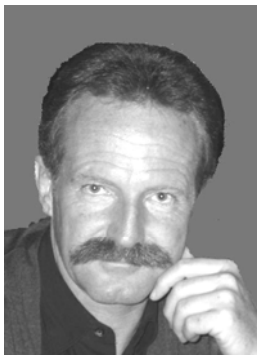

Josef Grab
Geschäftsinhaber
Grab Architekten AG
CH-8852 Altendorf SZ

Das Kraftwerkhaus: Wohnliches Mehrfamilienhaus mit Holzelementfassade, Solaranlage und Speicher

Das Kraftwerkhaus: Wohnliches Mehrfamilienhaus mit Holzelementfassade, Solaranlage und Speicher

Ein Gebäude das mehr Energie produziert als es verbraucht

In Bennau, Schwyz, entsteht das erste Mehrfamilienwohnhaus der Schweiz, das mehr Energie produziert als es verbraucht, und dabei ganz ohne fossile Energieträger auskommt. Das Gebäude entspricht mit seiner kompakten Form, der Süd-Ausrichtung, der grosszügigen Fensterflächen für die passive Solarenergienutzung, dem hohen Wärmedämmstandard und der Komfortlüftungsanlage in seinen Grundzügen dem Minergie-P Eco Standard. Die positive Energiebilanz im „Kraftwerk B“ wird ermöglicht durch die Photovoltaikanlage auf dem Dach, wie auch durch die Sonnenkollektoren, die in der Fassade integriert sind. Die überschüssige Energie wird in Form von Warmwasser an das Nachbargebäude abgegeben, und als elektrischer Strom ins Netz eingespiesen. Die Mieter, die im Frühjahr 2009 einziehen werden, werden ihren Energieverbrauch an einem Display kontrollieren und mit ihrem Nutzerverhalten direkten Einfluss auf die Kosten ausüben können.

Das Plusenergiekonzept des Mehrfamilienhauses „Kraftwerk B“ übertrifft die Leistungen aller bisherigen Objekte, die wir nach dem Minergie- und Minergie-Passivhaus-Standard erstellt haben. Vor vier Jahren haben wir uns in unserer Denkwerkstatt, in der wir seit einem Jahrzehnt Entwicklungsarbeit an neuen Baukonstruktionen betreiben, das Ziel gesetzt, ein Nullenergie Gebäude zu realisieren. Die Energie, die zum Herstellen der Solartechnik für das „Kraftwerk B“ verwendet wird, wird nach eineinhalb Jahren amortisiert sein. Über die Lebensdauer der Photovoltaikanlage von 25 bis 30 Jahre wird das „Kraftwerk B“ jährlich rund 27'500 kWh, das ist ein Drittel des Eigenverbrauchs, als überschüssige Energie produzieren.

Abbildung 1: Plusenergie-Mehrfamilienhaus „Kraftwerk B“ in Bennau, Ansicht von Süden

Solare Selbstversorgung als ein Weg in eine nachhaltige Zukunft

Die heutige Klimasituation ist Ausgangslage und Hintergrund unseres Konzeptes, das eine autarke Gebäudeenergieversorgung als Weg für die Zukunft anstrebt. Die Klimaerwärmung wird als direkte Folge der hohen Konzentrationen an Kohlendioxid aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern betrachtet, auf die heute noch über 50% des gesamten Energieverbrauchs in der Schweiz entfallen.[1] Mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls 1997 zur Reduktion der CO2-Emmissionen und der formulierten Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft der Schweiz, sind die Vorzeichen gesetzt, den Verbrauch an fossilen Energieträgern nachhaltig zu vermindern. Da rund 45% des Energieverbrauchs von der Gebäudenutzung verursacht werden[2], liegt die Verantwortung dazu zu einem bedeutenden Teil bei Eigentümern, Bauherren und Benutzern.

