



Foto: Arento

Solaraktive Gebäudefassade: Die technoide Photovoltaik passt bestens zur Glas- und Metallarchitektur von Hochhäusern, wie hier die PV-Brüstungsbänder an einem erneuerten Wohnhochhaus in Effretikon ZH.

Mit Anlauf zum solaren Höhenflug

Hochhäuser, die mit Photovoltaik selber Strom erzeugen, gibt es weltweit erst wenige. Einige davon stehen in der Schweiz. An solchen Fassaden wird sichtbar, wie gut Architektur und Technik einander verstehen.

Text: Paul Knüsel

I m Norden der Stadt Zürich wuchert ein wilder Hochhauswald aus dem Boden, wie sonst nirgends in der Schweiz. Jeder Spross, der aktuell zwischen Oerlikon und Dübendorf auftaucht, sucht seine eigene Form: Einer ist dick und rund und dient zum Wohnen; andere Emporkömmlinge glänzen mit Ecken und Kanten. Doch kaum einer von ihnen setzt ein seiner Vertikale angemessenes architektonisches Ausrufezeichen. Dabei wäre von einem derart selbstbewussten Gebäudetyp zu erwarten, wichtige Zukunftsfragen beantworten zu können: Passen Hochhäuser überall hin? Wie hilfreich sind sie für die urbane Verdichtung? Und können sie nicht ebenso leisten, was normale Gebäude inzwischen tun: sich selbst mit Energie versorgen? Antworten sucht man in Zürich-Nord aber vergebens; der inzwischen dichteste Hochhaus-Cluster der Schweiz lässt das Zürcher Publikum erstaunlich kalt.

Bühne frei für die PV-Fassade

Eine empathischere Beziehung pflegen die Basler zu ihren Türmen, von denen sich einige wagemutig bis meisterlich geben. Zu den Vorbildern der Nachkriegsmoderne gehören etwa der 18-geschossige «Bau 52 Roche» von Roland Rohn im Stil des UNO-Sitzes in New York oder das 68 m hohe Lonza-Gebäude (Hans Rudolf und Peter Suter), das dem Pirelli-Hochhaus in Mailand ähnlich sieht. Deren Aussehen verändern (vgl. «Auf das Stadtbild abgestimmt», S. 30) oder sie zugunsten der Stadtverdichtung abreißen zu wollen wird im Fachpublikum jedoch wenig goutiert und kontrovers diskutiert. Davon unberührt zieht ein junger Vertreter der Basler Hochhauskunst die Aufmerksamkeit auf sich: Der schlanke Grosspeter-Tower beim Bahnhof SBB (vgl. TEC21 24–25/2017) erzeugt an seinen Fassaden Strom. **Und nicht weit davon entfernt will der Detailhändler Coop seinen markanten Hauptsitz nun ebenso mit Energie aus eigener Herkunft beliefern: Das 14-geschossige Bürogebäude mit Baujahr 1978 wird totalsaniert und die tragende Betonhülle rundum mit Photovoltaikbändern bestückt.**

Strom an Hochhausfassaden zu produzieren ist oft sinnvoller als an kleinen Gebäuden mitten in der Stadt. Die hohen Aussenwände sind weitgehend unbeschattet. Beide Basler Solarhochhäuser punkten zusätzlich: Die PV-Fassaden sind vielfältig gestaltet und fallen nur mehr Kennern auf. Opake Hüllen vollflächig mit Solarmodulen zu verkleiden ist ebenfalls nicht mehr zwingend. Und sowieso: Die technoide Photovoltaik passt zur Metall- und Glasarchitektur, die diesen Gebäudetypus dominiert. Deshalb erstaunt, wie wenige Solarhochhäuser es überhaupt gibt. Startet das solare Bauen nun in Basel zum lang ersehnten Höhenflug?

