

# Entwurf für ein Plusenergiehaus

## Flexibilität, Ästhetik und Umweltverträglichkeit im +++Haus



Aufbauend auf dem Ergebnis eines von der Stadt Dortmund initiierten Wettbewerbs für Plusenergiehäuser, wurde der erstplatzierte Entwurf durch das Architektur Contor Müller Schlüter und die Gertec Ingenieurgesellschaft mit Hilfe von Fördermitteln der Bundesstiftung Umwelt weiterentwickelt. Ergebnis ist ein Konzept, welches versucht, die Lücke zwischen kostspieligen, wissenschaftlichen Leuchtturmprojekten und der oftmals stark dahinter zurückbleibenden, verbreiteten baulichen Praxis zu verringern.

**Björn Fries<sup>1</sup>,  
Christian Schlüter<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Architekt, Architektur  
Contor Müller Schlüter,  
42103 Wuppertal,

<sup>2</sup>Prof. Dipl.-Ing. Architekt BDA,  
Architektur Contor Müller Schlüter,  
42103 Wuppertal

**E**igentlich ist der Sachverhalt eindeutig: Wenn wir ernsthaft ein Interesse daran haben, die globalen Klimaschutzziele auch nur ansatzweise zu erreichen, müssen wir die Auswirkungen unseres täglichen, persönlichen Konsums dramatisch reduzieren und auf ein für unseren Planeten langfristig verträgliches Niveau bringen. Ausschließlich das zu verbrauchen, was unser Ökosystem sowohl kurz- als auch langfristig in der Lage ist, für uns bereitzustellen, ist die Grundlagen jeden nachhaltigen Handelns. Wenn diese Bestrebungen dabei zu dauerhaften Lösungen führen und die Lasten noch dazu gerecht verteilt werden sollen, wird dies allerdings nicht ohne massive Eingriffe in die Gewohnheiten jedes Einzelnen möglich sein.

Schaut man sich den Nachhaltigkeitsdiskurs an, so stellt man – auch abseits der bekannten, postfaktischen Filterblasen – gemeinhin eine kollektive Form der

Verdrängung dieser schmerzhaften Erkenntnis fest. Allzu oft verlieren wir uns im Glauben daran, die Klimaprobleme ausschließlich mit technologischem Fortschritt, Effizienzsteigerungen, Emissionszertifikatehandel oder anderen einfachen Maßnahmen lösen zu können. Ein „weiter so wie bisher, nur eben besser ...!“ scheint vielfach die vorherrschende Strategie zu sein. Schaut man genauer hin, erkennt man zudem, dass es in der Regel noch nicht einmal bei einem „weiter so“ bleibt. So steigt beispielsweise der Flächenbedarf pro Kopf seit Jahren kontinuierlich an. Automodelle werden mit jeder neuen Version größer statt kleiner. Die Treibhausgasemissionen in Deutschland sind seit 2009 nicht mehr nennenswert gesunken, sondern liegen auf einem mehr oder weniger konstanten Niveau. Diese Beispiele ließen sich beliebig fortführen. Ein zu Grunde liegendes Phänomen ist unter dem Begriff des Rebound-Effekts bekannt und erforscht.

Grundlage des erstplatzierten Plusenergiehausentwurfs, der durch das Architektur Contor Müller Schlüter und die Gertec Ingenieurgesellschaft mit Hilfe von Fördermitteln der Bundesstiftung Umwelt weiterentwickelt wurde, war die Typologie des Einfamilienhauses. Dies mag einerseits verwundern, da die hiermit verbundene Siedlungs- und Gebäudeform den oben beschriebenen Nachhaltigkeitsbestrebungen zunächst grundsätzlich und strukturell zu wider läuft. Andererseits stellt man fest, dass es sich gerade bei Einfamilienhäusern in Deutschland (und den meisten anderen Ländern zumindest der westlichen Welt) um die am weitesten verbreitete Wohnform handelt, die völlig unzweifelhaft den Idealvorstellungen einer breiten Mehrheit der Bevölkerung zu entsprechen scheint. Eine Bereitschaft diese Vorstellungen

Visualisierung des +++Haus



Bild: rendertaxi

aufzugeben ist auch in näherer Zukunft nicht zu erwarten. An diesem Punkt setzt das +++Haus an.

