

# SMART BAUEN

Architektonische und technische Strategien für energieoptimierte Gebäude, Quartiere und Städte

Smart zu bauen bedeutet, ein ganzheitliches Konzept zu entwickeln, das für die jeweilige Bauaufgabe, Situation und Nutzung sowohl eine Optimierung des Energie- und Materialverbrauchs als auch der Behaglichkeit und Gestaltung zum Ziel hat.

Das Buch stellt eine Vielzahl von Strategien vor, die smartes Bauen ermöglichen - vom einzelnen Raum über die Hülle und das Haus bis hin zur ganzen Stadt. Die Themen »Raumklima, Konstruktionsprinzipien, Materialien, Fassadenplanung, Energiekonzepte, digitale Strategien und Quartiersentwicklung« werden jeweils unter dem Aspekt einer intelligenten und energieoptimierten Bauweise betrachtet und anhand von Praxisbeispielen anschaulich vermittelt. Zahlreiche Architekten, Ingenieure, Experten und Akteure kommen dabei zu Wort und teilen ihre Erfahrungen. Dadurch wird ein wertvoller Praxisbezug hergestellt.

Durch den interdisziplinären und themenübergreifenden Ansatz wendet sich das Buch gleichermaßen an Architekten, Ingenieure und Bauherren wie an alle, die sich für ganzheitlich betrachtete Architektur und energieeffiziente Technik interessieren.

## Prof. Dr. Mike de Saldanha

Architekturstudium; Studium Energie und Umwelt; langjährige Tätigkeit im Ingenieurbüro Hausladen; seit 2002 Inhaber von atelier.ClimaDesign mit den Arbeitsgebieten Energie- und Raumklimakonzepte, Simulation und Architekturberatung; 2006 Promotion an der TU München; seit 2010 Professur für Gebäudetechnologie + Energietechnik, Hochschule Darmstadt, FB Architektur und Innenarchitektur; Mitglied der Handelsblatt Energy Academy; Gründungsmitglied des »Open District Hub«; Autor mehrerer Fachbücher und zahlreicher Veröffentlichungen.

Mike de Saldanha

SMART BAUEN

Fraunhofer IRB Verlag

ISBN 978-3-7388-0277-1



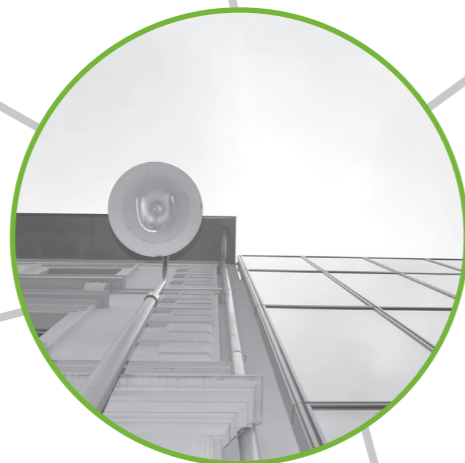
9 783738 802771



# SMART BAUEN

Mike de Saldanha

Architektonische und technische Strategien für energieoptimierte Gebäude, Quartiere und Städte



# EINBLICK

Seit Anbeginn des energiesparenden Bauens haben sich verschiedene Strategien und Strömungen herausgebildet – angefangen bei einem auf aktive und passive Sonnenenergie gestützten Ansatz in den 1970er- und 1980er-Jahren, gefolgt von einer auf absolutes Einsparen basierten Strategie beim Passivhaus. Eine weitere Bandbreite ergibt sich aktuell im Technisierungsgrad, von absoluten Lowtech-Gebäuden bis hin zu Hightech-Strategien, die auf die Potenziale der Digitalisierung und der künstlichen Intelligenz setzen.

Der Autor favorisiert keinen dieser Ansätze als alleiniges Allheilmittel, vielmehr gilt es, für die jeweilige Bauaufgabe und örtliche Situation aus den gegebenen Möglichkeiten ein ganzheitliches Konzept zu entwickeln, das den Nutzeranforderungen weitreichend entspricht. Deshalb besteht der Ansatz des vorliegenden Buches darin, eine Vielzahl von architektonischen, technischen, energetischen und raumklimatischen Strategien im Kontext mit ihren jeweiligen Protagonisten vorzustellen. Um die vielschichtige Thematik in der Linearität eines Buches abbilden zu können, wurde dieses in die Hauptkapitel »Mensch«, »Raum«, »Hülle«, »Haus«, »Stadt« und »Land« untergliedert.

**Mensch** Die Aspekte der Behaglichkeit werden, gegliedert nach den Sinnen, thematisiert und dabei die wichtigsten planungsrelevanten Parameter zusammengestellt und erläutert. Die Herausforderungen und mögliche Strategien einer kreativen Konzeptentwicklung und

Planung werden diskutiert. Ein Exkurs führt in die Themengebiete »BIM« und »Energie im Architekturwettbewerb« ein.

**Raum** Die Zusammenhänge zwischen Lüftung und Raumkonditionierung werden beschrieben und diesbezügliche technische Systeme und Konzepte sowie ihre jeweiligen Einsatzbereiche aufgezeigt. Darüber hinaus werden die künstliche Beleuchtung und Tageslichtnutzung sowie die digitale Steuerung von technischen Systemen im Raum thematisiert.

