



Projektbeschreibung

Vom Bestand aus 1970 zu einem Gebäude mit dem Standard 2050.

Im Neubaubereich bilden *PlusEnergieBauten PEB* den Stand-der-Technik – auch wenn dieser bis anhin selten umgesetzt wird. Drei-viertel der Gebäude in der Schweiz wurden jedoch vor 1980 erstellt und benötigen ein Vielfaches an fossiler Heizenergie. Nicht nur die einschlägigen Architekturmagazine, sondern auch beispielsweise die breit angelegte *Swissbau 2022* wird sich mit dem Thema der Sanierung dieser Bestandsbauten auseinandersetzen. Mit dem Projekt PlusEnergie-MFH Sanierung wollte die Bauherrschaft einen konkreten Lösungsweg aufzeigen.

› **Das Bauen im Bestand muss Energieeffizienz mit dem Umgang vorhandener Bausubstanz verbinden können.**

Architektonische Zielsetzung

Zeitgenössische Architektur zeigt, dass bisherige Gewissheiten bei der Beurteilung von Werkstoffen in Bewegung geraten sind. Immer mehr Projekte im Bereich von gebäudeintegrierter Photovoltaik gehen diesen Weg – Module in Betonästhetik, gefärbt, strukturiert, integriert in vielschichtige Glasaufbauten. Hier sucht eine neue Technologie nach der ihr gemässen Formensprache, wobei die Auslese zwischen sinnvollen und nicht zielführenden Ansätzen oft noch bevorsteht.

Der Bauherr entschied zu einem frühen Zeitpunkt, dass er ein «ehrliches» Gebäude möchte, ein Gebäude also, das zeigt, woher seine Energie stammt, welche für dessen Betrieb benötigt wird und welche baulichen Massnahmen dafür notwendig sind.

Dabei ging es dezidiert nicht um einen Materialpurismus, der jede Gestaltung abseits von marktgängigen Modulen als abweichende Optik und deshalb «unecht» abqualifiziert. Vielmehr ging es darum, eine Auslese von Ansätzen anhand klar messbarer Kriterien vorzunehmen. Diese wurden wie folgt festgeschrieben:

Kriterien für das Projekt:

- PEB MFH von ca. 300%
- Eine Antwort auf die angezweifelte Wirtschaftlichkeit von Fassadenanlagen
- Vollständige Eigenversorgung – auch und besonders im Winterhalbjahr
- Darüber hinaus mussten die Module in das Lucido®-System integrierbar sein.

› **Die Architektur folgt der Idee «form follows function» - eine Formensprache, welche im Wesentlichen auf gute Proportionen reduziert ist. Darin haben auch neue Materialien wie solar-aktive Fassaden Platz.**

Den Bestand weiterentwickeln

Ziel war es von Beginn an, die Eingriffe da zu setzen, wo sie notwendig waren. Bestand, der weiter in Takt ist, sollte hingegen so weit als möglich erhalten werden. Denn eine Sanierung bietet eine grosse Chance: Auch wenn der Betrieb klimaneutral ist, die Erstellungsemissionen entweichen heute in die Atmosphäre. Ein Abbruch vernichtet immer Substanz. Die massive Tragstruktur wurde vollständig erhalten, denn hier steckt der Grossteil der grauen Emissionen. Das Projekt zeigte jedoch auch die Herausforderungen. Die Decken waren mit 15 bis 17 cm Beton beispielsweise äusserst schlank, so dass über die Zeit Risse entstanden sind. Diese wurden durch, unten an der Decke angebrachte, Armierungsverstärkungen saniert. Gleichzeitig erlaubte das Fehlen von Tragreserven nur bedingte Anpassungen im Grundriss.

Ein klimaverträglicher Grundriss ist effizient, spricht: viel Hauptnutzfläche pro Geschoss. Entscheidender jedoch als die Treibhausgasemissionen pro Quadratmeter, sind die pro Person. Der Wohnungsmix mit kleinen 4.5 Zimmer-Wohnungen bietet dafür die Basis und entspricht damit den Ansprüchen wie beispielsweise dem Label 2'000-Watt-Gesellschaft.

› **Der Bestand bietet Vorteile; Die Grundrisse sind oft sehr effizient, Erstellungsemissionen des Bestands sind schon «abgezahlt».**

Spannungsvolle Gebäudehülle

Die Gebäudehülle ist geprägt von einer Spannung zwischen technologischer Maserung und vertrauter haptischer Qualität von Holz. Diese Spannung wird auf verschiedene Arten bespielt. Zusammengehalten wird das Gebäude durch eine Reduktion der Materialien – warmes, rötlich-goldenes Douglasie-Holz, anthrazit-blau schimmernde Photovoltaikzellen, dezentes, nicht strukturiertes Glas und einfache, schwarzbraune Metallabschlüsse.

Gleich einem neuen Kleid wird das bestehende Gebäude mit der Lucido®-Fassade neu gefasst. Holz gestattet eine feingliedrige, leicht geneigte Verrippung der Oberfläche, die es gestattet, bestimmte Strahlungsrichtungen zu bevorzugen, andere zu beschatten. Holz hat Absorptionswerte, die nahe beim idealen schwarzen Körper liegen.

