetzt werden muss, die Kosten sind bleibend niedrig.

Das trifft auch auf die Betriebskosten zu. Hier schlägt die fehlende Haustechnik ebenso deutlich zu Buche. Im ersten Jahr betrug der gesamte Stromverbrauch inkl. Warmwasserbereitung, Lift, Küche und Beleuchtung gerade einmal 120 MWh/a.

Der spezifische Energieverbrauch lag somit bei 38 kWh/(m<sup>2</sup>-a). Vergleicht man diesen mit überwiegend nicht belüfteten und nicht klimatisierten Büros (46 kWh/(m<sup>2</sup>-a)), teilweise belüfteten und/oder klimatisierte Büros (65 kWh/(m<sup>2</sup>-a)) und gar mit Heizen und Lüften bei mehrheitlich belüfteten und klimatisierten Büros (136 kWh/(m<sup>2</sup>-a)) so wird hier weniger als ein Drittel Strom und damit Energie verbraucht<sup>6)</sup>. Das teuerste an diesem Haus, so Dietmar Eberle ironisch, sind mittlerweile die Honorarkosten derer, die die Betriebskosten verwalten.<sup>1)</sup>

### Fazit

So ungewöhnlich Idee und Ausführung eines Gebäudes ohne Heizung auf den ersten Blick erscheinen mögen, so komplex ist sie dennoch in ihrer Planung. Die kluge Fortschreibung von Architekturwissen mit modernen Planungshilfsmitteln ist auf jeden Fall ein zukunftsweisender Ansatz. Müsste man eine Schublade für diese Gebäudeklasse finden, käme die Philoso-

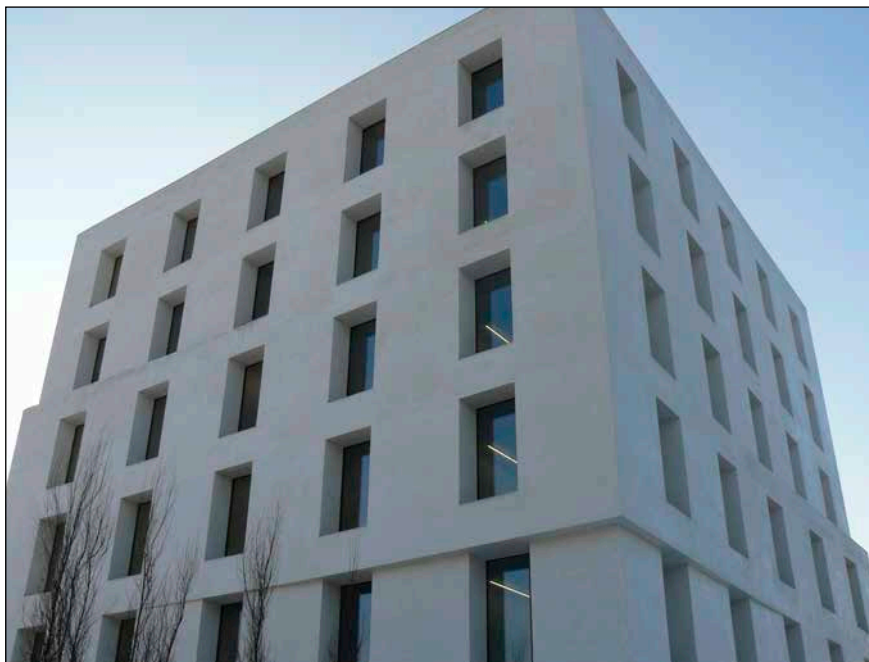


Foto: Hüttmann

Bild 7: Kein reiner Kubus: Architektur in Vollendung

phie des Passivhausbaus schon durchaus nahe. Man würde allerdings übersehen, dass man durch der Verzicht auf so manches, auch unter Berücksichtigung der Langlebigkeit, einen anderen Weg geht. Das Gebäude 2226 möchte vielmehr für ein möglichst selbstbestimmtes Wohnen werben. Es ist zwar passiv hinsichtlich der Nutzung von internen Energiequellen aber vor allem träge und speichernd.