**Hülle** Einer Zusammenstellung physikalischer Vorgänge an Fassaden folgen verschiedene Strategien für Dämmung und Sonnenschutz sowie mögliche Fassadenkonzepte. Es werden aktuelle Konstruktionsprinzipien im Detail gezeigt und innovative Materialien vorgestellt.

**Haus** Neben verschiedenen Energieerzeugungskonzepten für Gebäude werden raumklimatische Strategien für Wohn-, Verwaltungs-, Unterrichts- und Versammlungsgebäude aufgezeigt. Planungshinweise für die jeweiligen Nutzungen ergänzen die Erläuterungen.

**Stadt** In diesem Kapitel wird auf den aktuellen Trend der energetischen Betrachtung über das einzelne Gebäude hinaus, hin zu einem übergeordneten Konzeptansatz, der mehrere Gebäude, ein Quartier oder ganze Stadtteile einbezieht, eingegangen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Sektorenkopplung.

**Land** Sowohl die ökonomischen als auch ökologischen Potenziale im Kontext der Energiewende werden aufgezeigt. Ein Überblick über aktuelle Gesetze sowie regulatorische Rahmenbedingungen vervollständigt das Werk.

**Ausblick** Der Autor wagt einen Blick in die Zukunft des energieoptimierten Bauens auf die Jahre 2030, 2040 und 2050.

Um die komplexen Themen anschaulich und praxisnah zu vermitteln, werden in allen Kapiteln Projektbeispiele vorgestellt und durch ein Statement des jeweiligen Planers ergänzt. Damit wird ein direkter Praxisbezug hergestellt. Die Betrachtung der ökonomischen Aspekte und Kosten sowie konkrete Planungsstrategien runden die unterschiedlichen Themenbereiche jeweils ab.

Das Buch wendet sich an Architekten, für die Behaglichkeit und niedriger Energieverbrauch wichtige Ziele ihrer Arbeit sind, und an Ingenieure, die eine Optimierung der Gebäudestruktur und Fassade erreichen möchten. Für Studierende führt es die Disziplinen »Entwurf«, »Konstruktion«, »Bauphysik« und »Gebäudetechnik« ganzheitlich zusammen, sodass ein interdisziplinärer Blickwinkel bereits in der Ausbildung gegeben ist. Bauherren, Investoren und allen am Bauen Interessierten vermittelt es die Wissensgrundlage, um Konzepte, Entwürfe und Gebäude im Kontext der Energiewende kompetent beurteilen zu können und damit bessere Entscheidungen zu treffen.

Entsprechend der Vielschichtigkeit des Themas wurde das Buch im Dialog entwickelt. Für die fachliche Detaillierung haben zahlreiche Experten ihr Wissen einfließen lassen und viele Planer und Akteure ihre Praxiserfahrungen geteilt. Für den kreativen Input sei allen Beteiligten gedankt. Meiner Lektorin, Sigune Meister vom Fraunhofer IRB Verlag, gilt mein besonderer Dank dafür, die Thematik »Smart bauen« zur richtigen Zeit angestoßen und das Thema durch kritischen Dialog geschärft zu haben. Sabine Uhland danke ich für die innovative Konzeption des Buches, die frische grafische Umsetzung und die inspirierende, kreative Zusammenarbeit über drei Jahre hinweg.

Gewidmet ist dieses Werk Gerhard Hausladen, mit dem mich ein jahrzehntelanger gemeinsamer Weg beim innovativen Bauen verbindet und der mir ermöglicht hat, auf diesem Gebiet zu arbeiten und zu forschen. Ich verdanke dieser Inspiration meine berufliche Laufbahn und viele wertvolle Erfahrungen und Erkenntnisse, die in das vorliegende Buch eingeflossen sind.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern viel Spaß und interessante Entdeckungen bei der Reise durch die Welt der Sinne, der Physik, der Architektur, der Technik und des Designs – der Welt des smarten Bauens.

München, Darmstadt, Port Adriano  
im April 2021

Mike de Saldanha

# INHALT

<b>EINBLICK</b>	<b>7</b>	Kunstlicht	66
		Ökonomie der Raumkonditionierung	68
		Totenstube, Vrin	70
<b>INHALT</b>	<b>9</b>		
Zeitreise – Konzepte von früher bis heute	10		
<b>MENSCH</b>	<b>13</b>		
Ganzheitliche Behaglichkeit	14		
Visuelle Behaglichkeit	16		
Akustische Behaglichkeit	18		
Thermische Behaglichkeit	20		
Olfaktorische Behaglichkeit	22		
Kreativität und Planung	24		
Building Information Modeling (BIM)	30		
Energie im Wettbewerb	34		
Naturhotel Tannerhof, Bayrischzell	36		
<b>RAUM</b>	<b>39</b>		
Raumkonditionierung	40		
Natürliche Lüftung	48		
Mechanische Lüftung	50		
Raumkonditionierungssysteme	54		
Gebäudesteuerung und Smart Home	56		
»The Living« – Microenergie-apartment	61		
Speichermasse	62		
Technikintegration	63		
Tageslicht	64		