Einerseits wird Wärme so in die Masse der Wand und des Gebäudes eingelagert und phasenverschoben abgegeben. Andererseits entsteht in den Rippen temperierte Frischluft, welche direkt in den Innenraum geführt wird und so für eine konstante Lüfterneuerung sorgt. Auf eine komplexe Luftzuführung kann vollständig verzichtet werden. Das Holz wird geschützt hinter Glas oder Photovoltaik-Modulen eingebaut und muss nicht mit umweltschädlichen Substanzen behandelt werden.

› **Diese Bauart verkörpert in den verwendeten Materialien und Technologien ein Konzept der Dauerhaftigkeit.**

Darüber legt sich die geometrische Struktur der Photovoltaikzellen. Ihr Anordnung wurde aus der bestehenden Fassadenstruktur abgeleitet - Geschosshöhe, Fenster, Balkone. Gleichzeitig richtet sie sich nach der Sonne und dem Ertrag. So verengt sie sich gegen Süden. Die Fassade erscheint dadurch dunkler. Gegen Norden vergrößern sich die Zellabstände, das Holz scheint stärker durch.

Im Norden treten sie teilweise ganz zurück und gestalten so den Eingang. In den Fassadenrücksprüngen bei den Balkonen und dem Eingang, in den Nischen der Fenster und an der Lukarne, welche über die Dachfläche ragt, tritt das Holz hinter dem Glas hervor. So wird eine direkte Interaktion mit der haptischen Qualität von Holz ermöglicht.

Die vorgelagerten Elemente der Balkone und Terrassen lösen diese Struktur der Zellen weiter auf. Dadurch wirken sie transparenter, etwas gelöst von der Fassade und doch über die gleiche Materialität eingebunden.



Harmonisches Inneres

Das äussere Gestaltungskonzept wird in den Räumen weiterentwickelt. Auch hier ist es ein einfacher Dreiklang aus Materialien. Die Wände und Decken sind in einem feinkörnigen, warmweissen Putz gehalten. Dabei wird die Qualität des bestehenden Massivbaus mit einer waschbeständigen Innenfarbe mit mineralischen Eigenschaften erhalten. Der Boden ist mit grossformatigen Platten aus einfachem, unglasiertem Feinsteinzeug belegt. Mit der gleichen Platte sind auch die Balkone ausgekleidet. Sie erweitern so gleichsam den Wohnraum bis über den Balkon.

In den Nischen der Fenster und in der Fuge zwischen Boden und Wand tritt das Holz der Gebäudehülle in das Innere. Dabei wird auf ein einfaches Fichtenholz gesetzt. Wo jedoch das Holz grösseren Belastungen ausgesetzt ist, wird harthölzige, beständige Eiche eingesetzt. Das Holz kann so mit einem einfachen Wasserlack behandelt werden. Das Holz zieht sich durch die Wohnung und kommt in der Garderobe als Sitzfläche und im Handlauf des Treppenhauses zum Vorschein.





Das Bekannte besser machen.

Ein Dach, alles aus einem Guss.

Integrierte Dachanlagen gehören ebenfalls zum Stand-der-Technik. Die konkrete Herausforderung war, dass die Dachgeometrie bestehend war. Dazu kam, dass sich das Dach nach 45 Jahren unterschiedlich gesetzt hatte. Konventionelle Ansätze gehen von Standard-Modulen aus. Restflächen und Abweichungen werden dann mit Passmodulen aus Alucobond oder Ähnlichem belegt. Diese Lösungen wurden untersucht. Dabei blieben die Anlagelayouts mit Minderleistungen von ca. 30 Prozent gegenüber einem optimal belegten Dach deutlich zurück.

› **Standardmodule erfüllten in Bezug auf Ertrag und Wirtschaftlichkeit die gesetzten Ziele nicht.**

Das «Hut»-Konzept

So wurde stattdessen auf ein vollständig individuelles Modullayout aus Standard- und Individualgrößen gesetzt. Um die Module dennoch passgenau und über ein halbes Jahr vor Fertigstellung des Dachstuhls – dies war die benötigte Produktionsvorlaufzeit des Herstellers – erfüllen zu können, wurde dem Gebäude ein «Hut» aufgesetzt. Eine neue, aussenliegende Schicht von ca. 100 mm nahm Unebenheiten auf und bildetet dank einem hohen Vorfertigungsgrad des Holzbaus die Unterlage für die PV-Anlage. Durch das Abdecken von Zellverbinder und Busbar wird trotzdem ein sehr einheitliches Bild erreicht, welches lediglich aus der Vogelperspektive etwas differenzierter erscheint. Die realisierte Anlage produziert 30 Prozent mehr Energie bei 30 Prozent tieferen Investitionskosten.