Basel, Strasbourg, New York

Zumindest nicht allzu weit davon entfernt glänzt ein Wohnhochhaus, dessen silbern-schwarze Fassaden ebenfalls für eine aktive Nutzung von Sonnenenergie werben. Im umgenutzten Rheinhafen von Strasbourg

steht seit wenigen Monaten der 56 m hohe Tour Elithis Danube. Seine Fassaden sind an einigen Stellen ungewöhnlich gestaltet: Halbtransparente PV-Module erzeugen Strom und beschatten dahinter liegende Loggien. Das 17-geschossige Wohnhochhaus im Elsass gilt weltweit als erstes mit Plusenergiekonzept. Forscher der Fachhochschule Nordwestschweiz haben indessen berechnet, dass sogar ein Gebäude mit 40 Stockwerken noch als Selbstversorger betrieben werden kann. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die hohen Fassaden vollflächig mit PV bestückt sind.¹

Nicht der Wunsch nach Selbstversorgung, sondern die ökologische Überzeugung des Investors gab den Anstoss für die Premiere der vertikalen Solararchitektur: 1999 wurde der «Four Times Square»-Wolkenkratzer (250 m) mitten in Manhattan hochgezogen; die Süd- und Westfassaden erhielten eine insgesamt 1000 m² grosse Fläche mit Solarzellen anstatt mit Glas. Damals kam eine Präferenz zum Zug, die nichts an Aktualität eingebüsst hat: Die Wahl der Verkleidung fiel auf Dünnschichtsolarmodulen, deren geglättetes Aussehen einem gestreiften, monokristallinen Modul architektonisch bevorzugt wird. Energetisch würde man anders entscheiden: Zwar stieg der Wirkungsgrad der Dünnschicht-PV in den letzten 20 Jahren von 6% auf 12%. Doch Monokristallinmodule liefern 20%.

Solarfassade ist kein Anhängsel

Der New Yorker Anfangseffort ging in die Lehre ein.² Aber all jene Fachleute, die die Photovoltaik ebenso innovativ ans Gebäude heften wollten, fanden auf dem Dach ein einfacheres Experimentierfeld. Erst allmählich entdeckten sie die generellen Vorzüge einer vertikalen PV-Gebäudeintegration. Wo sonst als bei einem Hochhaus stellen sich derart spezifische Anforderungen an eine gelungen konstruierte und gestaltete Fassade?

Aber man lernte schnell: Wurde der PV-Auftrag in Manhattan noch erteilt, als die Glashaut bereits gezeichnet war, plant man heute genau umgekehrt. Inzwischen versteht man PV-Fassaden nicht mehr als additives Anhängsel. Die Geometrie der Module, die Verkabelungslösung und das Aufhängeprinzip bilden nun wesentliche Elemente der Solararchitektur. Die übliche Planungstoleranz, ein Fassadensystem zum Beispiel aus Kostengründen nachträglich zu verändern, ist mit dem Entscheid für eine PV-Variante nicht kompatibel. Nicht verwunderlich ist dagegen, dass sich die Projektbeteiligten in einer wenig etablierten Marktnische zurechtfinden müssen. Es braucht Absprachen, wer wofür zuständig ist. Zudem verschwinden Anbieter und Produkte bis heute regelmässig von der Bildfläche.

Neue Regel: auf allen vier Seiten

Wie ging die Lernkurve der Solarhochhäuser weiter? Der erste «Solar Skyscraper» der Welt liefert seit 2006 Strom. Der knapp 120 m hohe CIS-Tower in Manchester, 1962 als höchstes Bürohochhaus Europas gebaut, wurde bei einer umfassenden Erneuerung mit 8000 poly-



Von oben nach unten: Bei der Totalsanierung des Coop-Hauptsitzes in Basel (Burckhardt+Partner) erhalten die Aussenfassaden ein solares Facelifting. Die Brüstungsbänder werden neu mit anthrazitfarbenen PV-Modulen verkleidet.

Auf das Stadtbild abgestimmt

Vor elf Jahren sorgte die geplante Erneuerung des Lonza-Sitzes in Basel für politischen Aufruhr. Die Aluminiumfassade des knapp 70 m hohen Bürohochhauses am Christoph-Merian-Park sollte mit Solarmodulen versehen werden. Gegen diesen Eingriff am denkmalgeschützten Objekt erhob die Stadtbildkommission jedoch Einspruch und verhängte ein Erneuerungsverbot. Inzwischen fanden Renovationsarbeiten an diesem Gebäude statt. Doch die Eingriffe konzentrierten sich auf das Innenleben. An der Hülle passierte nichts; die äussere Erscheinung ist gleich geblieben.