		Kunstlicht	66
		Ökonomie der Raumkonditionierung	68
		Totenstube, Vrin	70
<b>HÜLLE</b>	<b>73</b>		
Fassade als Schnittstelle	74		
Fassadenkonzepte	78		
Bauphysik der Hülle	84		
Wärmeschutz	86		
Anwendung von Dämmstoffen	90		
Glas	92		
Sonnenschutz	94		
Fassadenkonstruktionen	98		
Mehrschichtige Fassaden	100		
Monolithische Fassaden	102		
Holzkonstruktionen	104		
Holzbau	106		
Lehmbau	114		
Strohballenbau	118		
Bauen mit Bambus	120		
Begrünte Fassade	122		
Gebäudeintegrierte Photovoltaik	124		
Hybride Energiefassade	132		
Ökonomie der Gebäudehülle	136		
»Haus 2226« in Lustenau, Österreich	140		

<b>HAUS</b>	<b>143</b>	<b>LAND</b>	<b>217</b>
Standortfaktoren	144	Energiewende im Baubereich	218
Wärme- und Kälteerzeugungssysteme	146	Digitalisierung	222
Energiekonzepte für Gebäude	150	50 Jahre Energiegesetze in Deutschland	224
Technikflächen	154	Energieeinsparverordnung (EnEV) 2016	226
Wohngebäude	156	EnEV-Nachweis Wohngebäude	228
Gemischtgenutzte Gebäude	158	EnEV-Nachweis Nichtwohngebäude	230
Bürogebäude	160	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	233
Unterrichtsgebäude	162	Mieterstrommodell	234
Versammlungsgebäude	164	Kundenanlage	236
Ökonomie der Energietechnik	166	Gebäudeenergiegesetz (GEG)	239
Wohn- und Bürohaus, Darmstadt	172		
<b>STADT</b>	<b>175</b>	<b>AUSBLICK</b>	<b>241</b>
Potenziale von Quartieren	176	2020–2030 Die digitale Dekade	242
Mobilität	182	2030–2040 Die Green-Tech-Phase	244
Sortimo Innovationspark, Zusmarshausen	186	2040–2050 Das interplanetare Zeitalter	248
Energiekonzepte für das Quartier	188		
Energiespeicherung	192	<b>ANHANG</b>	<b>251</b>
Wasserstoff-Research-Center, Vonovia AG	200	Lebenswege und Stationen	252
Sektorgekoppelte Quartiere	202	Literatur, Normen und Gesetze	254
Musterquartiere	206	Fotografen und Bildnachweis	284
Ökonomie von Quartieren	210	Stichwortverzeichnis	290
Brucklyn – »place to be« in Erlangen	212	Impulse und Unterstützung	296
		Impressum	297

## HOLZBAU

»Die Caplutta ist aus Holz gebaut. Durch das Sonnenlicht wird sie dunkel werden, schwarz im Süden, silbergrau im Norden, wie die alten Bauernhäuser.«

Peter Zumthor,  
Caplutta Sogn Benedetg  
(Kapelle des Heiligen Benedikt) in Sumvitg, Schweiz,  
1988



Holz ist das ursprünglichste Baumaterial, es wird seit Anbeginn der Menschheit in vielfältiger Weise genutzt. Konstruktionen aus Holz können äußerst langlebig sein. So stehen heute immer noch Fachwerkhäuser aus dem Mittelalter und Dachstühle von romanischen Kirchen bestehen bereits seit über 1000 Jahren. Der Holzbau ist im Zuge der Technisierung und der damit einhergehenden Favorisierung von industriellen Baustoffen wie Stahl, Beton und Kunststoff ab den 1950er-Jahren in den Hintergrund gerückt. Mit dem Aufkommen der ökologischen Architektur hat das Bauen mit Holz ab der Jahrtausendwende wieder einen Aufschwung erfahren. Aktuell werden im Holzbau nach wie vor traditionelle Konstruktionen in Holzskelettbauweise mit Stützen, Balken und Brettern verwendet. In letzter Zeit sind jedoch auch neue Konstruktionsweisen hinzugekommen, insbesondere der Holzrahmenbau mit dafür besonders ausgelegten Holzwerkstoffen. Auch Fertigteilkonstruktionen aus Massivholz und Mischkonstruktionen, z. B.

Betonverbund-Decken, werden immer häufiger eingesetzt. Die Rückbesinnung auf den Baustoff Holz wurde mit dem Trend zum energieoptimierten Bauen verstärkt, auch im Hinblick auf eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg. Dabei ist auch der Aspekt der dauerhaften Bindung von CO<sub>2</sub> im verbauten Holz ein gewichtiges Argument geworden. Wurden früher aus Brandschutzgründen nur Einfamilienhäuser und kleinere Bauten mit Nutzungseinheiten kleiner als 400 m<sup>2</sup> in Holzbauweise ausgeführt, so werden in jüngster Zeit immer häufiger Gebäude der Gebäudeklasse 5, die eine größere Gebäudehöhe zulassen, in Holzbauweise errichtet. In Bezug auf das Gewicht sind Holzkonstruktionen ca. 40 % bis 60 % leichter als massive Konstruktionen. Damit eignen sie sich auch insbesondere für die Aufstockung von Bestandsgebäuden, wenn die statischen Möglichkeiten begrenzt sind. So kann das aktuell wichtige Thema der Nachverdichtung in Städten einfacher gelöst werden.