› **Durch das Einfügen einer neuen Schicht und den Vorteilen des hohen Vorfertigungsgrad des Holzbaus konnten die Module bereits ein halbes Jahr im Voraus passgenau bestellt werden.**

Optimales Anlagelayout

Für die verschiedenen Dachflächen wurden unterschiedliche Varianten der Stringzusammenfassung überprüft. Die ursprünglich vorgesehenen 4 Strings auf Süd- und Norddach wurden auf drei Strings reduziert, um in Teilverschattungssituationen früher die Einschaltspannung des Wechselrichters zu erreichen. Nach der Aufteilung in drei Strings wurde folgender Ansatz gewählt: Jeweils einen String des Süddaches und einen String des Norddaches an jeweils einen Wechselrichter mit zwei separaten MPP-Trackern anzuschließen. Dies ermöglichte ein deutlich effizienteres Wechselrichterkonzept, was sich in tieferen Investitionskosten und höheren Stromerträgen niederschlägt.



Exkurs: Verschattung durch Schneefang

Bei Verwendung des 2-Rohr Schneefangs kommt es zu einer Verschattung der untersten Zellreihe bei Sonnenhöhenwinkeln von unter 49°. Auf dem Norddach ist dies nicht relevant, da die Sonne nahezu nie aus dem nördlichen Halbraum kommt. Auf der Süd-, Ost- und Westseite treten solche Winkel aber auf und können zu einer Verschattung führen. Dies geschieht nur bei tiefstehender Sonne zu Zeitpunkten mit absolut gesehen niedriger Bestrahlungsstärke. Der Rohrdurchmesser von 27 mm führt dann auch nicht zu einer kompletten Verschattung einer ganzen Zelle, sondern nur eines Teilbereichs. Zur Reduktion dieses Einflusses wurden alle potenziell betroffenen Module in jeweils einen Strang zusammengefasst.



Ein Exempel statuieren.

Macht Photovoltaik in der Fassade Sinn? Immer?

Obwohl verschiedene Studien, unter anderem auch das *Bundesamt für Energie BFE* bereits im Frühjahr 2019 das grosse Potenzial der fassadenintegrierten Photovoltaik-Anlagen hervorgehoben hatten, fristen solche Anlagen bis heute ein Schattendasein. Dies liegt nicht in erster Linie an einem zu geringen Produktionspotenzial. So veranschlagt das *BFE* das Potenzial mit «17 TWh pro Jahr (Bundesamt für Energie, 2019)». Stattdessen wird oft auf die mangelhafte Wirtschaftlichkeit verwiesen. Teil der Architekturaufgabe in diesem Projekt war es, hierauf eine Antwort zu finden. Dabei zielte der Bauherr auf ein holistisches Konzept mit dem Ziel, aufzuzeigen «was möglich ist, auch wenn Ort und Geometrie des Gebäudes bestehend und nicht optimal sind.»

Anlagengrösse

Die Grösse und das Design der Fassadenanlage ergab sich auf der einen Seite aus der zu erzielenden Gestaltungsidee, welche die Eigenheiten des Bestands weiterführen wollte.

Elemente des Bestands:

- Homogene Fassadengestaltung, welche durch die Fensterachsen gegliedert wird.
- Betonung des Eingangs, zum Beispiel durch das eingezogene Treppenhaus.
- Vorgeschobene Balkonschicht auf der Südseite, welche jedoch neu in den Dämmperimeter eingezogen wurde.

Auf der anderen Seite wurde ein PEB Faktor von ca. 300 Prozent angestrebt. Zusammen mit dem natürlichen CO₂-Restbudget können so Erstellungsemissionen von ca. 225 Tonnen CO₂-eq «amortisiert werden». Dies ergibt ein Budget für nicht vermeidbare Emissionen der Sanierungsmaßnahmen von 245 kg CO₂-eq pro Quadratmeter EBF. Die effektiven Emissionen belaufen sich auf ca. 150 – 200 kg CO₂-eq.

› **Das Gebäude amortisiert seine Erstellungsemissionen innerhalb von einer Generation.**

Grobkonzept und Simulation

Die Aufgabe der Erfüllung der oben definierten Kriterien stellte sich in einen äusserst herausfordernden Kontext. Geometrie und Ausrichtung waren gegeben. Notwendige Massnahmen aus der Entwicklung der Grundrisse – wie beispielsweise das Erweitern des Wohnraumes über eine neue Balkonschicht – führte zum Teil zu weiteren komplexen Verschattungssituationen. Ein konventioneller Ansatz für solche Herausforderungen ist der Einsatz von «Optimierern». In einer Fassade mit über 150 Modulen ist dies keine praktikable Lösung, denn ein Defekt auch nur eines Optimierers bedingt stets aufwendige Massnahmen.

› **Das Projekt suchte einen eigenen Ansatz: Anstatt Schwächen mit technischen Bauteilen zu entschärfen, wurde ein Layout gesucht, welches Schwächen durch geschickte Planung vermeidet.**

Dazu wurden Elemente wie das Vordach, die Balkonschicht, die Umgebungsgestaltung und der städtebauliche Kontext – erfasst. In Zusammenarbeit mit dem *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE* wurde die Anlage simuliert. Dafür wurden alle vorgesehenen Module für die Einstrahlungsberechnung mit sogenannten Sensorpunkten belegt, welche den späteren Zellpositionen entsprechen. Neben der Simulation des Energieertrages wurden in dieser ersten Berechnung auch einige kritische Stellen identifiziert, an denen sehr häufige Teilverschattungen auftreten, welche sich negativ auf die Langlebigkeit auswirken können.

