

# 02/22 steeldoc

Stahl kombiniert mit ...  
**Mauerwerk**



## Editorial



Das Prinzip der Kappendecke ins 21. Jahrhundert transferiert: Das «Brick Vault House» bei Valencia (ES) ist räumlich geprägt von der Kombination eines Stahlskeletts mit auf den Trägern liegenden, flachen Ziegelgewölben.

Die Kombination von Stahlkonstruktionen mit Backstein ist nichts Neues: Bei Industriebauten gehörte diese Konstruktionsweise vom 19. bis weit ins 20. Jahrhundert hinein zu den gängigen Lösungen. Wurden höhere Anforderungen an das Erscheinungsbild eines Gebäudes gestellt, versteckte man die Konstruktion jedoch meist unter dicken Putzschichten. Dabei ist die sichtbare Materialkombination reizvoll, und wie gut sich die beiden Materialien mit ihren spezifischen Eigenschaften ergänzen, zeigen wir in diesem Heft.

Auf eine gängige Konstruktion greifen die Entwerfenden eines Wohnhauses in Spanien zurück. Sie benutzen das Prinzip der Kappendecke, das im 19. Jahrhundert in Kellern, Fabriken und Ställen weit verbreitet war: Auf tragenden Wänden liegen Doppel-T- oder I-Träger, die als Auflager für gemauerte, flache Gewölben dienen. Diese Konstruktionsweise verdrängte die damals gebräuchlichen Holzbalkendecken, die weniger tragfähig und materialbedingt weniger feuer- und feuchteresistent waren. Die Baulogistik und die Kosten waren ein Grund, weshalb die Decken aus Segmenttonnengewölben Anfang des 20. Jahrhunderts ihrerseits durch Flachdecken aus Eisenbeton abgelöst wurde. Das «Brick Vault House» in der Nähe von Valencia lässt uns die alte Technik wiederentdecken: Es besteht aus einem dreidimensionalen Stahlskelett, in das unterschiedlich breite, gemauerte Gewölbe eingefügt sind. Die sichtbare Konstruktion lässt Innen- und Aussenräume fließend ineinander übergehen und verleiht dem Haus eine sehr eigene Atmosphäre (ab S. 4).

Überraschend ist das Projekt in Matamoros in Mexiko. Hier arbeiteten die Planenden mit dem bekannten und bewährten Prinzip der Mauerwerksausfachung eines Stahlskeletts. 17 massive Trichterscheine über dem Markt in einem wenig privilegierten Quartier der Kleinstadt förmlich zu schweben. Gebildet sind sie aus einem feinen Stahlskelett, das mit Backsteinen ausgefacht wird. Ein offener und doch geschützter Raum entsteht, die Zufuhr von Licht und Luft ist auf das Klima abgestimmt und perfekt austariert (ab S. 18).

Die Technik der Ausfachung – diesmal mit Betonhohlsteinen – prägt auch das Wohn- und Atelierhaus in der brasilianischen Landschaft bei Nova Lima. Ziel des Entwurfs ist die Reduktion auf das Wesentliche: ein flexibel nutzbares Gebäude, dessen Materialien und Bauteile effizient eingesetzt und gemäss ihrer Lebensdauer strikt voneinander getrennt werden. Ein nachhaltiges Haus trotz seiner flächenmässigen Grosszügigkeit (ab S. 14).

Dass Stahl das Weiterbestehen mancher historischer Gebäude erst ermöglicht, zeigt die Geschichte von La Lleialtat Santsenca in Barcelona. Hier wurde das Mauerwerk mit Stahlprofilen ergänzt, die seine Standfestigkeit gewährleisten. Ergänzt mit neuen Einbauten aus Stahl wurde so das ehemalige Arbeitergenossenschaftshaus aus den 1920er-Jahren nach Jahren des Verfalls gerettet und zu einem modernen Quartiertreffpunkt (ab S. 9).