## Nachhaltigkeit

Der Baustoff Holz wächst in den Wäldern kontinuierlich nach. In der Wachstumsphase nehmen die Bäume aus der Luft CO<sub>2</sub> auf und bilden mit der Solarstrahlung über Photosynthese die Holzstruktur. Auf diese Weise wird in jedem Kubikmeter Holz ca. eine Tonne CO<sub>2</sub> gebunden, was in etwa 10 % der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emission eines Menschen entspricht. Um diesen Effekt der CO<sub>2</sub>-Bindung aufrechtzuerhalten, ist es erforderlich, dass dem Wald kontinuierlich Holz in Form von ausgewachsenen Baumstämmen entnommen wird. Damit dies sinnvoll und wirtschaftlich erfolgen kann, ist eine Nachfrage nach Holz notwendig, wofür der Holzbau einen wichtigen Beitrag leistet. Der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt von Holz liegt je nach Bearbeitungsgrad bei 0,7 MJ/kg (unbehandelt, luftgetrocknet) bis 3,2 MJ/kg (gehobelt, technisch getrocknet). In Bezug auf das Volumen ergeben sich je nach Holzart, Transportentfernung und Verarbeitungsweise typische Werte für den Primärenergieinhalt von 1000 MJ/m<sup>3</sup> bis 3000 MJ/m<sup>3</sup>. Diese Werte sind vergleichbar mit denen von Ziegel und Beton, die jeweils ca. 1500 MJ/m<sup>3</sup> aufweisen. Der Primärenergieinhalt von Holz ist wesentlich niedriger als der von Stahlbeton mit je nach Bewehrungsgrad 3000 MJ/m<sup>3</sup> bis 4000 MJ/m<sup>3</sup>. Im Vergleich zu Baustahl ist Holz bezogen auf den Primärenergieinhalt ca. 50- bis 100-mal günstiger. Holz ist auf einfache Weise recycelbar, kann leicht einer neuen Nutzung zugeführt werden und lässt sich ohne schädliche Emissionen thermisch entsorgen.



Über einen Lebenszyklus von fünfzig Jahren hinweg ist der Primärenergiebedarf für Errichtung, Unterhalt und Entsorgung bei Holzgebäuden um ca. 40 % bis 50 % geringer als bei konventionell errichteten Massivbauten. Er liegt bei Holzbauten bei ca. 25 kWh/(m<sup>2</sup> a) und bei konventionellen Gebäuden bei ca. 35 kWh/(m<sup>2</sup> a). Dieser Energieaufwand ist vergleichbar bzw. höher als der Primärenergiebedarf für die Heizung des Gebäudes während dieses Lebenszyklus. Tendenziell ist der Energiebedarf für die Heizung bei Holzgebäuden niedriger als bei Massivbauten, da sich mit dem Holzbau energieoptimierte Fassaden kostengünstig und mit geringerer Wandstärke realisieren lassen. So hat eine Holzrahmenkonstruktion mit einem U-Wert von 0,15 W/(m<sup>2</sup>K) eine Wandstärke von nur ca. 32 cm, bei einer Massivkonstruktion mit gleichem Wärmeschutz ist eine Wandstärke von 46 cm erforderlich. Im Holzbau können mit einer 25 cm dicken Wand, die einen U-Wert von 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) aufweist, bereits die gesetzlichen Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllt werden.

## Konstruktionsweisen

Im Holzbau haben sich zahlreiche Konstruktionsweisen etabliert. Als horizontale Tragwerke können klassische Holzbalken, Fertigdecken oder Holzleimbinder eingesetzt werden. Bei Holzbalken ergeben sich, bedingt durch die Länge und den Querschnitt der Bäume, Beschränkungen in Bezug auf die Balkenhöhe und die Balkenlänge, sodass wirtschaftliche Spannweiten bis maximal 7 m ausgeführt wer-



Caplutta Sogn Benedetg, bei Chur in der Schweiz: Die 1988 erbaute Kapelle ist ein Frühwerk des Architekten Peter Zumthor, der mit seinen Werken dem Holzbau zu weiter Verbreitung verholfen hat.

Innenraum der Kapelle mit den markanten Stützen und dem Dachtragwerk aus Holz

den können. Vorgefertigte Brettstapel- oder Hohlkastendecken ermöglichen Spannweiten von 10 m bis 20 m. Mit Brettschichtholzkonstruktionen können Spannweiten von 35 m bis zu 50 m überbrückt werden. Eine weitere Konstruktionsweise sind Betonverbunddecken, bei denen auf eine dünnere Holzdecke eine Betonschicht gegossen wird. Auf diese Weise werden die Vorteile beider Materialien genutzt. Fassaden können als Massivkonstruktion mit vorgesetzter hinterlüfteter Dämmung, als Holzskelettbauweise oder als vorgefertigte Holzrahmenkonstruktion realisiert werden. Generell ist bei Holzkonstruktionen aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit von Holz die Wärmebrückenproblematik wenig ausgeprägt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Holz die fertige Innenoberfläche bilden kann.