› **Die Langlebigkeit ist das übergeordnete Ziel und von grosser Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Fassadenanlagen.**

Anlagelayout und Verschaltungskonzept

Nach den ersten Einstrahlungsberechnungen wurde der DC-Ertrag und weitere elektrische Parameter für verschiedene Verschaltungsoptionen ermittelt. Auf dieser Basis konnten jeweils unterschiedlich ausgerichtete Stränge auf je einen Wechselrichter kombiniert werden. Da die Maximalleistungen von zwei unterschiedlich ausgerichteten Strängen zu unterschiedlichen Tageszeiten auftreten, kann so die installierte Wechselrichterleistung reduziert werden. Gleichzeitig werden die Wechselrichter weniger häufig in sehr geringen Teillastbereichen betrieben.

› **Durch die Kombination von unterschiedlich ausgerichteten Strängen konnte ein sehr effizientes, elektrisches Design erstellt werden.**

Und rechnet sich das auch?

Aufgrund der gewählten Lucido®-Konstruktion war eine optimale Ausgangslage für die Nutzung der Fassadenflächen zur Energiegewinnung geschaffen.

Die Kosten pro Quadratmeter PV-Modul beliefen sich auf Fr. 330.00 resp. Fr. 1'910.00 pro kWp. Dazu kommen ca. Fr. 45.- für Wechselrichter, Verrohrung und Kabel/Stecker sowie Inbetriebnahme. 2021 lag der Preis pro Quadratmeter Glas bei Fr. 75.00. Aufgrund der Substitution dieser äussersten Glas-Schicht durch die aktiven PV-Module resultiert ein Netto-Materialpreis pro Quadratmeter von CHF 300.-.

› **Der Preis pro Quadratmeter Glas ist im Jahr 2022 inzwischen auf über Fr. 195.- angestiegen, womit der Effekt der eingesparten Schicht noch höher wäre.**

Der Bundesrat hat in seiner Sitzung vom 24. November 2021 die Revision der Energieförderungsverordnung (EnFV) gutgeheissen. Die Revision führt zu einer Schwerpunktverschiebung hin zu einer stärkeren Förderung pro kW. Mit den freigewordenen Fördergeldern werden Fassadenanlagen besser gefördert. So ist für Anlagen Fassadenmodulen ein Bonus von 250 Franken pro kW auf den Leistungsbeitrag vorgesehen. Umgerechnet auf einen Quadratmeter PV resultiert ein Förderbeitrag von Fr. 110.00 und ein Nettopreis pro Quadratmeter PV-Fassade von Fr. 190.00. Umgerechnet auf ein Kilowatt installierte Leistung – 5.85 Quadratmeter pro kWp – resultiert ein Betrag von Fr. 1'110.00 pro installiertes Kilowatt Modulleistung.

› **Die Politik verschiebt den Schwerpunkt der Förderung hin zum BIPV-Einsatz in Fassaden. Damit ist klar, dass sie eine essenzielle Funktion in der Realisierung der Energie- und Klimastrategie spielen müssen.**

Der durchschnittliche DC-Ertrag der gesamten Fassadenanlage beträgt gem. Simulation des *Fraunhofer ISE* 500 kWh pro Jahr und kWp. Wird diese Produktion auf die Lebenszeit von mindestens 30 Jahren hochgerechnet, resultiert ein Preis von 7.5 Rappen pro kWh CO₂-freie Energie, direkt vor Ort produziert. Damit liegt der Preis noch unter der Vergütung des Netzbetreibers.

› **Das Gebäude integriert PV-Module in alle Himmelsrichtungen - die Gestehungskosten pro kWh Solarstrom liegen dennoch unter dem Vergütungstarif des lokalen EVU.**

Aufgrund der optimalen Verteilung der Produktion von Fassadenanlage – Randstunden und Winter- und Übergangszeit – kann ein Grossteil der produzierten Energie zu deutlich höheren Verbraucherpreisen – ca. 22 Rp./kWh – über das ZEV an die Mieter verkauft werden. Schon heute liegen die Energiepreise der EVU höher. Bereits kurzfristig werden die Energiekosten der EVU weiter deutlich steigen - je nach EVU um 10 bis über 30 Prozent für das nächste Jahr. Der Eigentümer kann somit als Vermietungsvorteil die tieferen Energiekosten an die Bewohner weitergeben.