Eine inspirierende Lektüre wünscht Ihnen  
Isabel Gutzwiller

## Wohnen und arbeiten im Naturschutzgebiet

### Bauherrschaft

Julia Queiroz und Pedro Franco Barbosa

### Tragwerksplanung

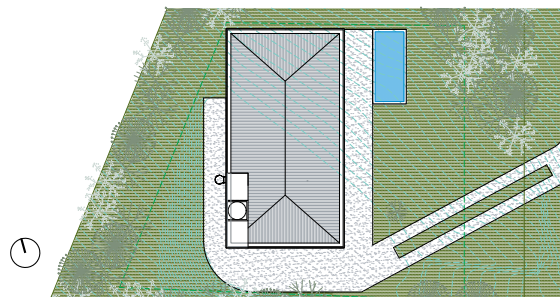
Cremona Engenharia

### Architektur

Nattalia Bom Conselho und Marcos Franchini mit Amanda Castilho, José Henrique Paiva und Thomáz Marcatto

### Fertigstellung

2019



Situation, M 1:600.

**Unweit von Belo Horizonte, inmitten der hügeligen Landschaft des brasilianischen Naturschutzgebiets Estação Ecológica de Fechos, schufen die Architektinnen und Architekten ein grosszügiges Wohnhaus für eine dreiköpfige Familie. Der Name des Hauses, «galpão» (Schuppen), ist Programm für das Bestreben, mit einfachen Mitteln und reduziertem Materialkanon einen funktionalen Wohn- und Arbeitsraum bereitzustellen.**

Es war der Wunsch nach Einfachheit in der Materialwahl und einem leicht lesbaren Volumen, mit dem die Bauherren an die Architektin Nattalia Bom Conselho und den Architekten Marcos Franchini herantraten. Im Dialog mit den Auftraggebern und dem Ingenieur Roberto Márcio dos Santos Martini realisierten Bom Conselho und Franchini ein

beinahe banal einfaches, doch gerade dank einer derart konsequent zu Ende gedachten Einfachheit überzeugendes Haus. Franchini spricht von der Casa Galpão als einer «Architektur ohne Exzesse», womit er die planerische Selbstbeschränkung auf unpräzise Lösungen im Grossen wie im Kleinen auf den Punkt bringt.

Schwarz lackierter Stahl und Beton-Hohlblocksteine prägen die Architektur des Wohnhauses Casa Galpão in Nova Lima, Brasilien – die Architektur der Einfachheit.



Es sind zwei Materialien, die die Casa Galpão in allererster Linie prägen – und die nicht nur in Brasilien viel eher im Industrie- als im Wohnhausbau zur Anwendung kommen. Die mit einem Wohnbau verbundenen hohen Qualitätsansprüche stellten eine Herausforderung für die am Bau Beteiligten dar, insbesondere im Hinblick auf die Fügung der Materialien, die grosse Sorgfalt erforderten. Dabei galt es die jeweils unterschiedlichen Materialeigenschaften zu berücksichtigen. Das erste dominante Material ist Stahl in Form eines schwarz lackierten Skeletts, das andere dessen Ausfachung mit Beton-Hohlblocksteinen, mit denen die Aussen- und Innenwände errichtet worden sind. Um bei den Betonsteinen eine Akkumulation von Feuchtigkeit zu verhindern, versah man sie mit einem wasserabweisenden Anstrich auf Silan-Siloxan-Basis; aus demselben Grund mussten sie sorgfältig verfugt werden. Als drittes Material kommt an der talabgewandten Westseite Wellblech hinzu. Auch die Dacheindeckung besteht aus verzinkten Wellblech-Sandwichplatten, die in der Untersicht offen gezeigt werden und dadurch in einen Dialog mit der Fassadenbekleidung im Westen treten. Ein letztes, vor allem an der zu zwei Dritteln geöffneten Ostseite dominantes Material ist Glas, das dort in Form von raumhohen Schiebefenstern zur Anwendung gekommen ist. Damit wäre der mehrstimmige Chor roher Materialien komplett.