### Was will das +++Haus?

Das +++Haus (Bild 1) soll eine hohe Lebensqualität ermöglichen, die dauerhaft und auch bei ganzheitlicher Betrachtung im Lebenszyklus nicht zu Lasten der Umwelt geht. Herauszufinden, wie diesem Ziel am wirtschaftlichsten nahegekommen werden kann, war die konkrete Aufgabe des Forschungs- und Entwicklungsprojekts. Für das Projekt wurden Ziele in vier Bereichen definiert. Die ersten beiden Themenfelder beschreiben Entwurfsaspekte, die gewissermaßen als Grundvoraussetzung gelöst werden müssen, damit es überhaupt Sinn macht, sich mit den anderen beiden Themenfeldern im Detail zu beschäftigen.

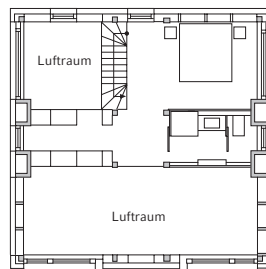
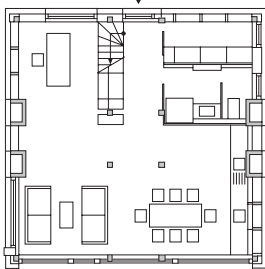
#### a) Flexibilität

Für eine nachhaltige Nutzbarkeit eines Gebäudes ist es von entscheidender Bedeutung, dass sich dieses flexibel an die Bedürfnisse der Bewohner anpassen lässt. Flexibilität wird vielfach gefordert und ist in der Theorie grundsätzlich toll. In der Praxis scheitert sie allerdings in der Regel an einem zu hohen Aufwand und der Bequemlichkeit. Insbesondere Einfamilienhäuser weisen daher für weite Teile der Nutzungsphase wenig sinnvolle Überkapazitäten auf. Diese Form von Flexibilität die schlicht darauf basiert, alle Eventualitäten mit Reserven abzudecken, die im Normalfall nicht benötigt werden ist von verschwenderischer Natur und kann daher kaum als nachhaltig bezeichnet werden.

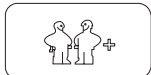
Das +++Haus lässt sich daher in seinem Inneren extrem einfach so anpassen, dass sowohl die Anforderungen eines Singlehaushalts, als auch die einer vierköpfigen Familie komfortabel erfüllt werden können. Die Anpassung der Raumstruktur von beispielsweise einem doppelgeschossigen Loftcharakter zu einem Maximum an Individualräumen lassen sich mit durchschnittlichem, handwerklichem Geschick und mit geringem Aufwand auch in Eigenleistung der Nutzer herstellen. All dies geschieht in einem extrem kompakten Gebäudevolumen.

## 3 Grundrisse Nutzungsszenario

offene Wohn-/ Ess-/  
Arbeits Ebene



+ Galerieebene  
Schlafen/ Ankleide

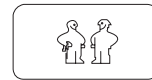
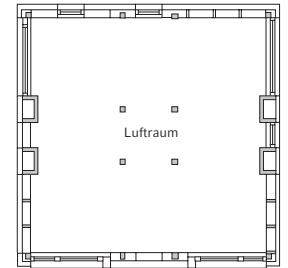
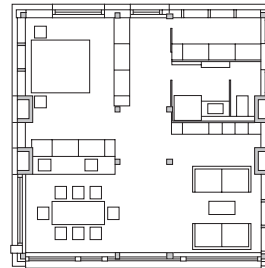