Wird nun der finanzielle Ertrag pro produzierte kWh mit 15 Rappen eingesetzt, resultieren über 30 Jahre ein Gewinn von Fr. 195.00 pro Quadratmeter PV-Fläche. Es ist also ökonomisch sinnvoll, die mit Modulen belegte Fläche möglichst gross zu gestalten. Denn einfach gesagt:

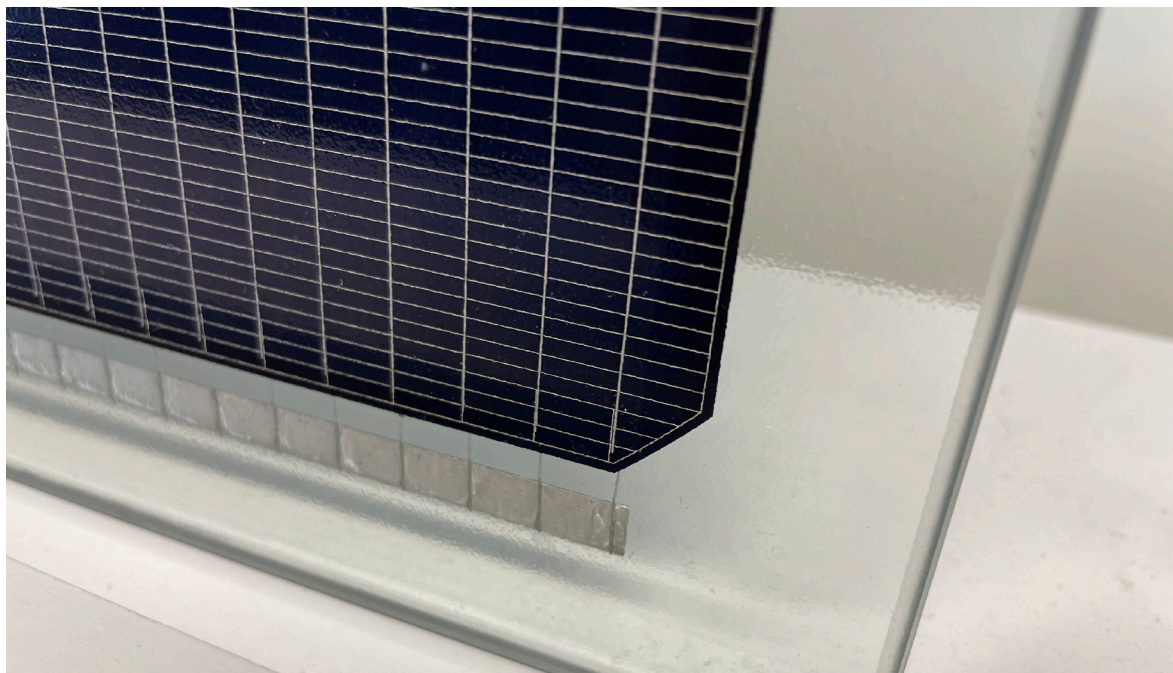
› **Jeder Quadratmeter PV-Fassadenanlage erwirtschaftet einen messbaren, finanziellen Wert für den Bauherrn.**

Exkurs: Hocheffiziente Zellen

Die hohen Erträge und die anvisierte Langlebigkeit wurde auch über eine spezielle PV-Technologie erreicht - sogenannte n-type HiR Module. Sie weisen eine sehr viel höhere Leistungsstabilität und entscheidend geringere Leistungsdegradation im Vergleich zu herkömmlichen PERC-Modulen auf. Ein optimaler Temperaturkoeffizient und ein besseres Schwachlichtverhalten führen zu mehr Ertrag pro kWp - welche besonders in der Fassade zu tragen kommen.

«Durch den ultra-thin tunnel Oxidlayer werden Rekombinationsverluste reduziert und dadurch der Wirkungsgrad signifikant erhöht. Die sehr feinen Kontaktgitter garantieren durch die, für die jeweilige Eigenschaft optimierten Schichten, eine ideale Stromaufnahmefähigkeit bei gleichzeitig guter Löt- und Leitfähigkeit. Durch die mehrschichtig aufgebaute Antireflexionsbeschichtung werden die Reflexionsverluste an der Zelloberfläche minimiert. Diese wirkt dadurch homogen anthrazitfarben.»

Daneben setzen die Module auf die sogenannte *Multi-Busbar-Technologie (MBB)*. MBB bedeutet, dass eine Solarzelle mit bis zu 16 Busbars anstelle von 4 oder 5 ausgestattet ist. Das bedeutet, dass die Module eine höhere Leistung und eine höhere Zuverlässigkeit bieten. Diese Leistungssteigerung kann bis 2 % – 2,5 % betragen. Dazu tragen kürzere "Transportwege" für den Strom und hochreflektierendes Drahtdesign mit weniger Verschattung bei. Weiter wird die mechanische Belastbarkeit erhöht, wodurch das Risiko von Mikrorissen geringer ist.