### Offenheit und Flexibilität

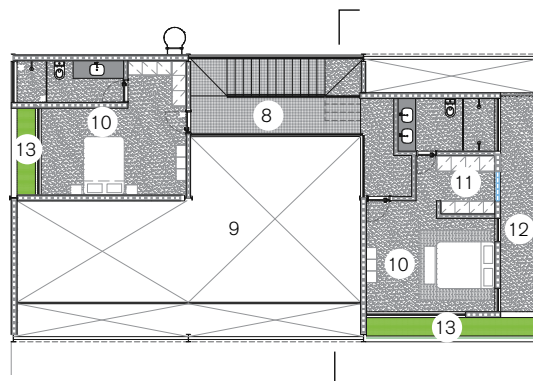
Die spartanische Einfachheit des Ausbaus mündet kaum zufällig in einem Werkstattcharakter des über beide Geschosse reichenden Hauptraums. Die Casa Galpão nämlich wurde nicht nur als Wohn-, sondern auch als Arbeitsort konzipiert, da beide Ehepartner handwerkliche Berufe ausüben und darauf Wert legen, ihre Ideen auch zu Hause entwickeln zu können. Ebenso sind die beschränkte Materialwahl und die Entscheidung zugunsten



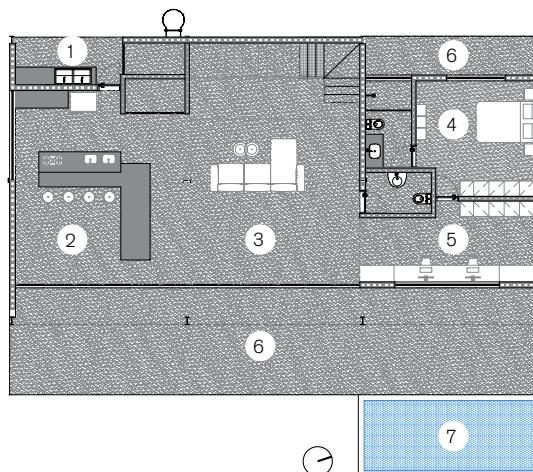
industrieller Baumaterialien ein direkter Ausdruck der an die Planenden herangetragenen Wünsche der Bauherrschaft, die eng mit deren Familien- und Arbeitsleben zusammenhängen. Dem Umstand, dass die Oberflächen im Haus pflegeleicht und abwaschbar sein sollten, tragen Böden und Arbeitsflächen aus poliertem, wasserundurchlässigem Beton Rechnung, ebenso Treppenstufen aus gekantetem Riffelblech und Metalltüren mit Emaillackierung. Ohne Aufwand verwandelt sich der Wohnbereich in eine flexibel nutzbare Werkstatt.

Doch nicht nur im Hauptraum findet die Idee flexibler Nutzung und Veränderung Ausdruck. An der Nordseite des Hauses grenzen im Erdgeschoss ein Büro und ein Gästezimmer mit separatem Zugang

Die talabwärts gerichtete Fassade ist grossflächig verglast und lässt sich öffnen. Die Fassadenebene ist gegenüber der Stahlstruktur zurückversetzt, wodurch ein gedeckter Vorbereich entsteht: eine schmale Übergangszone zwischen dem grosszügigen Wohnbereich und der Landschaft.