Die Verfügbarkeit von fossilen Energieträgern ist endlich und die Quellen sind kaum wirtschaftlich ausschöpfbar.[3] Dem gegenüber stehen zwei gegenläufige Entwicklungen, die in den nächsten 20 Jahren zu weiter steigendem Energiekonsum führen werden. Erstens, der stetig steigende Energieverbrauch, der sich seit 1960 in der Schweiz bei einem durchschnittlichen Bedarf von 2'000 Watt pro Kopf und Jahr auf 6'000 Watt verdreifacht hat. Zweitens, der zunehmende Wohnflächenbedarf pro Person. Die Konsequenzen der schwindenden Verfügbarkeit bei zunehmender Nachfrage sind ein steigender Durchschnittspreis für fossile Energieträger. Hat im Jahre 1999 das Fass Öl noch 13 US Dollar gekostet, ist der Preis heute auf weit über 100 US Dollar angestiegen.[4] Der konjunkturell bedingte Preiszerfall beim Öl, den wir zurzeit erleben, wird über kurz oder lang wieder kompensiert werden.

Das Ölzeitalter nimmt in der Geschichte der Energieversorgung der Menschheit einen kurzlebigen Platz ein.[5] Auch für die Gebäudebewirtschaftung führt der Weg weg von fossilen Energieträgern. Dabei stellt sich weniger die Frage, auf welche andere Energieträger wir umsteigen können (Wasserkraft, Atomkraft, Windkraft, etc.) , sondern wie wir den Energiebedarf am Ort seines Entstehens, nämlich am Gebäudestandort und Gebäude selbst limitieren und die Energie zur Deckung dieses Bedarfs lokal generieren können. Aus Sicht von Eigentümern, Bauherren und Benutzern darf für das Gebäude der Zukunft nur eine autarke Lösung gut genug sein, um Lebensqualität und Komfort unter wirtschaftlichen Betrachtungen gegenüber der Gesellschaft zu verantworten. Eine mögliche autarke Lösung liegt in der Kombination der Reduktion des Energieverbrauchs und der Gewinnung der benötigten Energie über solare Selbstversorgung.

Das heutige Umdenken verlangt Prioritäten neu zu gewichten

Diesem Prinzip der solaren Selbstversorgung folgt das Plusenergie-Mehrfamilienhaus „Kraftwerk B“. In den ersten Projektphasen dominiert oft die Entwicklung architektonischer Vorstellungen, während der Energieverbrauch und die Belastung der Umwelt eines Gebäudes eine untergeordnete Rolle spielen. Mit diesem Projekt haben wir versucht, die vielseitigen Aspekte von Energie und Umwelt, Mensch und Lebensqualität, Flexibilität und Ästhetik, in gleicher Priorität zu gewichten und zu verbinden. Zusammen mit dem Bauherrn wollten wir ein ökologisch nachhaltiges Gebäude realisieren, das unter Anbetracht dieser Prioritäten möglichst wenig Energieressourcen beansprucht, beziehungsweise Energie selber erzeugt. Folgende Zielsetzungen haben wir dazu formuliert:

[1] Bundesamt für Energie BFE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2006
[2] Bauen mit Solarenergie, Christian Hanus und Robert Hastings, vdf Verlag, 2007
[3] ASPO, Association for the Study of Peak Oil, “Peak Oil – The Growing Gap”
[4] Tecson, Entwicklung der Ölpreise
[5] ASPO Schweiz, Historisches Seminar der Universität Basel, Dr. Daniele Ganser, „Peak Oil – Gefahr oder Chance für die Schweiz?“

Energie und Umwelt

Der Energiebedarf sollte minimiert und die südgerichteten Gebäudeflächen zur Solarenergiegewinnung optimal genutzt werden, um das Niveau eines „Plusenergiehauses“ zu erreichen. Gleichzeitig sollten die „Graue Energie“ minimiert, und die Lebenszyklen der Bauteile und Anlagen berücksichtigt werden. Die Behaglichkeitswerte für das Raumklima sollten mit dem geringst möglichen Aufwand an technischen Einrichtungen und Anlagen sichergestellt werden. Mit diesen hohen energetischen Anforderungen sollte nicht nur das „Erste Minergie-P Eco ® Mehrfamilienhaus im Kanton Schwyz“, sondern gleich das „Erste Plusenergie Mehrfamilienhaus der Schweiz“ realisiert werden.

Mensch und Lebensqualität

Der Neubau sollte dem anspruchsvollen Standort im unmittelbaren Ortszentrum von Bennau und in direkter Nachbarschaft zur sakralen Kirche St. Sebastian gerecht werden und das städtebauliche Ensemble mit qualitativ hochstehender Architektur ergänzen. Für die Benutzer sollten neue Lebensräume geschaffen werden, die durch gute Wohnqualität und hohen Wohnkomfort den heutigen Ansprüchen entsprechen und für die individuelle Lebensgestaltung förderlich sind. Der Sonne nach orientierte Räume, optimale Tageslichtverhältnisse, schadstoffarme Materialien, sollten den Wohnkomfort und die Lebensqualität positiv beeinflussen.