Synergie und integrale Technik

Gesamtsystem Solino® - die Summe ist mehr als seine Einzelteile

Durch neue Ansprüche an Energie- und CO₂-Effizienz steigt die Bedeutung der Gebäudetechnik. Immer mehr Technik bedeutet jedoch auch ein Mehr an Kosten und Ressourcenverbrauch. Das Ziel muss eine klimapositive® und günstige Gebäudetechnik sein, die Synergieeffekte der Baukonstruktion nutzt und auf komplexe Installationen und Prozesse verzichtet. Solino® ist das Gesamtsystem, welches durch Lucido solar AG entwickelt wurde. Die verschiedenen Komponenten der Gebäudetechnik werden gemeinsam geplant, zusammengeführt und so optimal aufeinander abgestimmt. Das System ist stark, weil es technisch einfach ist und auf rein physikalischen Prozessen basiert. Die eingesetzten Komponenten sind modular zusammengestellt und arbeiten nahtlos zusammen.

Lüftung mit Solino® -

sonnengewärmte, frische Luft.

Solino® nutzt die thermische Energie von Lucido® aPlus - siehe dazu auch Kapitel 1, Seite 3. Durch das Abziehen der verbrauchten Raumluft in den Nasszellen versetzt der Ventilator den Innenraum in einen leichten Unterdruck. Ohne mechanische Bauteile strömt die frische Luft natürlich nach. So funktioniert der Luftaustausch rein physikalisch und erfüllt doch alle Vorgaben des Minergie-P® - Standards. Gesteuert wird der Luftwechsel durch einen regelbaren Ventilator, welcher sich im Technikraum befindet. Die Energie der abgesaugten Raumluft wird über eine Wärmepumpe zurückgewonnen und im Schichtspeicher eingelagert.

› **Ein kontinuierlicher Luftwechsel sorgt für einen hohen Komfort, der Low-Tech – Ansatz für Langlebigkeit und minimalen Unterhalt.**

Heizen und Kühlen mit Solino® -

stets die richtige Temperatur für das Haus.

Während die zurückgewonnene Energie aus der Abluft zur Erwärmung des Brauchwarmwassers herangezogen wird, verwendet Solino® für die Heizenergie erneuerbare Umgebungswärme. Durch den Einsatz von am Gebäude produziertem Solarstrom wird diese Umgebungswärme veredelt – sprich auf das richtige Temperaturniveau gebracht. Konkret wird über zwei Sonden mit einer Gesamttiefe von 380 m Energie aus dem Erdreich geerntet und über eine Wärmepumpe auf die für das Heizsystem benötigten 30° bis 35°C verdichtet.

Die thermische Energie wird einem Schichtspeicher zugeführt – auf verschiedenen Niveaus mit 35°C für die Heizung und 55°C für das Brauchwarmwasser. Daraus beziehen das Heizsystem und das Brauchwarmwasser die benötigte Energie.

› **Durch die Deckung des Warmwasser-Bedarfs über die Abluft kann die notwendige Bohrtiefe reduziert werden. Dies erlaubt eine spürbare Kosteneinsparung sowie die Vermeidung von CO₂-Erstellungsemission.**

Das Erdreich dient jedoch nicht nur als Quelle von Umgebungswärme. Das gleiche System führt in Kombination mit der Bodenheizung im Sommer Wärme aus dem Gebäude ab. Dadurch werden die Räume sanft gekühlt und das Erdreich wird durch die abgeführte Wärme aus den Räumen für den Winter regeneriert. Im Hinblick auf stetig extremer werdende Hitzeereignisse bekommt die Lösung des sommerlichen Hitzeschutzes eine immer stärkere Bedeutung.

Eigenversorgung mit Solino® -

den Gesamtbedarf deckt das Gebäude.

Da die Wärmepumpe aus einem Teil eingesetzte Energie 3-6 Teile (JAZ) Wärmeenergie für Heizung und Warmwasser macht, reichen die Flächen an der Fassade und auf dem Dach, um deutlich mehr als den gesamten Energiebedarf (inkl. Haushaltsstrom und Mobilität) direkt am Gebäude zu produzieren.

Die Überschüsse an Solarstrom werden in Batterien mit einer nutzbaren Gesamtkapazität von 82 kWh gespeichert werden. Durch dieses Konzept minimiert sich die Abhängigkeit von Energiezufuhr aus dem Netz auch im Winter.

› **Durch ein integratives Konzept von Fassaden- und Dachanlagen wird die Energie dann produziert, wenn der Bedarf am grössten ist - im Winter und in den Randstunden des Tages.**



Über die Architektur hinaus.

Die Bewohner sind ein Teil des Gebäudes.

2017 sagte das Schweizer Stimmvolk ja zur Energiestrategie 2050 des Bundes: Ja dazu, den Energieverbrauch zu senken. Ja dazu, die Energieeffizienz zu erhöhen. Ja zur Förderung der erneuerbaren Energien und zum Ausstieg aus der Kernenergie. Und doch: Wenn es um realisierte Wohnprojekte geht, wird oft gebaut, als ob die zu erreichenden Ziele durch die Klimastrategie «Netto-Null» bis 2050 nicht noch höher liegen. Wohl werden PV-Anlagen oder Wärmepumpen installiert. Da enden dann die Bemühungen. Dabei beginnt die wichtige Zeit des Betriebs des Gebäudes, in dem entweder gute Ansätze zunichte gemacht oder die Chancen genutzt werden. Nicht zuletzt der letzte Zwischenstandsbericht IPCC wies auf den grossen Einfluss von Lebensstil und dem persönlichen Verhalten hin.