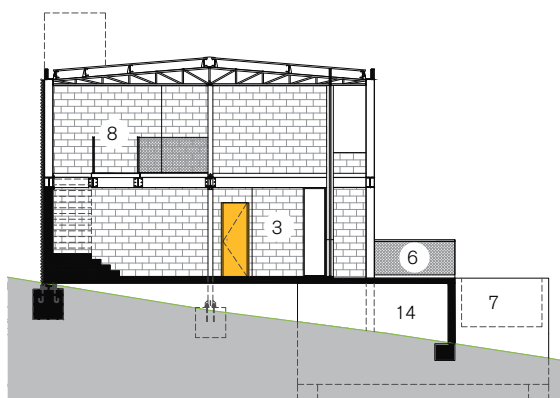


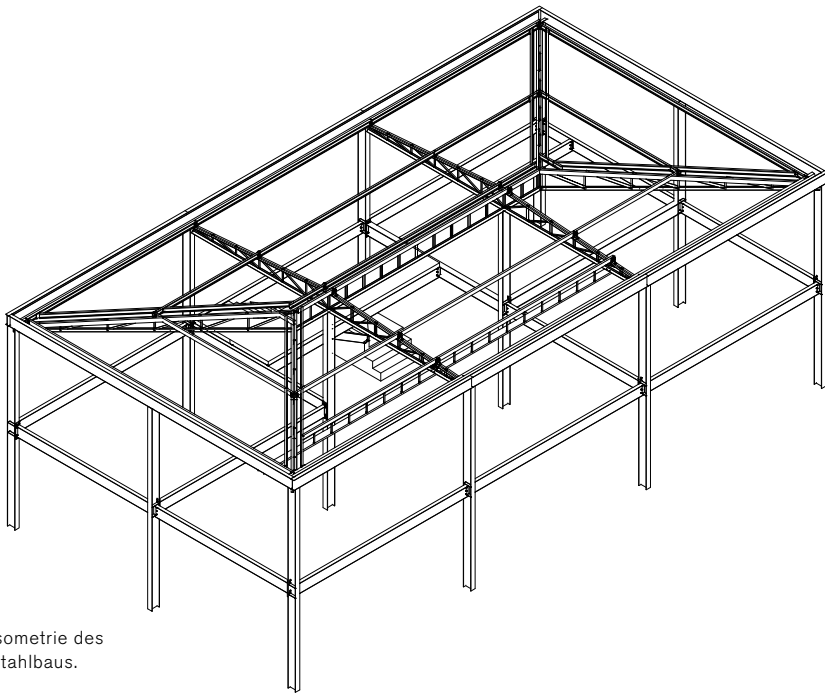
Ganz links: Querschnitt Ost-West, M 1:200.



Oben: Grundriss Obergeschoss.  
Links: Grundriss Erdgeschoss, M 1:200.

- 1 Eingang
- 2 Kochen / Essen
- 3 Wohnen
- 4 Gästezimmer
- 5 Arbeiten
- 6 Terrasse
- 7 Pool
- 8 Galerie
- 9 Luftraum
- 10 Schlafzimmer
- 11 Ankleide
- 12 Balkon
- 13 Pflanztrog
- 14 Werkstatt





Isometrie des Stahlbaus.

und zugehörigen Nasszellen an den zentralen Raum. Das Gästezimmer kann somit bei Bedarf von den übrigen Räumen entkoppelt werden und stellt eine eigenständige Einheit innerhalb des Hauses dar. Auf der oberen Ebene befinden sich die Wohnräume der Familie – verbunden durch einen Metallsteg, der als Galerie dient und die doppelte Höhe des Hauptraums unterbricht. Ungeachtet dieser klaren räumlichen Aufteilung im Innern besitzt das Haus

einen hohen Grad an Flexibilität, was sowohl seine unmittelbare Nutzung als auch künftige Veränderungen betrifft.

#### Komplexität des Einfachen

Tragwerk und Konstruktion unterstützen die räumliche Klarheit des Hauses und sind fein aufeinander abgestimmt. Zwölf Stahlstützen stehen in einem Raster von  $6,00 \times 4,80$  m, und das nicht allein aus tragwerksplanerischen Gründen: Der Raster ist auf die Modulmasse der Hohlblocksteine abgestimmt, mit denen einzelne Felder des Stahlskeletts ausgefacht sind, wodurch unnötiger Verschnitt vermieden werden konnte.