zusätzliche Galerieebene im 1. OG

Quelle: ACMS Architekten

## 2 Grundrisse Nutzungsszenario

60 m<sup>2</sup> „Loft“ mit  
doppelter Raumhöhe



doppelgeschossiges Loft 60 m<sup>2</sup>

Quelle: ACMS Architekten

#### b) Ästhetik und Funktionalität

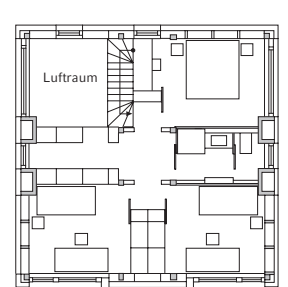
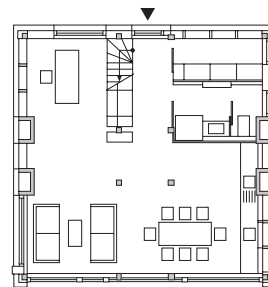
Häuser werden nicht gebaut, um Energie zu sparen oder sich positiv auf die Umwelt auszuwirken, sondern damit sich Menschen in Ihnen wohlfühlen. Kein Mensch will ernsthaft in einem Objekt wohnen, das sich zwar ggf. nicht negativ auf die Umwelt auswirkt, mit dem eine Identifikation aber schon aufgrund des Erscheinungsbildes ggf. nicht möglich ist und/oder dessen Benutzung noch dazu unpraktisch ist. Das +++Haus will daher in erster

Linie durch eine hohe Ästhetik und große Funktionalität überzeugen. Dies manifestiert sich insbesondere in der Auswahl von Materialien, sowie gut strukturierten Grundrissen mit extrem geringem Verkehrsflächenanteil.

#### c) Umweltverträglichkeit

Die Wärme- und Stromversorgung von Wohngebäuden ist in Deutschland für fast ein Viertel der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Gleichzeitig bleibt die Beschäftigung mit dem Energie-

## 4 Grundrisse Nutzungsszenario

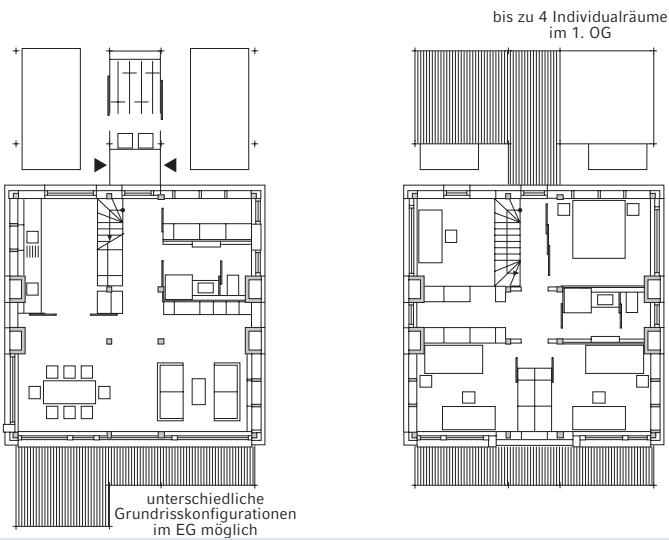


+ weitere  
Individualräume

zwei weitere Individualräume

Quelle: ACMS Architekten

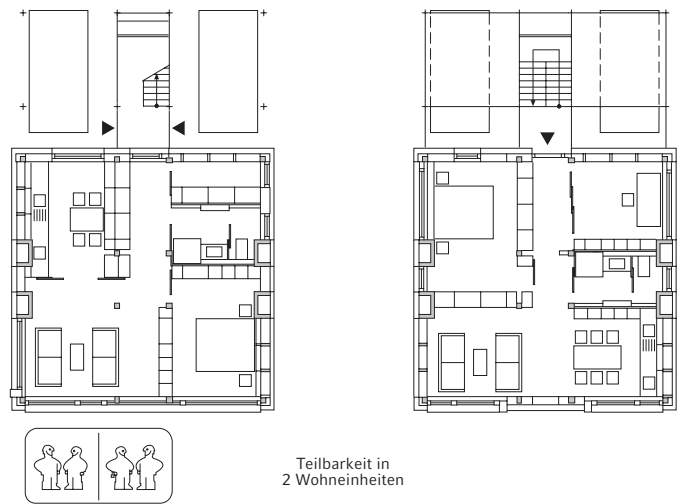
## 5 Grundrisse Nutzungsszenario



max. Fläche ca. 120 m<sup>2</sup> - vier Individualräume und zusätzliche Anbauten

Quelle: ACMS Architekten

## 6 Grundrisse Nutzungsszenario



zwei Wohneinheiten á 60 m<sup>2</sup>

Quelle: ACMS Architekten

bedarf eines Gebäudes nur ein Blick durchs Schlüsselloch. Die Auswirkungen auf die Umwelt lassen sich durch diese Größe nur sehr unvollständig abschätzen. Eine Einbeziehung der Prozesse aus der Herstellung ist zudem nur sehr schwierig möglich. Aus diesem Grund ist die anfängliche Beschäftigung mit dem Energiebedarf im Projektverlauf immer weiter zu Gunsten einer Betrachtung der Ökobilanz des Gebäudes gewichen.