Partizipation und Animation

Das Mehrfamilienhaus hat nicht nur eine hübsche Hülle bekommen. Auch im Inneren wurde es transformiert.

› **Dabei gab es ein Ziel: Die Bewohner zu animieren, ein gestaltender Bestandteil des Gebäudes zu werden.**

Dafür wurde in der Projektphase auf eine grösstmögliche Partizipation von Bauherrschaft und Bewohnern gesetzt. Und dies obwohl die Wohnungen alle in Miete angeboten werden. Genau aus diesem Grund waren die Bewohner ein verlässlicher Massstab für die Effektivität und Umsetzbarkeit von geplanten Massnahmen. Aus den verschiedenen Ansätzen wurden drei herausgearbeitet, welche im konkreten Projekt umgesetzt wurden.

Möglichkeiten zum Mitwirken:

- Die PV-Leuchte - ein einfaches Signal zur Nutzung von Überschussstrom im Gebäude.
- Automatischer Hitzeschutz - Tageslicht ja, Hitze nein.
- Der Klimabonus für die Nutzung von Photovoltaik-Strom aus der eigenen Produktion.

Die PV-Leuchte

Steht im Gebäude mehr Strom zur Verfügung als für die Gebäudetechnik und die Haushaltsstrom sowie die Elektromobilität benötigt wird, leuchtet eine kleine Schaltfläche in der zentralen «Home-Base» grün. So können die Mieter eigenständig energieintensive Arbeiten wie Waschen etc. auf die PV-Produktion abstimmen.

Automatischer Hitzeschutz

Verschiedene Studien, unter anderem eine im Auftrag des BFE aus dem Jahr 2017 ¹, zeigt auf, dass in Zukunft die Gefahr der Überhitzung deutlich steigen wird. Da viele Bewohner über den Tag oft nicht zu Hause sind, ist es möglich über eine einfache Taste die automatische Verschattung zu aktivieren oder deaktivieren. Ist sie aktiviert, verschatten sich die Fenster bei grosser Hitzelast automatisch.

Ein Klimabonus

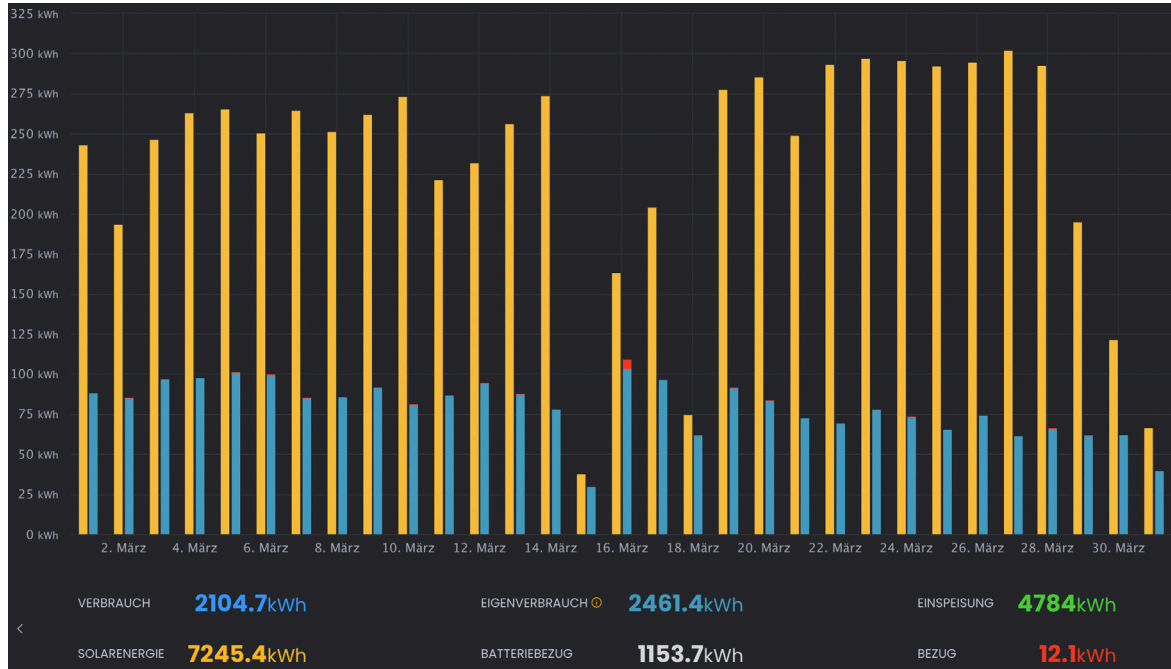
Durch die Mehr-Produktion von CO₂-freiem PV-Strom können die nicht vermeidbaren CO₂-Emissionen «amortisiert» werden. Dies geschieht durch die Stromsubstitution, sprich das Nutzen von Eigenproduktion anstatt CO₂-lastigem Netzstrom. Die PV-Leuchte ist dafür ein einfaches Tool. Am Ende des Jahres wird pro Wohnung die Quote der Nutzung von PV-Strom für einen Klimabonus ermittelt, welcher in Form einer Einmalzahlung ausgeschüttet wird. In Anbetracht von stark steigenden Energiepreisen kommt ein finanzielles Interesse dazu. Während die Kosten für Netzstrom für die Mieter steigen, bleibt der PV-Strom günstig.