Eine dreidimensionale Struktur von Stahlrahmen bildet das Tragwerk. Die zweigeschossigen Stützen aus I-Profilen,  $W250 \times 32,7$  (entsprechend der amerikanischen Norm), sind auf die Bodenplatte aufgeschraubt. Träger aus I-Profilen  $W310 \times 23,8$  auf halber Höhe der Stützen und an deren oberem Ende entlang der Fassaden  $W310 \times 21$ , bilden zusammen mit den Stützen zwei-, bzw. dreifeldrige biegesteife Rahmen. Die Zwischendecken sind im Stahl-Beton-Verbund ausgeführt, das Dach besteht aus gedämmten Trapezblech-Sandwichpaneelen. Über

#### Biegesteife Stahlrahmen mit Ausfachtung

Dr.-Ing. Hetty Bigelow

Der biegesteife Stahlrahmen der Casa Galpão trägt vertikale und horizontale Lasten effizient via Fundament in den Baugrund ab. In einigen Bereichen ist der Stahlrahmen durch Mauerwerk ausgefacht.

Ausfachtungen von Rahmenkonstruktionen können das Trag- und Verformungsverhalten von biegesteifen Rahmenkonstruktionen mitunter stark beeinflussen, insbesondere beim Abtrag horizontaler Kräfte wie etwa aus Wind- oder Erdbeneinwirkungen. Allgemein tragen sie zur horizontalen Steifigkeit des Rahmens bei.

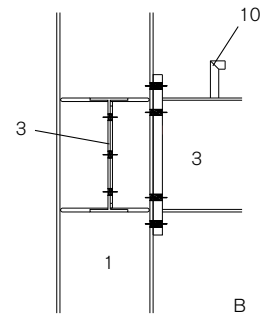
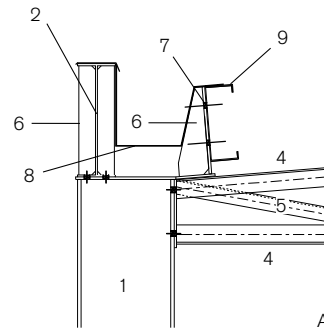
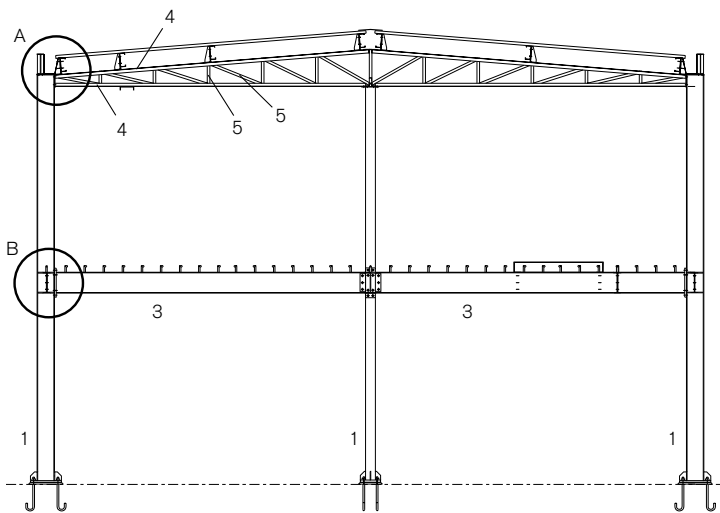
Die europäische Norm EN 1998-1 «Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben» differenziert drei Arten von Ausfachtungen biegesteifer Stahlrahmen: 1) ausgefachte Rahmen mit Verbundsicherung zwischen Rahmen und Ausfachtung, 2) ausgefachte Rahmen mit konstruktiver Trennung zwischen Rahmen und Ausfachtung und 3) ausgefachte Rahmen mit Kontakt zwischen Rahmen und Ausfachtung, aber ohne Verbundsicherung. Die Ausfachtungen der Casa Galpão sind in die dritte Kategorie einzuordnen. Nach Errichtung des Stahlrahmens wurden die Steine zwischen

die Stützen und Riegel des Rahmens gemauert. Es ist weder eine konstruktive Trennung zwischen Rahmen und Mauerwerk noch eine Verbundsicherung vorhanden. Die Mauerwerkswände tragen keine Vertikallasten ab.