Flexibilität und Ästhetik

Neben dem Wohnkomfort sollten den Nutzungsanforderungen hohe Prioritäten zukommen. Hohe Flexibilität in der Nutzung und Umnutzung des Gebäudes sollten erreicht werden auch hinsichtlich der sich verändernden Benutzerbedürfnisse im Laufe des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes. Auch die zur Anwendung kommenden Technologien sollten gestalterisch in die Architektur integriert werden.

Standortpotential / Kennwerte

Das Potential des Standortes sollte optimal zur Deckung des Energiebedarfs genutzt werden. Voraussetzung dazu bildete die Kenntnis der wichtigsten Grunddaten wie der Sonneneinstrahlungsdauer, des aktuellen Energiebedarfs und der Energiewandlerkapazität der einzelnen solaren Technologien einschliesslich deren Flächen- oder Platzbedarfs.

- Bennau weist eine relativ hohe durchschnittliche Sonneneinstrahlung auf von rund 1’200 kWh pro m² und Jahr, das heisst rund 20% mehr als eine Seegemeinde am Zürichsee.[6] Mit der optimalen Platzierung einer Photovoltaikanlage, die mit der Süd-Ausrichtung des Geländes und einer günstigen Grundstücksgeometrie für das Mehrfamilienhaus gegeben ist, kann ein Wirkungsgrad von 10% und mindestens 100 kWh pro m² und Jahr erreicht werden.
- Ein herkömmliches Wohnhaus aus dem Jahr 2000 hat einen Energieverbrauch von rund 10 Litern Öl pro m² Wohnfläche und Jahr. Dieser Verbrauch verringert sich mit Minergiestandard auf 4 Liter und mit Minergie-P-Standard auf 1 Liter Öl pro m² und Jahr. Die Plusenergielösung soll den Energieverbrauch, der um 60% reduziert ist, mit eigener solarer Energieproduktion decken, und zusätzliche Energie, die 2 Litern Öl pro m² und Jahr entspricht, abgeben.
- Der Jahresenergiebedarf von rund 63'000 kWh (entspricht ca. 6'300 Liter Öl/Jahr) kann mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach von 217m² Fläche mit einer Leistung von 27’500 kWh/Jahr, und 150 m² Sonnenkollektoren, die in der Fassade integriert sind und die 30'000 kWh im Jahr leisten, gedeckt werden.[7]

[6] Swissolar, Solare Einstrahlung in der Schweiz
[7] Davon werden 19'000 kWh für die Warmwasserversorgung und 11'000 kWh für die Heizung im Untergeschoss eingesetzt. Diese verfügt über einen 25'000 Liter grossen Tank als Wärmespeicher.

Energiekonzept und Gebäudetechnik des „Kraftwerks B“

Grundsätze des Energiekonzeptes

Aufbauend auf diesen Zielsetzungen haben wir ein Energiekonzept entwickelt, das für eine positive Wärmebilanz des „Kraftwerks B“ sorgt und auf folgenden Grundsätzen basiert:

- Kompakte Gebäudegeometrie
- Massivbauweise (Temperaturspeicher/-puffer) und vorgehängte Fassade
- Dämmstärkenvorgabe: 40 cm Fassade, 50 cm Dach, 20 cm gegen unbeheiztes Untergeschoss
- Fenstervorgabe: 3-fach Wärmeschutzverglasung (U = 0.5 W/m²K); unsichtbarer, überdämmter Rahmen einflüglig
- Wärmebrückenarme Konstruktion: minimierte Durchdringungen der Wärmedämmebene; Wärmebrücken, wo unvermeidlich, deutlich kleiner als 0.1 W/m²K
- Pufferzone von Eingang zu Wohnungen: Wohnungstüren gegen geschlossenes, aussenliegendes Treppenhaus mit Windfang
- Dichte und gedämmte Steigzonen: in der Dämmebene (z.B. gegen UG) dicht und voll wärmegedämmte Steigzonen

Gebäudehülle (Fassade und Dach)

Sämtliche Fassaden und Dachkonstruktionen werden aus 40 cm vollgedämmten Holzelementen, die 6 und 8 cm zur Überdämmung von Wärmebrücken überisoliert sind, vorgefertigt. Die Innenschale ist gleichzeitig Schallschutz und Installationsebene. In der Südwestfassade wird die Aussenschale durch einen integrierten Sonnenkollektor (ohne Hinterlüftung) ersetzt, was einer Wärmedämmstärke von 10 cm entspricht, wie Messprojekte des Bundesamtes für Energie nachgewiesen haben.