Eine Kehrtwende bei der Beurteilung von PV-Fassaden haben hingegen die offiziellen Beurteilungsgremien vollzogen. Die Stadtbildkommission begrüsst nun den Umbau des Coop-Hochhauses, das ennet den Bahngleisen im Gundeldingerquartier steht. Der 14-geschossige Massivbau mit Baujahr 1979, dessen Korpus von nach aussen gestellten Betonstützen getragen wird, erhält eine tief greifende und visuell erkennbare Erneuerung. Die Bauherrschaft wünschte dazu stromerzeugende Fassaden. Mit diesem Wunsch setzte sich das Architekturbüro Burckhardt+Partner

sorgfältig auseinander und bestimmte die Farbe und die Oberfläche der verglasten, monokristallinen Solarmodule in enger Absprache mit der Stadtbildkommission. Die Integration und die Gestaltung der PV-Anlage sind für die Architekten kein Neuland; sie entwarfen bereits für den Grosspeter-Tower eine Solarhülle.

Mehrkosten bei «5 bis 6 %»

Alle vier Fassaden bieten Platz für eine Solarfläche von insgesamt 1350 m², worauf knapp 10% des eigenen Jahresbedarfs erzeugt werden können. Die PV-Module selbst sind eine Spezialanfertigung: Das Abdeckglas ist inwendig mit einem anthraziten Farbton bedruckt und äusserlich satiniert. Die Brüstungen erzeugen trotz technoider Verkleidung eine ruhige und homogene Wirkung.

Und obwohl sie sich deutlicher von der mächtigen Betonskelettstruktur abheben als die vormaligen hellen Metallbänder, bleiben Ausdruck und Charakter des markanten Hochhauses, das den Gleiseinschnitt zum Bahnhof SBB säumt, erhalten. Farbgebung und Satinierungsgrad wurden schrittweise optimiert und mussten jeweils der Stadtbildkommission präsentiert werden, bestätigt Marco Husmann, Mitglied der Standortleitung von Burckhardt+Partner. Die Mehrkosten der PV-Bänder ge-

genüber einer hinterlüfteten Metall- oder Glasverkleidung belaufen sich nach seinen Worten auf «5 bis 6 %».

Auch die Fensterbänder haben einen erkennbar aufgefrischten Ausdruck erhalten: Die Glaselemente besitzen ein breiteres Format als zuvor. Und die vormalig abgeschrägten Ecken sind nun kantiger und rahmenlos ausgeführt worden. Die Erneuerung soll noch dieses Jahr abgeschlossen werden. • (pk)



COOP HAUPTSITZ, BASEL

Bauherrschaft

Coop Genossenschaft, vertreten durch Coop Immobilien, Bern

Architektur

Burckhardt+Partner, Architekten Generalplaner, Basel

Tragwerksplanung

Schnetzer Puskas Ingenieure, Basel

Fassadenplanung

Neuschwander+Morf, Basel

Solarplanung

BE Netz, Luzern

Solarmodule

Megasol Energie, Deitingen SO



Plusenergie-Hochhaus Tour Elithis Danube in Strasbourg mit dunklen PV-Modulen an den Fassaden (XTU architectes, 2018).



Saniertes Hochhaus in Effretikon ZH, neu mit PV-Modulen an den Brüstungsbändern (Generalplanung: Arento, 2019).

kristallinen Solarzellen eingedeckt. Schon damals ging man dazu über, neben der stark besonnten Südseite auch die Fassaden nach West und Ost damit zu versehen. Dabei hängen die Module auch dort, wo kein Sonnenlicht hinfällt. Das Gestaltungsprinzip, ein Bauwerk rundum mit Photovoltaik zu verkleiden, nahmen auch die Macher der mittlerweile höchsten Solarhochhäuser auf: In London steht der 230 m hohe Heron Tower (2011); er wurde mit 3000 m² Solarzellen bestückt. Und in Seoul trägt ein 244 m hoher Wolkenkratzer abgeschrägte PV-Bänder zur Schau. Der selbst produzierte Strom reicht bei solchen Bauten allerdings oft nur zum Antrieb der Aufzüge.