Die direkten und indirekten Auswirkungen des +++Hauses auf die Umwelt wurden über den gesamten Lebenszyklus hinweg so reduziert, dass Sie dem Ziel, für unseren Planeten langfristig verträglich zu sein, deutlich näher kommen.

### d) Bezahlbarkeit

Der überwiegende Teil der Bevölkerung hält es für wichtig, sich umweltbewusst zu verhalten. Allerdings ist gleichzeitig nur ein verschwindend geringer Anteil der Bevölkerung bereit, hierfür nennenswerte Mehrkosten zu akzeptieren. Das +++Haus ist daher vor allem bezahlbar. Die Errichtung soll nicht mehr als ein durchschnittliches Einfamilien-

haus in herkömmlicher Größe und Bauweise kosten (Bilder 2 bis 6).

### Wonach beurteilen wir, was nachhaltig ist?

Müllverbrennungsanlagen haben mitunter einen Primärenergiefaktor von 0,0. Haben wir das Klimaproblem also gelöst, wenn wir nur genügend MVA bauen?

Welches Gebäude hat die geringeren Auswirkungen auf unser Ökosystem? Eine vergleichsweise kleine Geschosswohnung in einem mittelmäßig gedämmten Bestandsgebäude, in der eine sechsköpfige Familie wohnt, oder eine riesige, hochgedämmte Neubauvilla in der nur eine Person lebt? Drückt der Energiebedarf pro Quadratmeter, der gemeinhin als Bemessungsgröße zur Beurteilung dieser Frage herangezogen wird, dies tatsächlich korrekt aus?

Die Bauwirtschaft ist mit einem Anteil von ca. 40 % für einen Großteil der bundesdeutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Überwiegend sind die Emissionen zudem nicht energie- sondern prozessbedingt. Ist es vor diesem Hintergrund tatsächlich sinnvoll, sich bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit

von Gebäuden nur auf den Energieverbrauch in der Nutzung zu fokussieren und zu glauben, dass wir das Klimaproblem lösen können, wenn wir nur „endlich“ einen klimaneutralen Energieträger finden?

Die genannten Beispiele veranschaulichen, dass die etablierten, flächenbezogenen Bewertungsmaßstäbe von Primär- und Endenergiebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche für eine ganzheitliche Bewertung über alle Lebenszyklusphasen nicht nur völlig ungeeignet sind, sondern teilweise sogar dazu beitragen, dass negative bzw. kontraproduktive Anreize gesetzt werden.

Eine Bewertung der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Fläche eines Gebäudes ist nicht nur falsch, sondern vor allem auch ungerrecht. Eine Betrachtung pro Person (Verursacher) ist hier sinnvoll.