Fenster

Kritische Elemente bei Passivhausfenstern sind der Rahmen und der Glasrandverbund. Als Basis für die Ausschreibung wurde ein Fenster mit einer 3-fach Verglasung (U = 0.5 W/m²K) verwendet. Der Rahmen ist vollständig überdämmt, der Flügelrahmen ist "verdeckt". Wo dies nicht möglich ist, wie bei der Fensterbank, kommt ein Holz/Korkverbund als Rahmen zum Einsatz. Eingesetzt werden einflüglige Fenster ohne Drehkippbeschläge mit drei Dichtungsebenen. Der Glasrandverbund ist eine Verbindung von Kunststoff und Chromstahl mit einem ψ-Wert ≤ 0.04 W/mK. Auf Dachflächenfenster wird verzichtet.

Böden

Im Erdgeschoss ist der Boden durch eine geschlossene Wärmedämmschicht vollständig vom unbeheizten Untergeschoss getrennt. Der Unterlagsboden ist 12 cm stark, direkt verschliffen und versiegelt. Seine Speicherfähigkeit ist optimal für die Aufnahme der internen Wärme und der Solareinstrahlung und damit für die Ankoppelung an das Raumklima.

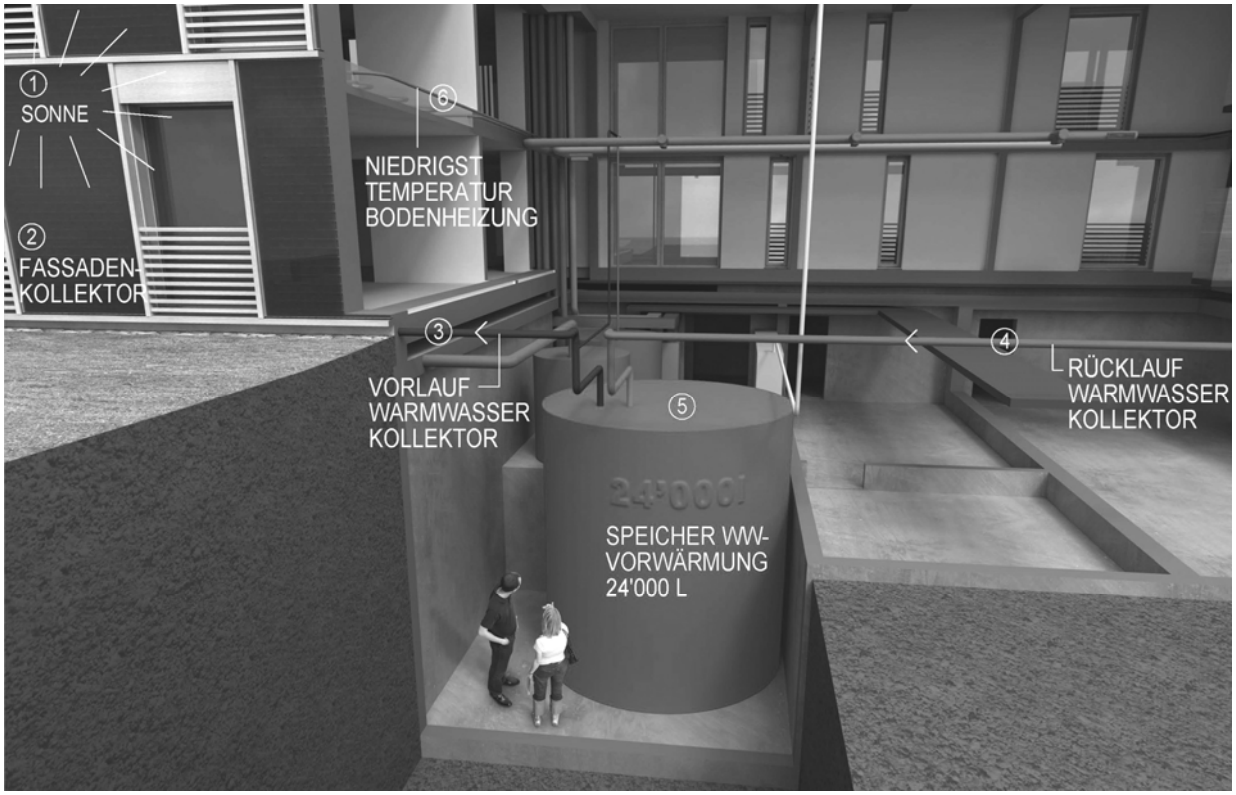

Abbildung 2

Grundsätze der Gebäudetechnik

Solarenergienutzung

Es stehen zwei grosse, unbeschattete "Gewinnflächen" zur Verfügung, die vollflächig solar genutzt werden können: die Südwestseite des 40° geneigten Daches, für 220 m² netzgekoppelte Photovoltaik als Dachhaut, welche den Strombedarf der Liegenschaft vollständig abdeckt (Jahresbilanz); die Südwestfassade mit einer grosszügigen Verglasung für passive Solarenergienutzung und 150 m² fassadenintegrierte Kollektoren. Durch die vertikale Ausrichtung sinkt zwar der Jahresertrag theoretisch um 20 %, jedoch ist der Ertrag gleichmässig hoch, was einen teuren, grossen Saisonspeicher (75 m³) überflüssig macht. Stattdessen kommt nur ein 25 m³ Speicher zum Einsatz und überschüssige Wärme wird zur Warmwasservorwärmung des Nachbargebäudes verwendet. Diese externe, vorwiegend sommerliche Energieabgabe erlaubt es, die Energie für die Kleinspeicheröfen (im Winter) zu kompensieren und eine positive Wärmeenergiebilanz zu erreichen.

