

Europas nördlichstes Plus-Energie-Haus

In der norwegischen Hafenstadt Trondheim, drei Breitengrade unter dem Polarkreis gelegen, entsteht am Brattørkai ein Bürohaus, das während seiner Lebensdauer mehr Energie produziert als konsumiert. Die schwierigen klimatischen Bedingungen haben die Projektinitianten erst recht zu diesem ambitionierten Experiment angespornt. Text: Virginia Rabitsch

Nach den energieeffizienten «intelligenten Fassaden», den Passiv-, Niedrigenergie- und Plusenergiehäusern ist nun der nächste Schritt das «Powerhouse». Dieses soll nicht nur eine positive jährliche Energiebilanz aufweisen, sondern über den ganzen Lebenszyklus gemessen, inklusive Rückbau und der zur Herstellung benötigten grauen Energie, einen Energieüberschuss produzieren. Da liegt es auf der Hand, dass ein solches Gebäude auch im Betrieb möglichst energieeffizient sein muss. Die Arbeitsgemeinschaft «Powerhouse», die aus dem Bauträger Entra Eiendom, der Baugruppe Skanska, dem Architekturbüro Snøhetta, der Umweltgruppe ZERO und der Aluminiumgesellschaft Hydro besteht, hat sich zum Ziel gesetzt, in Trondheim (N) ein Bürogebäude zu realisieren, das diese Anforderungen erfüllt, sich gleichzeitig aber auch durch eine grösstmögliche Benutzerfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit auszeichnet. Damit möchten die Initianten zeigen: Wenn es so hoch im Norden unter klimatisch schwierigen Bedingungen möglich ist, ein solches Powerhouse zu realisieren, dann ist es überall machbar. Zum Vergleich: Die mittlere Globalstrahlung beträgt in Zürich im Juli 232 W/m², in Trondheim 204 W/m². Wesentlich grösser ist der Unterschied im Winter. Werden in Zürich im Dezember noch 29 W/m² gemessen, sind es in Trondheim mit 3 W/m² fast zehn Mal weniger.

Man nehme eine Kugel...

Wie kommt man zu einem Gebäude mit optimalem Verhältnis zwischen Wärme abgebender Fassadenfläche und geheiztem Volumen, das eine ebenso optimierte Dachfläche für die Produktion von Solarstrom aufweist? Diese Frage stellte sich den Planern für ihr Projekt «Powerhouse 1» in Trondheim, nachdem auf Grund eingehender Prüfung verschiedener Möglichkeiten der Entscheid zur Energieproduktion mit Photovoltaikerelementen gefallen war. So theoretisch und mathematisch das Problem, so theoretisch und mathematisch die Antwort: Man nehme eine Kugel und schneide sie oben so an, dass eine 26° nach Süden geneigte Fläche entsteht. Ausgehend von dieser Form optimierten die Projektverfasser Grundriss und Gebäudehülle, bis eine maximale Energiegewinnung dank GIPV (Gebäudeintegrierter Photovoltaik) auch über die Fassaden möglich war. Im Gebäudekern entstand ein ovaler Innenhof, über den die Innenräume mit Tageslicht versorgt wer-

den. Das Atrium selbst wurde wie ein Labyrinth angelegt, um die einfallenden Winde zu regulieren. Das heisst, die Luftströme werden so umgelenkt, dass dank niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten im Innenhof ein behagliches Klima herrscht. Die Planer sprechen bei diesem radikal auf Klima und Umwelt fokussierten Entwurfsprozess von «form follows environment».

Optimierte aktive und passive Lichtnutzung

Das Konzept für die Aussenhülle des Powerhouse am neu gestalteten Brattørkai im Hafen von Trondheim basiert auf der Idee der «Pixelfassade». Je nach Orientierung, bzw. Tageslichteinfall, sind grössere oder kleinere Fensterflächen vorgesehen. So gibt es in den oberen Geschossen mehr geschlossene Flächen mit Photovoltaikerelementen als in den unteren, von Nachbargebäuden beschatteten Partien oder an der Nordfassade, wo es für denselben Tageslichtanteil mehr Fenster braucht. Auf diese Weise werden Tageslichtintensität im Innern und nutzbare Flächen für Solarstromproduktion raffiniert aufeinander abgestimmt. Das Verhältnis von transparenten zu opaken Flächen beträgt über das gesamte Gebäude 40/60. Dies entspricht den Erfahrungen mit Passivhäusern in Norwegen.

Der Dämmstandard der Fassade erfüllt Passivhausniveau und liegt in manchen Gebäudebereichen auch darüber. Die Doppelfassade besteht in den transparenten Bereichen aus einer Art modifizierter Kastenfensterkonstruktion mit Standardfenstern basierend auf dem System WICLINE 75 evo, und einer äusseren Glashaut, die zusammen

mit den opaken Photovoltaikerelementen eine glatte Aussenhaut mit durchgehend einheitlichem Raster bildet. Dabei wurde der Fassadenzwischenraum, in dem sich auch die Lichtlenk-Jalousien befinden, für das Klima in Trondheim optimiert. Für die Ein- und Austrittsschlitze der Luft genügt eine Höhe von jeweils lediglich fünf Zentimetern, sodass sie in der Fassade nicht ablesbar sein werden.