#### Bauphysikalische Eigenschaften

Die Wärmeleitfähigkeit von Holz liegt bei 0,13 W/(mK) bis 0,17 W/(mK). Sie ist damit vergleichbar mit der von konventionellen tragenden Ziegelsteinen und über zehnfach geringer als die von Beton. Die gewichtsbezogene spezifische Wärmespeicherkapazität ist mit ca. 0,7 Wh/(kgK) etwa doppelt so hoch wie die von Ziegel oder Beton. Bei der volumenbezogenen Wärmespeicherdichte ist Holz mit 0,35 kWh/(m<sup>3</sup>K) bis 0,45 kWh/(m<sup>3</sup>K) vergleichbar mit Ziegelmauerwerk, Beton ist aufgrund der hohen Rohdichte jedoch um ca. 50 % besser. Im Bereich der Bauklimatik darf das Wärmespeichervermögen eines Baustoffs nicht für sich allein betrachtet werden, sondern muss aufgrund der kurzen Ein- und Ausspeicherzeiten von wenigen bis zu maximal zwölf Stunden immer auch im Zusammenhang mit der Wärmeleitfähigkeit gesehen werden. Dies liegt darin begründet, dass Speichervorgänge in der Bauklimatik in der Regel eine Betrachtung über 24 Stunden hinweg aufweisen, z. B. bei der Nachtlüftung oder der Kurzzeitspeicherung solarer Einträge. Vor diesem Hintergrund ist Massivholz vergleichbar mit Ziegel. Beton stellt aufgrund der sehr hohen Wärmeleitfähigkeit wesentlich mehr schnell verfügbare ther-

misch aktive Speichermasse zur Verfügung, da die Wärme in der begrenzten Zeit schnell in das Bauteil eindringen kann. Dieser Effekt kann durch eine höhere wärmeübertragende Oberfläche wieder ausgeglichen werden. Dies ist bei Innenausbaukonstruktionen aus Holz auf einfache Weise möglich, z. B. durch Bohrungen oder gefräste Schlitze, die häufig aus raumakustischen Gründen vorgenommen werden. Bei Innenausbauten mit gitterartigen oder lamellenartigen Strukturen, die häufig zur Raumbildung oder zur Wand- und Deckenverkleidung eingesetzt werden, erhöht sich die wärmeübertragende Oberfläche zur Raumluft erheblich und es kann auf diese Weise mit Holz eine umfangreiche thermisch aktive Speichermasse bereitgestellt werden. Der Schallabsorptionsgrad von Holz ist meist günstiger als der anderer Materialien für den Innenausbau, insbesondere bei niedrigeren Frequenzen. Deshalb kann mit Innenoberflächen aus Holz die Raumakustik auf einfache Weise verbessert werden. Dies ist bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Holzkonstruktionen zu berücksichtigen, da sich weitere raumakustische Maßnahmen damit oftmals erübrigen.

#### Wohlfühlgefühl

Aus emotionaler Sicht wird Holz mit Wärme und Gemütlichkeit in Verbindung gebracht. Das zeigt sich u. a. auch daran, dass das Material in seiner unregelmäßigen Struktur und Haptik bei vielen Innenausbaukonzepten oftmals erlebbar gemacht wird. Die geringe Wärmeleitfähigkeit von Holz bewirkt, dass es sich bei Berührung mit der Haut warm anfühlt. Naturholz emittiert keine Schadstoffe, es können jedoch Gerüche freigesetzt werden, insbesondere in frischem Zustand. Die Geruchs- und Aromastoffe im Holz sind hauptsächlich Terpene und Phenole. Die duftenden Bestandteile des Holzes sind überwiegend organisch und beeinflussen auch andere Eigenschaften, wie z. B. die Dauerhaftigkeit, die Lichtbeständigkeit oder die wasserabweisende Wirkung. In der Regel wird Holzgeruch positiv wahrgenommen, insbesondere die harzigen Aromen aus

Fichte oder Kiefer. So enthalten auch viele Parfüme immer wieder Duftaromen, die Holznoten enthalten. Ab einer gewissen Intensität und bei bestimmten Holzarten kann der Geruch von Holz aber auch als störend empfunden werden, teilweise auch in Abhängigkeit vom Feuchtegrad. Den Duftstoffen aus dem Holz werden mitunter positive Wirkungen für den Schlaf und das Wohlbefinden zugesprochen. Ein Beispiel dafür ist der süße, frische Duft von Zirbenholz, der über viele Jahre anhalten kann. Bei der Holzbehandlung zum Holzschutz oder zur Versiegelung der Oberflächen ist besonders auf Schadstoffemissionen zu achten, die auch bei Naturprodukten auftreten können. Bei behandelten oder versiegelten Holzoberflächen ist die Geruchsfreisetzung, je nach Inhaltsstoff oder Lösemittel, teilweise erheblich, mitunter auch langandauernd. Selbst positiv besetzte Gerüche, wie z. B. Zitronenöl, können ab einer gewissen Intensität als unangenehm empfunden werden. Zu bedenken ist dabei auch, dass durch Geruchsemissionen im

Raum gegebenenfalls ein höherer Luftwechsel erforderlich werden kann, der sich energetisch ungünstig auswirkt.