Kleinspeicherholzöfen

Kleinspeicherholzöfen in den Wohnungen erhöhen nicht nur den Wohnkomfort und den Mietwert, sondern sind mit Absorbern ausgerüstet, die ca. 50 % der Energie auskoppeln und parallel für die Handtuchradiatoren in den Nasszellen der entsprechenden Wohnung und auch zur zentralen Warmwasserbereitung und Speichererwärmung im Untergeschoss genutzt werden. Eine Abbrandautomatik verhindert Fehlmanipulationen und sorgt durch die Steuerung der Zuluft- und Abgasklappen für minimale Auskühlverluste und Wärmebrückeneffekte.

Wärmeverteilung

Um die Solarenergie optimal auszunutzen und um Komfortprobleme mit reinen Luftheizungen zu vermeiden, kommt eine Bodenheizung zum Einsatz, die mit maximalen Vorlauftemperaturen von 23 bis 28 °C arbeitet und daher vollständig selbstregulierend wirkt. Sobald die Raumtemperatur steigt (z.B. Solareinstrahlung durch Fenster), kommt der Wärmefluss der Bodenheizung zum Erliegen. Die Bodenheizungskreise werden so verlegt, dass über Raumthermostaten die Schlafzimmertemperaturen abgesenkt werden können.

Lüftung

Für einen minimalen, den "hygienisch notwendigen" Luftwechsel, kommt eine zentrale Lüftungsanlage mit Gegenstromwärmetauscher in der Technikzentrale im Untergeschoss und Erdregister zur Vorwärmung zum Einsatz. Die Zuluftzufuhr erfolgt über die Wohn- und Schlafzimmer, die Abluftabsaugung aus Küche und Nasszellen. Die Zuluft wird nicht beheizt, jedoch mit einem Register auf 20°C "temperiert", damit nirgends mit Untertemperatur eingeblasen wird (Vermeidung der Auskühlung von Räumen ohne interne Lasten). Diese "Temperierung" erfolgt unreguliert mit dem Rücklauf der Bodenheizung. Dadurch wird dem Rücklauf etwas Wärme entzogen, er fliesst kälter unten in den Speicher zurück.

Eine Wärmepumpe entzieht "im Notfall" - d.h. bei nicht ausreichendem Gebrauch der Kleinspeicherholzöfen durch die Bewohner - der Fortluft zusätzlich Wärme und kann sowohl das Warmwasser nacherwärmen, als auch direkt die Bodenheizung bedienen.