In den opaken Partien besteht die Fassade aus inneren hochwärmedämmten Holzständerelementen mit vorgehängten Photovoltaikerelementen. Holzständerelemente werden in Norwegen normalerweise auf der Baustelle gefertigt und montiert. Für das Powerhouse ist eine Vorfabrikation im Werk geplant.

Die besondere Herausforderung für den norwegischen Fassadenbauer liegt in der Interaktion zwischen der äusseren Hülle und den inneren, gebäudeabschliessenden Fenstern. Wegen des hohen Holzanteils muss darauf geachtet werden, bei der Montage die gesamte Fassade möglichst schnell dicht zu bekommen. Deshalb wurde ein Konstruktionsprinzip gewählt, bei dem die Fenster von innen und die äusseren Fassadenelemente von aussen angebracht werden. So können ohne gegenseitige Behinderungen die Innen- und Aussenhaut gleichzeitig montiert werden. Die äussere Hülle mit GIPV ist polygonal ausgebildet und ändert nur stockwerksweise die Neigung, das menschliche Auge nimmt dies als gleichmässige Krümmung wahr.

Die PV-Module sind aus hocheffizienten schwarzen monokristallinen Zellen (SunPower-Solarzellen), mit schwarzer Folie hinterlegt. Glaspaneele ohne eingebaute Zellen werden mit Siebdruck im selben Farbton beschichtet, damit optisch möglichst kein Unterschied zu erkennen ist. Sowohl in der Fassade als auch auf dem 2400 m² grossen Schrägdach werden die einzelnen PV-Zellen in VSG-Glas einlaminiert. Dieses ist rahmenlos und wird auf ein unsichtbares rückseitiges Trägersystem aufgeklebt (Structural-Sealant-Glazing-Fassade).

Für die Fassaden im Innenhof ist ein klassisches Pfosten-Riegel-System, WICONA WICTEC 50 HI, vorgesehen, mit schlanken Profilsichten und einer Holzunterkonstruktion.

Betriebsphase mit geringem Energieaufwand

Da das Gebäude nicht nur Energie erzeugen, sondern auch im Betrieb möglichst energieeff-

Daten

Powerhouse 1

Gebäudefläche:	16 000 m ²
Geplante Lebensdauer:	60 Jahre
Dachfläche:	2400 m ²
PV-Ertrag Dach:	429 kWp
Gesamtstromertrag:	715 MWh/a
Energiebedarf:	21 kWh/m ² a
Energieerzeugung:	49 kWh/m ² a
Anteil «graue Energie»:	22 kWh/m ² a



Transparente Fensterbereiche und gebäudeintegrierte Photovoltaikpaneele bilden zusammen eine homogene, glatte Aussenhaut.



Die nach Süden geneigte Dachfläche aus Photovoltaikpaneelen wird vom zylinderförmigen Atrium durchbrochen.

fizient sein muss, sind die Komponenten der Gebäudetechnik für alle Witterungsbedingungen optimal aufeinander abgestimmt. Solarzellen, Wärmetauscher und Wärmepumpen liefern Strom und Wärme für das Gebäude. Das Meer wird sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen herangezogen. Frischluft wird den Räumen mit sehr geringem Druck, zirka 15 Pa, über einen Doppelboden zugeführt. Die Luftumschlaggeräte und die Belüftungsschächte sind auf möglichst geringe Druckverluste ausgelegt, sodass eine Gebläseleistung von deutlich unter 1 kWh/m³ genügt.

Tageslichtsensoren und Bewegungsmelder sorgen für eine bedarfsgerechte Beleuchtung ohne Energieverschwendung, während Thermostate und CO₂-Sensoren ein stabiles Innenraumklima bei jeder Witterung gewährleisten. Soweit Aussentemperaturen und Windverhältnisse es erlauben, kann das Gebäude natürlich belüftet werden. Der berechnete Energieaufwand, um das Gebäude zu heizen und zu betreiben, beträgt 21 kWh/m² und Jahr. Die Energieerzeugung pro Jahr wird auf 49 kWh/m² geschätzt, die im Gebäude selbst steckende graue Energie auf 22 kWh/m². Der jährliche

Energiekonsum ist somit um zirka drei Millionen kWh geringer als für ein herkömmliches Bürogebäude. Dies entspricht dem Energieverbrauch von ungefähr 100 Einfamilienhäusern. Die Planer rechnen für ihr Gebäude mit einer Lebensdauer von 60 Jahren. Im Gegensatz zur herkömmlichen Bauweise, bei der für die Erstellung rund 20% und während der Betriebsphase zirka 80% des Energieaufwands verwendet werden, ist dieses Verhältnis beim Powerhouse-Konzept mit 50% zu 50% ausgeglichen und verspricht deutlich günstigere Betriebskosten. www.wicona.ch ■