#### Wirtschaftlichkeit

Im direkten Vergleich der Investitionskosten ist der Holzbau zunächst 10 % bis 20 % teurer als der konventionelle Massivbau. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass man mit dem Holzbau zum einen eine erhöhte Funktionalität und Qualität erreichen kann und zum anderen die Folgekosten im Laufe des Lebenszyklus geringer sind. Ein weiterer ökonomischer Vorteil liegt in den verkürzten Bauzeiten aufgrund der Vorfertigung. Ebenso sind die Innenoberflächen bereits fertig und können funktional ausgebildet werden, z. B. in raumakustischer Hinsicht. Holz ist bei entsprechender Konstruktionsweise, insbesondere dem Schutz vor Feuchtigkeit und Insekten, ohne Wartungsaufwand äußerst langlebig. Bei Holzbauten ist von Gesamtnutzungsdauern von über 100 Jahren auszugehen. In dicht bebauten Städten



Wohlfühlkoken im Hotel 7132 in Vals:  
»Kengo Kuma hat einen behaglichen Koken geschaffen, der einem mit seinen modernen Eichenholz-Paneelen aus der Schweiz sprichwörtlich umarmt.«

[Hotel 7132, Vals]

haben die Grundstückspreise einen hohen Anteil an den Gebäudekosten bzw. ist die bebaubare Fläche limitiert. Da Holzkonstruktionen, bedingt durch die in der tragenden Konstruktionsebene liegende Wärmedämmung, bei gleicher Dämmwirkung eine geringere Wandstärke aufweisen als Massivbauten, ergibt sich ein ökonomischer Vorteil, da mehr nutzbare Fläche realisiert werden kann. Nicht zuletzt stellt auch das Wohlgefühl, das sich bei vielen Nutzern von Holzgebäuden einstellt, einen Wert dar.

Vorfertigung

Bereits von Anbeginn des Holzbaus wurde mit der Strategie der Vorfertigung gearbeitet, insbesondere um die Verbindungsstellen auszubilden, wofür stets besonders ausgebildete Handwerker benötigt wurden. Heute hat die Holzverarbeitung einen hohen maschinellen Anteil, auch bedingt durch die Digitalisierung, die es ermöglicht, dass Planungsdaten aus CAD-Programmen direkt an Holzbearbeitungsmaschinen, z. B. CNC-Fräsen, übergeben

werden können. Da das Rohholz ohnehin getrocknet und maschinell bearbeitet werden muss, bietet es sich an, das Rohmaterial gleich zu Stützen, Trägern, Holzrahmentafeln oder ganzen Raumzellen weiterzuverarbeiten. In den letzten Jahren hat sich eine Vielzahl von Holzverbundwerkstoffen etabliert, aus denen vorgefertigte Elemente erstellt werden können. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads verkürzt sich die Bauzeit auf der Baustelle erheblich, sodass ein Teil der Kosten wieder eingespart wird. Zudem ist die Bauqualität aufgrund der Vorfertigung in der Werkstatt ohne störende Witterungseinflüsse besser. Es lassen sich Leitungen und Elemente verschiedener Gewerke, z. B. Elektro und Sanitär, in die vorgefertigten Holzelemente auf einfache Weise integrieren. Auch ist der Materialfluss einfacher und die Montagewege sind kürzer. Zudem müssen auf der Baustelle weniger Schnittstellen koordiniert werden. Je nach Gebäudekonzept werden unterschiedliche Vorfertigungsgrade realisiert. Bei einem Gebäude, bei dem das

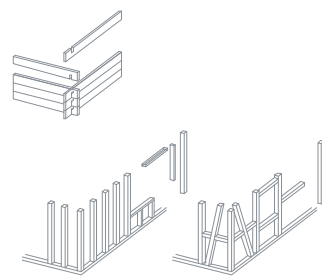
Tragwerk auf einem Raster basiert, entstehen für Stützen und Balken viele gleiche Bauteile. Ebenso können dann die Deckenelemente vorgefertigt werden. Auch die Fassade und die Innenwände können als Massiv- oder Holzrahmenkonstruktion als ganze Wandtafeln mit dem kompletten Wandaufbau und fertig eingebauten Fenstern oder Türen vorgefertigt werden. Der maximale Vorfertigungsgrad entsteht, wenn komplett installierte Raumzellen im Werk vorgefertigt, auf der Baustelle übereinander gestapelt und die Leitungen nur zusammengesteckt werden müssen. Ein Nachteil der Vorfertigung besteht darin, dass mitunter großvolumige Teile zu transportieren sind, wodurch eventuell Sondertransporte erforderlich werden. Deshalb sollte die Entfernung zwischen Werkstatt und Baustelle nicht zu groß sein. Der Planungsaufwand ist höher, deshalb bietet sich die Vorfertigung insbesondere bei vielen gleichen Teilen oder Räumen an.