Die meist guten Werte von Passivhäusern in der Planung und Erstellung können womöglich nicht die Nachhaltigkeit solcher Gebäudecharaktere erreichen. Zu viel Technik steht oft für Unsicherheiten und Fehlerquellen, der Störfaktor

Mensch, wie ihn Eberle gern beschreibt, spielt in High-Tech-Gebäuden eine immer größere Rolle. In einer 2012 veröffentlichten Studie<sup>7)</sup> wurden 3.400 deutsche Gebäuden auf ihre theoretisch errechneten Energiekennwerte und die tatsächlich gemessenen Verbräuche hin untersucht<sup>8)</sup>. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bewohner von Niedrigenergiehäusern meist mehr verbrauchen als der Energiekennwert des Gebäudes zulässt. Das Phänomen ist auch als Rebound-Effekt bekannt. Ein gegenteiliger Effekt, auch als Prebound bezeichnet, beschreibt den niedrigeren Verbrauch in Gebäuden mit schlechten Energiekennwerten.

Sinkt der Einfluss der Bewohner auf die Wärmeerzeugung können spätere Überraschungen minimiert werden. Das Gebäude 2226 zeigt einen der möglichen Wege dorthin. Die Gradwanderung zwischen selbstbestimmten Wohnen und einem sich selbst regelnden Gebäudes bleibt spannend.

**Fußnoten**

- 1) Mit menschlicher Wärme (Der Standard)
- 2) Atmosphäre statt Maschine (wettbewerbe)
- 3) Gute Luft und Behaglichkeit, Ludwig Rüdisser
- 4) Die Steuerung 2226, Peter Widerin
- 5) Die energetische Konzeption, Lars Junghans
- 6) Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilern, Bundesamt für Energie, Schweiz
- 7) Minna Sunikka-Blank & Ray Galvin, Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption, Department of Architecture, University of Cambridge
- 8) Hüttmann, Die tatsächlichen Energiekennwerte, SE 2|16

**ZUM AUTOR:**

► Dipl. Ing. (FH) Matthias Hüttmann  
huettmann@dgs.de

Gebäude- und Energiekennwerte		
<b>NAME</b> 2226	Vollholzfenster Weisstanne U-Wert Fenster-Glas: 0.7 W/m <sup>2</sup> K U-Wert Fenster-Rahmen: 1.2 W/m <sup>2</sup> K (25% des Fensters)	24 mm Vollholzschalung 56 mm Polsterhölzer 240 mm Betondecke. 5 mm Kalk Deckenspachtelung
<b>URHEBER</b> Architektur: be Baumschlagler Eberle	<b>WAND-/DECKEN/DACH /FASSADE</b> Keine Farben und Lacke. Putze: Kalk. Kalkputz Spachtelung Innen, Gelöschter Kalkputz Aussen, 5 mm Bitumenbahn geschiefert 2. Lage 5 mm Bitumenbahn 1. Lage 2x 80 mm PU Dämmung 120 mm im Mittel Gefälledämmung 5 mm Bitumenlage 2. Lage 5 mm Bitumenlage 1. Lage Voranstrich 240 mm Betondecke. 5 mm Kalk Deckenspachtelung	<b>BODEN ERDGESCHOSS</b> 50 mm Anhydrit Fliessestrich 10 mm Akustikmatte 24 mm Vollholzschalung 216 mm Polsterhölzer 5 mm Bitumenbahn 250 mm WU Betonplatte. 200 mm XPS Dämmung
<b>PLANUNG / ERRICHTUNG</b> Planungsbeginn: 01 / 2006 Planungsende: 24 Monate Baubeginn: 02/ 2012 Baufertigstellung: 04/ 2013	<b>BODEN REGELGESCHOSS</b> 50 mm Anhydrit Fliessestrich 10 mm Akustikmatte	<b>FASSADE</b> 8 mm Gelöschter Kalkputz. 12 mm Kalkzement Grundputz 380 mm Porotherm 38 Hi N+F U=0,24. 18 mm Mörtelfuge 380 mm Porotherm 38 N+F U=0,34 15 mm Kalkzement Grundputz 5 mm Kalkputz Spachtelung.
<b>GRUNDDATEN</b> Grundstücksfläche: 4.037 m <sup>2</sup> Bruttogeschossfläche: 3. 201 m <sup>2</sup> Nutzfläche: 2.700 m <sup>2</sup> Bebaute Fläche: 532 m <sup>2</sup> Umbauter Raum: 13.158 m <sup>3</sup> U-Wert Wand: 0,13. W/m <sup>2</sup> K		
<b>FENSTER</b> 3-fach Verglasung		