Im vorliegenden Fall ist das Verhalten der Ausfachtung im Erdbebenfall eher von untergeordneter Bedeutung. Nova Lima liegt in der brasilianischen Erdbebenzone 0 (vgl. ABNT NBR 15421:2006-10-30). Dort ist für die Erdbebenbemessung eine horizontale Bodenbeschleunigung von  $a_g = 0,25 \text{ m/s}^2$  anzusetzen. In Brasilien werden die Erdbebenzonen 0 bis 4 unterschieden, wobei die grösste Beanspruchung in Zone 4 ( $a_g = 1,5 \text{ m/s}^2$ ) zu berücksichtigen ist. Die Bemessungswerte der horizontalen Bodenbeschleunigung in Brasilien sind somit in etwa mit den schweizerischen Bemessungswerten vergleichbar. Hier liegen die entsprechenden Werte zwischen  $a_{gd} = 0,6 \text{ m/s}^2$  (Zone Z1a) und  $a_{gd} = 1,6 \text{ m/s}^2$  (Zone Z3b) (vgl. SIA 261:2020). Die Erdbebengefährdung in der Schweiz wird als «moderat» eingestuft. Die Casa Galpão ist also hinsichtlich der Erdbebenbemessung eher unspektakulär. Dennoch gibt das vorliegende System aus Stahlrahmen mit Mauerwerksausfachtung Anlass, die Mitwirkung von Ausfachtungen am Tragverhalten sowie konstruktive Aspekte im Allgemeinen zu diskutieren.

Ausfachtungen können aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen. Mauerwerk und Stahlbetonausfachtungen gehören zu den gängigen Lösungen, Ausfachtungen aus Holz sind ebenfalls möglich. In Starkbebengebieten, wie z. B. in den USA mit  $a_g = 4 \text{ m/s}^2$  in der dortigen Zone 4 (vgl. 1997 Uniform Building Code), kommen sogar Stahlschubwände oder Verbund- oder Hybridlösungen aus Stahl und Stahlbeton zum Einsatz.

Sind Ausfachtung und Rahmen miteinander verbunden, entweder durch eine Verbundsicherung oder rein über Kontakt, entsteht zwischen Rahmen und Ausfachtung eine Wechselwirkung. Wird der Rahmen durch Horizontalkräfte beansprucht, entstehen in den Stützen, je nach Belastungsrichtung, Zug- oder Druckkräfte. Auf der Seite, aus der die Horizontalkraft angreift, entsteht eine Zugkraft, auf der anderen Seite eine Druckkraft. Die Ausfachtung erfährt eine Schubbeanspruchung. Aus dieser resultiert in der Ausfachtung eine Druckstrebenwirkung, die diagonal von der oberen Wandecke auf der Lastangriffsseite zur unteren Ecke auf der gegenüberliegenden Seite verläuft. Senkrecht zur Druckstrebe erfährt die Ausfachtung eine Zugbeanspruchung, die zur Entstehung von Diagonalkissen führen kann. Die Änderung der Lastrichtung während eines Erdbebens verursacht die typischen, sich kreuzenden Diagonalkissen.



Oben links: Konstruktionschnitt des Stahlbaus, M 1:100.

Oben Mitte: Detail A, M 1:20.

Oben: Detail B, M 1:20.