Skizzen gestaltet. Nach einer Entwurfszeichnung folgt dann die Ausführungsplanung. Die Fertigung der Ausbauelemente findet mittlerweile häufig mit digital gesteuerten Maschinen statt. Erfolgt die Ausführungsplanung auf digitaler Weise CAD-basiert, so können die Daten über eine Schnittstelle an ein CAM-Programm übergeben werden. Dieses erstellt einen NC-Code, der dann die Holzbearbeitungsmaschine ansteuert. Liegt keine CAD-Planung vor, so muss die Geometrie des Werkstücks im CAM-Programm erfasst werden. Dieser Prozess verdeutlicht, dass eine digitale Fertigung umso wirtschaftlicher wird, je mehr gleiche Teile gefertigt werden. Der Aufwand der digitalen Arbeitsvorbereitung verteilt sich dann auf viele Bauelemente. War der Innenausbau früher von massiven Hölzern bestimmt, so werden mittlerweile eine Vielzahl von biogenen Verbund- und Plattenwerkstoffen eingesetzt. Damit entstehen innovative Gestaltungs- und Fertigungsmöglichkeiten, die zu neuen optischen und haptischen Erlebnissen führen.

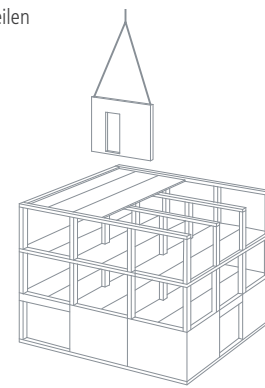
Innenausbau

Auch der Innenausbau durch den Schreiner basiert weitgehend auf einer Vorfertigung der Bauelemente. Auf der Grundlage von detailgenauen Bestandsplänen findet der Entwurf mit anschließender Ausführungsplanung statt. Wenn der Bauablauf zeitlich so getaktet ist, dass der Schreiner mit seiner Ausführung beginnt, bevor die Maße am Bau überprüft werden können, muss er sich auf die maßgenaue Arbeit der vorhergehenden Gewerke verlassen und dennoch Toleranzen einplanen. Im Innenausbau werden Möbel zunächst anhand von

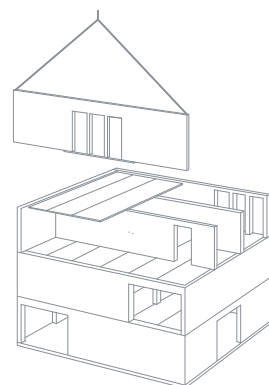
Zusammenbau von Einzelteilen  
Blockbau,  
Ständerbau,  
Fachwerkbau



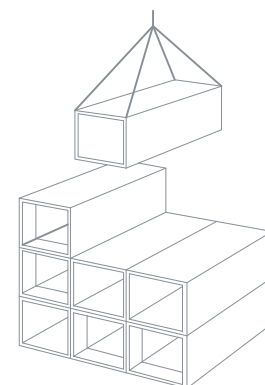
Kombination aus Einzelteilen  
und Elementen  
Holzskelettbau



vorgefertigte, tragende  
Elemente/Wände/Decken  
Holzrahmenbau,  
Holzmassivbau  
(Brettspertholz)

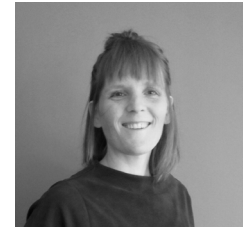


vorgefertigte Raumzellen  
Holzrahmenbau,  
Holzmassivbau  
(Brettspertholz)



Bauweisen im Holzbau:  
Im Holzbau gibt es verschiedene Bauweisen, die sich je nach Vorfertigungsgrad unterscheiden. Es gibt den Zusammenbau von Einzelteilen, die Kombination von Einzelteilen und Elementen, das Zusammenfügen von Wand- oder Deckenelementen sowie das Erstellen komplett vorinstallierter Raumzellen.

[Grafik nach Peter Schober, proHolz Information, 2002]



Johanna Uhland,  
Uhland GmbH, Darmstadt:

»Moderne, innovative Fertigungsmöglichkeiten schaffen kreative Potenziale für neue gestalterische Aufgabenstellungen und Inspirationen.«

CNC-Maschine zur digitalen Fertigung von Ausbauelementen aus Holzwerkstoffen

Digital geplante und gefertigte Werkstücke

## LEBENSWEGE UND STATIONEN

### | Prof. Dr. Mike de Saldanha

#### Lebensweg

geboren in München\_05.04.1966  
aufgewachsen in Goa (Indien), Lissabon und München\_1966–1978  
verheiratet\_2010 mit Christiane de Saldanha  
zwei Kinder\_2001 Fabio, 2005 Emilio

#### Ausbildung

Lehre zum Energieanlagenelektroniker\_1982–1985 Siemens AG München,  
Abschluss mit bayrischem Staatspreis  
eigene Firma für Fotografie\_1986, München  
Fachabitur\_1987 Fachoberschule, München  
Studium Architektur\_1987–1992 Fachhochschule, München und Würzburg  
Studium Philosophie\_1993–1994 Universität Würzburg  
Studium Energie und Umwelt\_1994–1996 Universität Gesamthochschule Kassel  
Studium Architektur\_1995–1996 Universität Gesamthochschule Kassel  
Diplom Architektur\_1996 am FG Technische Gebäudeausrüstung, Prof. Dr.-Ing. G. Hausladen: Dynamische Gebäudesimulation