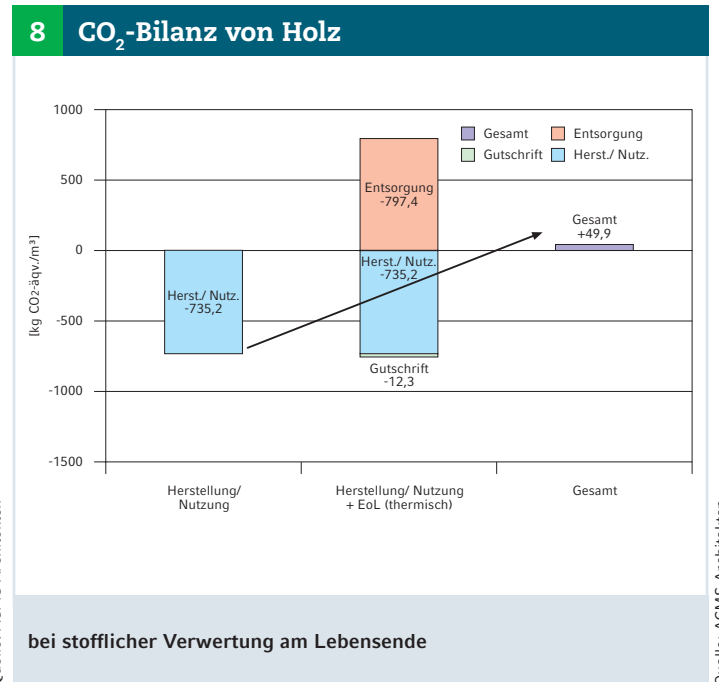
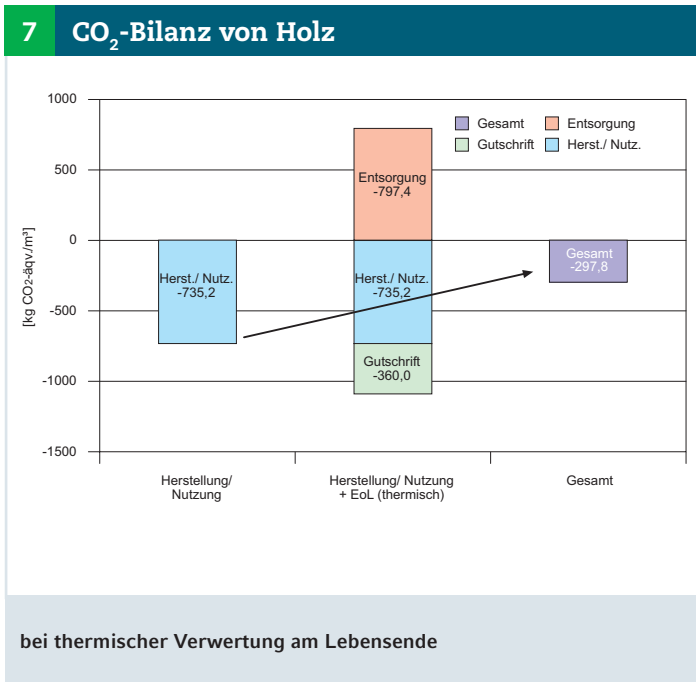
Für eine ganzheitliche Betrachtung ist zudem die Erstellung von Ökobilanzen und somit eine direkte Bewertung der Umweltwirkungen unabdingbar. Vor dem Hintergrund der Komplexität der hierfür zu verarbeitenden Datensätze ist es übergangsweise hilfreich, sich vorwiegend mit dem Treibhauspotential als Leitgröße zu beschäftigen.

### Warum kann es CO<sub>2</sub>-Neutralität nicht geben?

Dass allerdings auch die Bewertung unter dem Gesichtspunkt von Ökobilanzen nicht ganz unproblematisch ist, zeigt sich am Beispiel des Begriffs der CO<sub>2</sub>-Neutralität:

Brutal ausgedrückt kann ein Gebäude erst dann ernsthaft CO<sub>2</sub>-neutral sein, wenn es nicht gebaut wird. Ein Mensch kann erst dann CO<sub>2</sub>-neutral sein, wenn er aufhört zu atmen, was sicherlich nicht das erklärte Ziel sein kann. Dennoch wird der Begriff der vermeintlichen CO<sub>2</sub>-Neutralität inzwischen nahezu inflationär gebraucht.

Wenn wir uns die vermeintliche CO<sub>2</sub>-Neutralität eines Transatlantikflugs damit erkaufen, dass wir durch Ausgleichszahlungen dafür sorgen, dass jemand anderes beispielsweise seinen Energiebedarf aus nachwachsenden Rohstoffen deckt, so mag dies aus bilanzieller Sicht zunächst korrekt sein, da wir etwas außerhalb



des Bilanzraums bewirken. Nachhaltig, im Sinne von „tatsächlich langfristig wirksam“, kann dies allerdings schon deshalb nicht sein, da dieses Prinzip nur so lange funktioniert, wie es diese andere Person gibt, deren Einfluss wir durch unser Handeln positiv beeinflussen können. Sobald sich ein Großteil der Menschheit so verhält, was zu Erreichung von globalen Nachhaltigkeitszielen ja erwünscht sein sollte, kann der Effekt nicht mehr erzielt werden und das „Bilanzkartenhaus“ bricht in sich zusammen.