Potenziale voll ausschöpfen

Ein in Bezug auf die Energieeffizienz gut geplantes Gebäude kann im Betrieb aufgrund nicht funktionierender, falsch eingestellter Technik oder eines aussergewöhnlichen Nutzerverhaltens stark von den Planwerten abweichen. Meistens wird dies erst sehr spät oder gar nicht bemerkt. Aus diesem Grund wird das Gebäude gemeinsam mit der Verwaltung in Betrieb genommen sowie kontinuierlich auf die Erreichung der Zielwerte geprüft.

› **Nachhaltige Immobilien sollen nicht nur gut geplant und gebaut, sondern ebenfalls gut betrieben werden.**

¹ ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels, Bundesamt für Energie BFE - Dezember 2017



Resultate. Facts.

Gibt es die die Winterstromlücke wirklich?

Die Herausforderung annehmen

Die Problematik der Winterstromlücke aufgrund der immer stärkeren Elektrifizierung im Gebäudebereich und in der Mobilität ist in aller Munde. Unterdeckungen von bis zu 30 Prozent werden prognostiziert. Diese Annahmen basieren aber in vielen Bereichen, vor allem in der Effizienz von Gebäuden, auf der Prämisse «weiter so». Gemäss Bundesrat beträgt das Einsparpotenzial durch effiziente Gebäude gemäss dem Standard *Minergie-P* bis zu 80 Prozent.

› Neben einem deutlichen PlusEnergie-Faktor ist die Effizienz des Gebäudes essenziell für eine gelingende Energiewende.

Energieverbrauch minimiert

Der erste Schritt lag in der Erreichung einer möglichst hohen Effizienz des Gebäudes. Durch die Sanierung der Gebäudehülle nach *Minergie-P* wurde der thermische Energiebedarf für Heizung und Warmwasser von ca. 120.000 kWh auf gerade einmal 10.000 kWh reduziert. Dabei wurde jede Massnahme auf deren Effizienz optimiert. So liegt der Stromverbrauch der Abluftanlage mit Nachströmung und Temperierung über die Fassade, bezogen auf die *Energiebezugsfläche EBF*, bei unter 1 kWh/m² gegenüber durchschnittlich 3–4 kWh/m² bei zentralen Zu-/Abluftanlagen. Das entspricht 2.730 kWh pro Jahr oder dem Strombedarf für Wohnen von eineinhalb Wohnungen.

› **Der thermische Energiebedarf wurde von 120.000 kWh auf gerade einmal 10.000 kWh reduziert.**

Energie produzieren und speichern

Die Anlage wurde so ausgelegt, dass sie in der Bilanz auch über das Winterhalbjahr den Eigenbedarf des Gebäudes decken kann. Durch die Aktivierung des Massivbaus für passive Solarnutzung und über die Bodenheizung kann Wärme im Gebäude direkt eingelagert und phasenverschoben abgegeben werden. Die Erzeugung der Wärme wird möglichst in den Tag geschoben, wo auch in den Wintermonaten oft ein Überschuss an Eigenstrom besteht. Erst nachdem diese Massnahmen ausgereizt waren, wurde ein elektrisches Speichersystem für die restlichen Lücken ausgelegt. Mit 82 kWh Netto-Speicherkapazität reicht es für einen vollständig autarken Betrieb von ca. 2 Tagen. Durch die Lade- und Entladeleistung von 24 kW kann es auch die Leistungsspitzen durch Wärmepumpen und E-Mobilität abdecken.

› **Als letzter Baustein deckt ein elektrischer Speicher den Energiebedarf in den Randstunden und in der Nacht.**

Erste Ergebnisse

Obwohl aufgrund von Lieferverzögerungen der Fassadenanlage diese im Februar 2022 erst teilweise in Betrieb kam und die gesamte Anlage aufgrund des Baugerüsts noch stark verschattet war, wurde eine Autarkiequote von 91.7 Prozent bei einem PEB-Faktor von 140 Prozent erreicht.

› **Die Eigenproduktion liegt auch im Februar über dem Bedarf. Das Stromnetz wird lediglich als Zwischenspeicher für weniger als 10 Prozent des Energiebedarfs benötigt.**

Wird hingegen der März als Referenz hinzugezogen, in welchem die Anlage grösstenteils voll in Betrieb war, resultiert eine Autarkiequote von 100 Prozent. Gerade einmal 12 kWh wurden aus dem Netz bezogen - vor allem in Form von Stützstrom.

› **Die Sanierung zeigt auf, wie Gebäude eine übergeordnete Funktion in der Energieversorgung übernehmen können.**