Wärmespeicher

Ein mit 40 cm wärmegedämmter Schichtspeicher von 24 m³ im Untergeschoss kann auf mehreren Niveaus beladen und entladen werden (Holzöfen, Wärmepumpe, bzw. Bodenheizung). Der Wärmespeicher dient als Wärmeüberlauf, sobald durch die Bodenheizung weniger Energie gebraucht wird, als dass die Holzöfen oder die Wärmepumpe (Mindestlaufzeit 1 h) abgeben. Ausserdem findet im Wärmespeicher auch eine Warmwasservorwärmung mittels Spiralrohr über die ganze Speicherhöhe statt.

Warmwasserspeicher (Warmwassernutzung)

Der Warmwasserspeicher hat ein Fassungsvolumen von 3’000 Litern. Das im Wärmespeicher vorgewärmte Brauchwasser wird hier per Solar-, Holz oder Fortluftwärmepumpe auf 60 °C gebracht. Die Geschirrspüler und die Kleiderwaschmaschinen werden auch ans Warmwassernetz angeschlossen. Alle Zapfstellen sind mit Wassersparauslässen ausgerüstet.

Warmwasserwärmerückgewinnung

Das warme Abwasser wird getrennt ins Untergeschoss geführt und dient dort zur Warmwasservorwärmung.

Warmwasservorwärmspeicher Nachbar

Der Warmwasservorwärmspeicher im Nachbargebäude umfasst 3’000 Liter und dient der Vorwärmung des Warmwassers ausschliesslich mit "solaren Überschüssen", die im „Kraftwerk B“ generiert werden. Im klimatischen Durchschnitts-August wird so für beide Liegenschaften sogar eine Volldeckung erreicht (Simulation mit Polysun).

Fassadenkollektorenanlage

Der Ertrag der Fassadenkollektoranlage wurde mit Polysun simuliert. Der Ertrag ist in den Wintermonaten November bis Februar unterdurchschnittlich, Juni bis September werden Überschüsse (= Export zum Nachbarn) anfallen. Das Erwärmen von Wasser durch Solarkollektoren ist einfach und effizient. Herzstück des Solarkollektors ist der Absorber, der durch eine spezielle Beschichtung über 90% des auftreffenden Sonnenlichts aufnimmt. Der Absorber wird von einer Flüssigkeit durchströmt, die von der Sonnenenergie erwärmt wird. Die auf diese Weise erzeugte Wärme wird in weiterer Folge in den Wärmetauscher des hauseigenen Wasserspeichers transportiert.

Energieverbrauchskontrolle

Mieter können den Energieverbrauch, der im Mietzins eingeschlossen ist, selbst steuern und nach einem Bonus-Malus-System optimieren.

Integration von Technologie und Gestaltung

Es ist uns stets ein Anliegen, gesellschaftliche, wie technologische Veränderungen als Anlass für die Verbesserung und Erneuerung unserer Architektur zu nehmen und unsere Projekte in Zusammenarbeit mit Spezialisten als Fallbeispiele in der angewandten Forschung und Entwicklung integral zu nutzen.

Unsere Architektur zeichnet sich dadurch aus, dass wir versuchen, modernste Technologien nicht einfach zu applizieren, sondern als primäres Gestaltungselement einzubeziehen. Im Gegensatz zum konventionellen Planungs- und Bauprozess, in welchem der Architekt eine äussere Form und ein Erscheinungsbild entwickelt, die wiederum die Art der Fertigungstechnik bestimmen, versuchen wir das gestalterische Potential der Technologien zu nutzen und mit der architektonischen Form zu einer gestalterischen Einheit zu integrieren. Dazu arbeiten wir mit Komponenten und Baugruppen: zum Beispiel lassen wir Fassaden- und Dachelemente vorfabrizieren, wodurch wir in der Lage sind, die aufwändige ‚Vor-Ort-Fertigung' zu reduzieren, komplexe Konstruktionen präzise zu fertigen, die Bauqualität zu kontrollieren, und das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu optimieren.

Das Konzept des Plusenergie-Mehrfamilienhauses „Kraftwerk B" ist eine von vielen Möglichkeiten, wie mit der Nutzung der natürlichen Energieressourcen eines Standortes die Umweltbelastung von der Herstellung bis zum Rückbau eines Gebäudes minimiert und zusätzliche Wertschöpfung erreicht werden kann. Für uns ist dies ein weiterer Schritt in Richtung einer Unabhängigkeit der Energiefrage.