Es kann daher gar nicht um CO<sub>2</sub>-Neutralität gehen. Wir müssen uns vielmehr daran orientieren, welche Treibhausgasemissionen unser Planet verkraftet und wie diese global gerecht verteilt werden können. In Deutschland liegen die Treibhausgasemissionen pro Kopf je nach Quelle aktuell bei ca. 10 t/a, wobei ca. 2,0 bis 2,5 t pro Jahr als verträglich für unser Ökosystem gelten.

Es muss somit auch für das Bauen und die Herstellung und den Unterhalt von Wohnraum das Ziel sein, die Treibhausgasemissionen mindestens um diesen Faktor zu senken. Um sich diesem Ziel anzunähern konnten im Rahmen des Projekts die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden.

#### Was bedeutet das für die Gebäudekonstruktion?

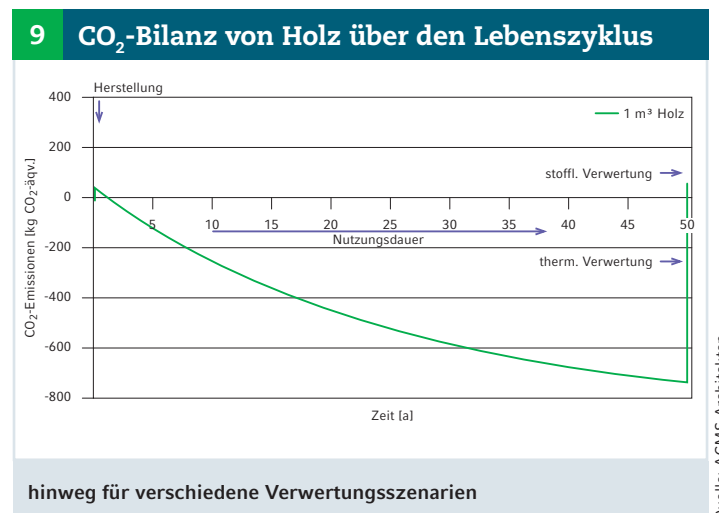
Der Ersatz von emissionsintensiven Baustoffen erweist sich als wichtigste Strategie um die Umweltwirkungen aus der Herstellung von Gebäuden drastisch zu reduzieren. Danach kommt der Verwendung von Materialien, die eine möglichst hohe Lebensdauer von Bauteilen ermöglichen eine große Bedeutung zu.

Ökobilanzen beinhalten bei einer reinen Fixierung auf Treibhausgaspotentiale allerdings durchaus die Gefahr, dass Anreize für einen übermäßigen Materialeinsatz von nachwachsenden Rohstoffen gesehen werden können. So wird durch die Nutzung von Holz als Baustoff, der Umwelt zunächst das im Material gespeicherte CO<sub>2</sub> entzogen. Daher wirkt sich Holz zunächst senkend auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Gebäudes aus. In der Entsorgungsphase wird das CO<sub>2</sub> wieder dem Stoffkreislauf der Umwelt zugeführt. In der CO<sub>2</sub>-Bilanz wirkt sich das erhöhend aus. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

wächst also zunächst wieder. Abhängig vom Entsorgungsszenario können allerdings Gutschriften vorgenommen werden. Im Falle einer thermischen Verwertung ersetzt das Holz beispielsweise einen fossilen Brennstoff. Insgesamt bleibt daher eine negative CO<sub>2</sub>-Emission von Holz übrig, die bei genauerer Betrachtung allerdings nur solange Bestand hat, wie fossile Energieträger verdrängt werden können. Dies kann dazu führen, dass ein unnötiger, übermäßiger Holzeinsatz vorteilhafter erscheinen lässt,

als dies gerechtfertigt wäre. Materialsparbarkeit ist daher weiterhin als oberstes Prinzip für nachhaltiges Bauen zu gewährleisten (Bilder 7 bis 9).

Zur Erhaltung der Nachnutzbarkeit von Materialien ist es zudem zwingend erforderlich, dass die Kombination und die Verbindung von unterschiedlichen Materialien so erfolgt, dass diese ohne hohen Aufwand wieder getrennt werden können. Ökobilanzen haben an diesen beiden Stellen noch „blinde Flecken“, die es in Zukunft zu beseitigen gilt.