Mit geometrisch geringeren, aber energetisch weit höheren Ambitionen packten die Projektverfasser dagegen den Umbau zweier Hochhäuser für die Zürcher Baugenossenschaft Zurlinden an. Das 2000-Watt-taugliche Erneuerungsprojekt Sihlweid bestand darin, alle vier Seiten der Gebäudehülle mit PV-Modulen zu bestücken. Die Berner Fachhochschule begleitete die Schweizer Premiere vor acht Jahren und kümmerte sich um die Elektronik, die bezüglich der Beschattung zu optimieren war (vgl. «Was ist schon Standard?», S. 32). Im Nachgang konnten die Wissenschaftler erstmals bestätigen, weshalb eine Rundum-Solarfassade sinnvoll ist: Vertikale PV-Module holen aus der Strahlung einer tief stehenden Sonne mehr heraus als geneigte Dachpaneele, im Winter oder morgens und abends. Solarfassaden verbessern deshalb die Eigenversorgung und stellen oft

eine günstigere Optimierungsvariante dar als der Stromspeicher, sagt Urs Muntwyler, Leiter des Labors für Photovoltaiksysteme der Berner Fachhochschule.

Die Sihlweid-Wohnhochhäuser in Energieproduzenten zu verwandeln gelang gemäss Muntwyler auch dank nicht planbaren Umständen: Weil man direkten Kontakt mit dem japanischen Modulherstellern aufnehmen konnte, flossen wichtige Tipps zur Verkabelung ein. Und die Belastungsprüfung der ausgewählten Module erbrachte derart gute Resultate, dass die robuste PV-Verkleidung sogar dort montiert wurde, wo sie die ganze Zeit beschattet und unverkabelt ist.

Wirtschaftlich dank Energieertrag

Die Wirtschaftlichkeit der Sihlweid-Fassaden haben die Forscher nicht systematisch untersucht. Eine jüngere Hochhauserneuerung im Zürcher Oberland gibt jedoch wichtige Hinweise, wie gerechnet werden muss: Eine Fassadenverkleidung aus Solarmodulen ist generell teurer als mit konventionellen Materialien. Die Energieerträge können den Zusatzaufwand aber in 25 Jahren amortisieren, also rund zehn Jahre vor Ablauf der erwartbaren Lebensdauer, bestätigt Franz Schnider, Geschäftsführer des Generalplaners Arento. Im Auftrag der Eigentümerschaft, einer institutionellen Investorin, wurde ein Wohnhochhaus mit 13 Etagen und Baujahr 1968 in Effretikon erneuert. Drei Seiten tragen nun

Was ist schon Standard?



Urs Muntwyler ist Professor an der Berner Fachhochschule und Leiter des Labors für Photovoltaiksysteme.

TEC21: Herr Muntwyler, hört man sich in der Solarbranche um, werden PV-Fassaden oft als Standard bezeichnet. Stimmt das?

Urs Muntwyler: Ich bin eher zurückhaltend; jedes Projekt ist faktisch eine Sonderanfertigung. Ausser bei Einzelkomponenten wie Modulen oder Wechselrichtern kenne ich keine Standards. Die Planung einer Solarfassade, ihre Verkabelung und die Konstruktion sind anspruchsvoll, die Auswahl an kompetenten Fachleuten jedoch überschaubar. Was dennoch zu empfehlen ist: Standardmodule mit monokristallinen Zellen sind inzwischen sehr günstig.

Sind die unauffälligeren Dünnschichtmodule nicht beliebter?

Aber weniger robust und komplizierter in der Gebäudeintegration. Optische Veränderungen und Korrosionserscheinungen dürfen nach kurzer Zeit nicht überraschen. Zudem wird die Umsetzung solcher Architekturfassaden unterschätzt. Zwar sind Dünnschichtmodule im Format freier gestaltbar, doch das Optimieren von Schaltkreisläufen bei beschatteten Teilflächen wird dadurch aufwendiger.

Lässt sich das nicht mit Zusatzgeräten zur Leistungsoptimierung lösen?

Grundsätzlich ist das möglich, es verursacht aber enormen Aufwand. An einigen Fassaden steckt hinter jedem Modul ein solches Gerät. Diese Zusatzelektronik muss im Lebenszyklus eines Solarmoduls eventuell zwei- bis dreimal ersetzt werden. Bei der Planung der Sihlweid-Fassaden waren keine ausgereiften Geräte erhältlich. Das Beschattungsmanagement haben wir ohne, nur mit dem Festlegen der Schaltkreisläufe gelöst; es scheint bestens zu funktionieren. •

Das Interview führte *Paul Knüsel*, stv. Chefredaktor, Redaktor Umwelt/Energie.