#### Solarmobilexpedition

Entwicklung und Konstruktion eines Langstreckensolarmobils\_1994, Kassel  
Solarexpedition nach Nordafrika\_1995, Kassel, Marseille, Tunis, Djerba  
Mitwirkung in der Arbeitsgemeinschaft Solartechnik\_1994–1997, Kassel

#### Ingenieurbüro Hausladen

Mitwirkung bei der nachhaltigen Konzeption von großen Bauprojekten und klimatisch-technische Beratung bei renommierten, internationalen Architekturwettbewerben\_1996–2010, Kirchheim bei München

#### Universität Gesamthochschule Kassel

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am FG Technische Gebäudeausrüstung, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen\_1998–2001 Fachbereich Architektur, Gesamthochschule Kassel

Initiierung und Konzeption des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen\_1998, Kassel  
Begleitforschung im Programm Solaroptimiertes Bauen, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen\_1999–2002, Kassel

#### Technische Universität München TUM

Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl Bauklimatik und Haustechnik, Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard Hausladen\_2002–2007  
Fachbereich Architektur, TU München  
Initiierung der Gruppe Climadesign\_2003, München  
Konzeption der Ausstellung Climadesign auf der BAU\_2003, 2005, 2007, München  
Promotion am Lehrstuhl Bauklimatik und Haustechnik\_2006, Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard Hausladen/Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser: Interaktion von Hülle, Struktur und Raum

#### atelier.ClimaDesign

Alleingesellschafter des Ateliers für ganzheitliche Architekturentwicklung, Energiekonzepte, Technologieberatung und Simulation\_seit 2002, München

#### Hochschule Darmstadt h\_da

Professur für Gebäudetechnologie + Energietechnik am Fachbereich Architektur und Innenarchitektur\_seit 2010  
Etablierung ClimaDesignlabor\_2011  
Initiierung eines Dialogprojekts mit dem Goetheinstitut in Shanghai\_2011  
Hochschulkooperation mit China\_2012, Shenyang Jianzhu University, Liaoning  
Beauftragter für Internationalisierung und Forschung\_seit 2013  
Hochschulkooperation mit Dubai\_2015, Ajman University, UAE  
Mitglied des Zentrums für Forschung und Entwicklung\_seit 2016

#### Publikationen

über 40 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften

Einführung in die Bauklimatik\_2003 Ernst & Sohn, Berlin  
Bauklimatik und Energietechnik für hohe Häuser\_2003 Beitrag in Betonkalender 2003 Ernst & Sohn, Berlin  
ClimaDesign – Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik mehr können\_2005 Callwey, München  
ClimaSkin – Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten\_2006 Callwey, München  
Beitrag in Umweltbewusstes Bauen, Festschrift zum 60. Geburtstag von Gerd Hauser\_2008 Fraunhofer IRB, Stuttgart  
Bauphysikkalender (Beiträge)\_2004 und 2007 Ernst & Sohn, Berlin  
Klimagerecht Bauen – Ein Handbuch\_2012 Birkhäuser, Basel

#### Fachliche Aktivitäten

Beirat des Studiengangs Klimaengineering an der Donau Universität Krems\_2002–2010  
Gründungsmitglied Climadesign e.V.\_2007  
Mitglied des Aufsichtsrats Jost Energy AG\_seit 2016, München  
Handelsblatt Energy Award 2017\_Gewinner in der Kategorie »Smart Infrastructure« mit dem Quartiersenergiekonzept »Brucklyn«  
Mitglied der Handelsblatt Energy Academy\_seit 2018, Berlin  
Gründungsmitglied des Open District Hub der Fraunhofer-Gesellschaft und Sprecher der »Arbeitsgruppe Quartiere«\_2018, München  
Aufsichtsratsmitglied Ampeers Energy\_2019



### | Sabine Umland

#### Lebensweg

geboren in Fulda\_16.04.1989  
aufgewachsen in Fulda\_1989–2010  
Wohnort Darmstadt\_seit 2010  
verheiratet\_2020 mit Johanna Umland

#### Ausbildung

Fachabitur\_2007, Fachoberschule Fulda  
Lehre zur Tischlerin\_2007–2010, Fulda  
Studium Architektur\_2010–2017 Hochschule Darmstadt  
Master of Arts Architektur\_2017 Hochschule Darmstadt

#### Hochschule Darmstadt h\_da

Mitarbeit am Fachbereich Architektur – Modellbau\_2011–2016, Darmstadt  
Mitwirkung am Projekt ClimaDesign 2.0, FG Gebäudetechnologie + Energietechnik\_2016, Darmstadt

#### Umland GmbH

Mitwirkung in den Bereichen Entwurf, Fertigung, Firmenpräsenz\_seit 2013, Darmstadt

#### Lamott.Lamott Architekten

Mitwirkung an diversen Architekturwettbewerben, europaweit\_2014, Stuttgart

#### herzig | architekten

Mitarbeit bei herzig | architekten, Architekten Ingenieure GmbH\_seit 2016, Darmstadt



Prof Dr. Mike de Saldanha:

»Wer sich beim Planen nur nach Normen und Richtlinien richtet, baut Gebäude, die effizient, aber nicht nachhaltig sind!«

Sabine Umland:

»Nachhaltiges, smartes Bauen erfordert ein Umdenken, Weiterdenken und oft auch ein Zurückdenken in der Gesellschaft.«