### 10 CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der unterschiedlichen Konstruktions- und Technikvarianten im Vergleich

	Diagram 1	Diagram 2	Diagram 3	Diagram 4	Diagram 5
<b>Ökonomisch</b> 	58 t	53 t	50 t	143 t	126 t
<b>Ausbalanciert</b> 	53 t	48 t	50 t	137 t	120 t
<b>Ökologisch</b> 	38 t	34 t	36 t	123 t	106 t
<b>Mineralisch</b> 	97 t	92 t	95 t	182 t	164 t

Quelle: ACMS Architekten

### 11 Anteil an einem umweltverträglichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Person und Jahr

	Diagram 1	Diagram 2	Diagram 3	Diagram 4	Diagram 5
<b>Ökonomisch</b> 	16,8%	15,2%	16,0%	40,8%	36,0%
<b>Ausbalanciert</b> 	15,2%	13,6%	14,4%	39,2%	34,4%
<b>Ökologisch</b> 	11,2%	9,6%	10,4%	35,2%	30,4%
<b>Mineralisch</b> 	27,6%	26,0%	27,2%	52,0%	46,8%

1. Schritt: regenerative Energiequellen

2. Schritt: Nachhaltige Baustoffe

Quelle: ACMS Architekten

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich alleine über die Konstruktion/Bauweise die CO<sub>2</sub>-Emissionen des +++Hauses um ca. 23 % reduzieren lassen.

### Was bedeutet das für die Gebäudetechnik?

Der Wahl des Energieträgers kommt eine im Vergleich zur Gebäudekonstruktion noch größere Bedeutung zu. Im Rahmen des Projekts wurden unterschiedlichste Technologien von Gasbrennwertkessel, Solarthermie, Luftwärmepumpen, Erdwärmepumpen und Photovoltaik in verschiedenen Kombinationen untersucht. Primär muss es im Ergebnis darum gehen, fossile Energieträger durch erneuerbare Energiequellen zu ersetzen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich über die Wahl des Energie- und Technikkonzepts die CO<sub>2</sub>-Emissionen des +++Hauses um über 40 % reduzieren lassen (Bilder 10 und 11).

### Fazit

Die zur Erreichung von ganzheitlich umweltverträglichen Gebäudekonzepten erforderlichen Schritte, lassen sich in Ihrer Wichtigkeit sehr eindeutig ordnen. Im Planungsprozess empfiehlt es sich daher diese mit der folgenden Priorität zu berücksichtigen:

1. Aufbauend auf einem heute üblichen hohen Dämmstandard ist als erster wichtigster Schritt ein möglichst emissionsarmes

Technikkonzept möglichst ohne fossile Energieträger zu wählen und so die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Nutzungsphase zu reduzieren.

2. Hiernach ist es von entscheidender Bedeutung durch Vermeidung von emissionsintensiven Baustoffen auch die aus der Konstruktion resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zu minimieren. Im Klartext bedeutet dies die Vermeidung von massiven Bauweisen.

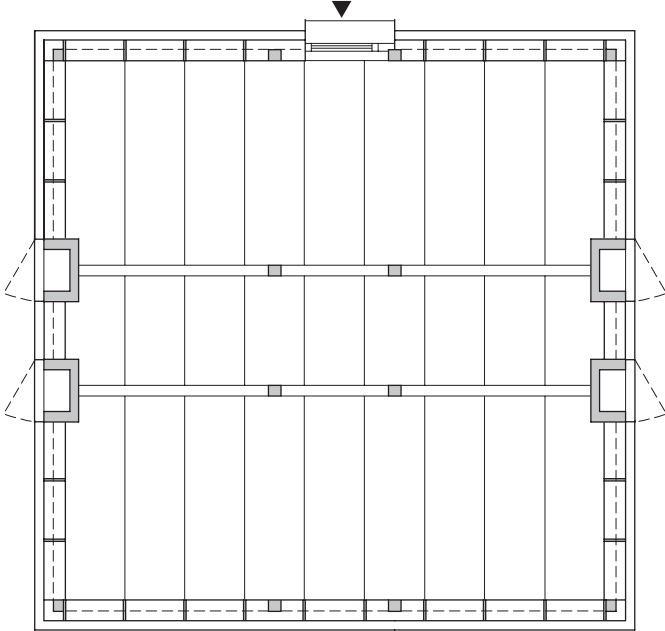
3. Als letzter Schritt ist es erforderlich durch weitergehende Optimierungen und/oder Kompensationsmaßnahmen die Gesamtemissionen des Gebäudes auf ein umweltverträgliches Niveau abzusenken.