- 1 I-Profil W250 × 32,7
- 2 I-Profil W310 × 21
- 3 I-Profil W310 × 23,8
- 4 Winkelprofil L51 × 4,8 mm
- 5 Winkelprofil L38 × 3,2 mm
- 6 CH8 (Flachstahl 8 mm)
- 7 CH6 (Flachstahl 6 mm)
- 8 Rinne
- 9 C200 × 75 × 20 × 2,65
- 10 Kopfbolzendübel Ø 19

eine Unterkonstruktion sind diese auf Fachwerkträgern befestigt, die in der Mitte überhöht sind und so die Dachneigung bilden. Die feinen Fachwerkträger sind aus gleichschenkligen Winkelprofilen L51 × 4,8 mm verschweisst und bleiben im Raum sichtbar. Da die Aussteifung durch dieses System gegeben ist, kann auf Diagonalverbände verzichtet werden. Dies und die Tatsache, dass die Beton-Hohlblocksteine, mit denen einzelne Rahmen ausgefacht sind, nicht mit der Stahlstruktur verbunden sind, ist Voraussetzung dafür, dass sich die Wände bei Bedarf beliebig entfernen und versetzen lassen.

Die in der Casa Galpão an den Tag gelegten Bemühungen um einen minimalen Materialeinsatz und -verbrauch gingen Hand in Hand mit dem Bestreben, den Bauprozess möglichst nachhaltig zu gestalten. So sind alle Schichten des Gebäudes nach ihrer Lebensdauer getrennt. Sämtliche Installationsleitungen etwa, ausnahmslos sichtbar geführt, sind für Wartungsarbeiten stets ohne Probleme zugänglich. Indem vorfabrizierte Bauteile zum Einsatz kamen – was vor allem für die Stahlbauteile und ihre Knotenpunkte zutrifft –, konnte der Materialverbrauch auf der Baustelle reduziert werden. Der hohe Grad an vorgefertigten Elementen hatte zudem den schönen Nebeneffekt, dass das Haus vergleichsweise schnell errichtet werden konnte. Dadurch liessen sich die Kosten niedrig halten. Zuletzt achteten die Planer ebenso darauf, die Transportwege kurz zu halten, auf denen die teils aus der Region stammenden Bauteile ohne oder mit nur minimaler Verpackung angeliefert wurden.

Die Casa Galpão zeichnet sich durch einen reduzierten Material- und Ressourcenverbrauch sowie durch eine bereits in der Planung berücksichtigte flexible Raumnutzung aus. Im Verbund mit der atemberaubenden Landschaft, in die das Haus eingefügt wurde, kann es die in seiner Einfachheit, Offenheit und Flexibilität zu findenden Qualitäten ausspielen.

**Projekt** Casa Galpão

**Ort** Nova Lima (BR)

**Bauherrschaft** Julia Queiroz und Pedro Franco Barbosa

**Tragwerksplanung** Cremona Engenharia Ltda., Santa Luzia (BR)

**Architektur** Marcos Franchini, Nattalia Bom Conselho mit Amanda Castilho, José Henrique Paiva und Thomáz Marcatto, Belo Horizonte (BR)

**Bauleitung** Amans Empreendimentos e Participacoes Ltda., Santa Luzia (BR)

**Stahlbauunternehmen** Cremona Engenharia Ltda.

**Konstruktionsart** Stahlskelett, ausgefacht mit Mauerwerk

**Tragsystem** Dreidimensionaler biegesteifer Rahmen mit Stahl-Beton-Verbunddecken. Dach: Trapezblech Sandwichpaneel auf Fachwerkträgern

**Stahlsorten** Laminierete Profile ASTM A572, gefaltete Profile ASTM A570 Gr.C, Wellblechelemente A36, verzinkte Dachrinnen ASTM A36

**BGF** 294,5 m<sup>2</sup>

**Nutzfläche** 236 m<sup>2</sup>

**Volumen** 1146,60 m<sup>3</sup>

**Nutzung** Wohnhaus

**Gesamtkosten** R\$ 647 900 (ca. 114 000 CHF)

**Bauzeit** 2018–2019

Alle Schichten des Gebäudes sind nach ihrer Lebensdauer getrennt. Sämtliche Installationsleitungen etwa, ausnahmslos sichtbar geführt, bleiben stets zugänglich.