350 geometrisch und farblich identische Paneelbänder. Die mit Spezialglas abgedeckten Solarzellen ersetzen Faserzementbrüstungen.

Während der Solarzellenmarkt bereits standardisierte Massenware liefert, ist die Konfektionierung von Unterkonstruktion und Fassadenbau erst auf dem Weg dazu. Franz Schnider empfiehlt, bei Planung und Ausführung insbesondere auf die Abstände einzelner Komponenten sowie auf die thermische Entkopplung von Aufhängevorrichtungen zu achten. Welche weiteren Fehler bei der Konstruktion zu vermeiden sind, wollten Bauforscher an der TU Wien zudem systematisch wissen: Vor sechs Jahren wurde ein elfstöckiges Chemiegebäude zum weltweit ersten «Plus-Energie-Bürohochhaus» aufgerüstet und intern als Testobjekt für vielfältige Solarkonstruktionen benutzt. Aussen liegende Treppenhäuser erhielten eine halbtransparente Solarhülle; die opaken Flächen der

Schaufront und der Seitenwände sind rahmenlose, monokristalline PV-Paneele.

Es stellte sich heraus: Das Wärmeregime und die Hinterlüftung der Verkleidung sind nicht zu unterschätzen. Die Solarzellen benötigen kühle Luft, damit die Energieproduktion nicht stockt. Und die elektronischen Geräte, Dioden und Kabel, die hinter der PV-Fassade stecken, sind vor Temperaturen über 70°C zu schützen.³ Im Forschungsprojekt in Wien hat man unter anderem mit thermischen Simulationen das Hinterlüftungsvolumen und die Grösse der Lüftungsöffnungen definiert.

Elektronik ist kurzlebig

Auf die Beantwortung einer weiteren wichtigen Frage muss man aber noch warten: Wie langlebig sind Solarfassaden, ob an Hochhäusern oder kleineren Gebäuden installiert? Die ältesten Testanlagen der Schweiz, in Lugano, am Jungfraujoch und in Burgdorf, liefern seit fast 40 Jahren überzeugende Leistungen. Auch das stromlinienförmige Dach der Umweltarena in Spreitenbach AG, 2012 fertiggestellt, wird laufend überwacht: Die über 5000 m² grosse Photovoltaikanlage übertrifft bis heute die ursprüngliche Ertragsprognose. Die Medienverantwortliche Monika Sigg ergänzt, bislang seien keine Module ausgefallen, aber einzelne Wechselrichter vorzeitig ersetzt worden. Und auch an anderen Gebäuden mit integrierter PV hat sich die Elektronik, bestehend aus Leistungsoptimierer und Wechselrichter, als kurzlebige Komponente herauskristallisiert. Ihre Lebensdauer wird auf 10 bis 15 Jahre veranschlagt.

Roland Frei, Mitinhaber des Energiebüros, installierte erste PV-Anlagen vor zwanzig Jahren und war Fachplaner am Grosspeter-Tower im Basel. Dessen PV-Fassaden funktionieren bisher einwandfrei, bestätigt er. Sein Mandat umfasst auch Betrieb und Unterhalt. Denn dies gehört ebenso zur Lernkurve der Solararchitektur: Anders als bei herkömmlicher Gebäudetechnik endet ein Solarplanungsauftrag nicht mit der Schlüsselübergabe. «Es braucht regelmässige Betriebskontrollen. Der Aufwand für Service und Wartung ist jedoch überschaubar und mit Glasfassaden vergleichbar», so Frei. Insofern spricht nichts dagegen, auch im spriessenden Hochhauswald mehr Energie zu produzieren. •

Paul Knüsel, stv. Chefredaktor, Redaktor Umwelt/Energie

Anmerkungen

¹ Möglichkeiten und Grenzen von grossen Nullenergiegebäuden, Fachhochschule Nordwestschweiz; Bauphysik 2016.

² Building-Integrated Photovoltaic, a Sourcebook for Architects; U.S. Department of Energy 2000.

³ Integration von Plusenergie- und Gebäudetechniksystemen im Glasfassadenbau, Glasbau 2016.



Die besprochenen Solarhochhäuser und das **E-Dossier «Solares Bauen»** jetzt online auf espazium.ch