Um die auf diesem Weg mühsam erzielten Ergebnisse

nicht wieder zu konterkarieren, ist es allerdings abschließend von entscheidender Bedeutung, dass der Gebäudeentwurf im Laufe des Entwurfsprozesses im besten Fall kleiner – in jedem Fall aber nicht größer geworden ist.

Es lassen sich Umweltwirkungen schlichtweg durch nichts effektiver reduzieren, als dadurch, dass die Gebäudegröße reduziert wird. Es sollte daher grundsätzlich die Frage gestellt werden, ob ein Gebäude wirklich nur so groß ist, wie es dessen beabsichtigte Funktion mindestens erfordert. Des Weiteren ist die Frage zu stellen, ob die eingangs genannten Anforderungen an Funktionalität und Ästhetik, Flexibilität, sowie Bezahlbarkeit erfüllt werden.

## 12 Grundstruktur des +++Haus



mit Installationsräumen in der Fassade

Das +++Haus beantwortet diese Fragen mit einem Kubus mit Außenabmessungen von 9 x 9 m und einer Höhe von 6,5 m, innerhalb dessen eine Nutzfläche von max. 120 m<sup>2</sup> realisiert werden kann. Dennoch lassen sich auf dieser Fläche neben Koch-, Ess- und Wohnbereichen bis zu vier Individualräume und zwei Nasszellen realisieren. Die maximale Belegungsdichte liegt demnach bei fünf Personen. Die Verkehrsflächen wurden zu diesem Zweck auf ein absolutes Minimum reduziert. Sämtliche Technik wurde in die erweiterte Gebäudehülle integriert, sodass eine tatsächliche Anpassbarkeit im Gebäudeinnern ohne Änderungserfordernis der Haustechnik ermöglicht wurde (Bild 12). Auf Verklebungen in der Bauteilfügung wurde verzichtet. Ebenso wurde die Anzahl der zum Einsatz kommenden Materialien minimiert und auf Kombinationen verzichtet, die sich am Lebensende aktuell nicht wirtschaftlich wieder trennen lassen.

Die Kosten für das +++Haus lagen je nach Variante zwischen 160.000 € und 200.000 € (Kostenbasis 2015) und damit im Bereich der in diesem Segment üblichen Baupreise (Bild 13). Die Treibhausgasemissionen des +++Hauses für die Herstellung und 50-jährige Nutzung liegen absolut je nach Varianten im Bereich von 33 t bis 59 t CO<sub>2</sub>-äquivalent. Das entspricht bei mittlerer Belegungsdichte von 2,8 Personen einer personenbezogenen Emission von 0,24 t bis 0,42 t CO<sub>2</sub>-äquivalent/(Person und Jahr). Dies wiederum entspricht ca. 10 bis 17 % eines personenbezogenen, umweltverträglichen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Die Referenzvariante lag mit Emissionen von ca. 165 t CO<sub>2</sub>-äquivalent um einen Faktor von 2,8 bis 5,0 höher.

Quelle: ACMS Architekten

## Kosten der unterschiedlichen +++Haus-Varianten einschließlich Kompensation durch Photovoltaik

Ökonomisch 	159.945 EUR	158.375 EUR	158.110 EUR	161.419 EUR	161.249 EUR
Ausbalanciert 	171.635 EUR	170.066 EUR	169.801 EUR	173.109 EUR	172.940 EUR
Ökologisch 	196.855 EUR	195.285 EUR	195.020 EUR	198.328 EUR	198.159 EUR
Mineralisch 	210.706 EUR	209.137 EUR	208.872 EUR	212.180 EUR	212.011 EUR

Quelle: ACMS Architekten