

FASSADEN: WIE SICH PV UND BEGRÜNUNG ERGÄNZEN

Fassaden sind mehr als die nackten Wände eines Hauses: Sie können mit Photovoltaik (PV)-Modulen zur Stromerzeugung genutzt werden, oder mittels Begrünung einen Mehrwert für Bewohnerinnen und Bewohner schaffen. Ein Forschungsprojekt der Hochschule Luzern hat untersucht, was Fassaden abhängig von ihrer Ausrichtung zur Solarstrom-Produktion beitragen und wie sich PV und Begrünung am besten kombinieren lassen.

Die Durchschnittstemperaturen sind in den letzten Jahrzehnten gestiegen, und in Zukunft dürfte es in der Schweiz noch wärmer werden. Ohne Massnahmen zur Eindämmung des Treibhaus-Effekts könnten Mitte dieses Jahrhunderts im ungünstigen Fall durchschnittlich 2 bis 3.3 Grad höhere Temperaturen herrschen als Ende des vergangenen Jahrhunderts. So prognostiziert es das Netzwerk des Bundes für Klimadienstleistungen (NCCS), gestützt auf das Szenario RCP8.5 des Weltklimarats (IPCC).

Massnahmen gegen Klimaerwärmung

«Sollte dieses extreme Szenario eintreffen, in den Städten noch verstärkt durch den sogenannten Wärmeineffekt, dann wird unser Leben massiv beeinträchtigt und wir müssen wirksame Gegenmassnahmen ergreifen», sagt Gianrico Settembrini, Leiter der Forschungsgruppe Nachhaltiges Bauen und Erneuern an der Hochschule Luzern (HSLU). Zu diesen Gegenmassnahmen gehört die Ausstattung der Fassaden mit PV-Modulen, die erneuerbaren Strom erzeugen, aber auch Fassadenbegrünungen, weil diese unter anderem den Komfort der Menschen in Städten bei steigenden Temperaturen



Auf dem HSLU-Campus wurden vier Fassadensysteme ausgemessen (von links nach rechts): boden-gebundene Begrünung, wandgebundene Begrünung, opake PV-Anlage, transparente PV-Anlage. Foto: Schlussbericht GreenPV



Beispiel einer «wandgebundenen» Begrünung: Stüchi-Einkaufszentrum in Basel. Die Begrünung besteht aus 23 verschiedenen Gehölzarten und Kletterpflanzen. Die Pflanzen befinden sich in Trögen und ranken sich an Seilen empor. Foto: Beat Breitenfeld



Beispiel für eine «bodengebundene» Begrünung: Stadthaus «M1» im deutschen Freiburg. Foto: BuGG

verbessern. Vor diesem Hintergrund hat ein HSLU-Forscherteam qualitative wie quantitative Kriterien definiert, die aufzeigen, wie sich PV-Module und Begrünung abhängig von der Fassadenausrichtung am besten kombinieren lassen.

Das Forscherteam untersuchte unter anderem fünf Arten von Fassadenbegrünungen (vgl. Abbildung unten). Mit Simulationsrechnungen und einem Feldversuch an der Hochschule wurde abgeschätzt, wie stark die Wandbegrünung, aber auch die Bepflanzung der Umgebung mit Rasen und Bäumen den Energiebedarf zur Kühlung an Hitzetagen reduziert. «Die Bepflanzung mit Rasen und Bäumen ist im beengten städtischen Raum längst nicht überall möglich, darum kann die Begrünung der Fassade eine gute Alternative darstellen,

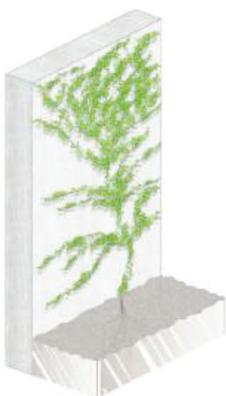
auch wenn es sich nicht um die effektivste Massnahme zur Senkung der Temperatur handelt», sagt Sina Büttner, die das Forschungsprojekt inhaltlich geleitet hat.

Winterstrom von der Fassade

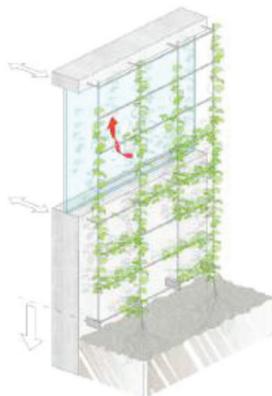
Die zentrale Fragestellung des Projektes war, wie sich PV und Begrünung an Fassaden nach ökologischen wie wirtschaftlichen Gesichtspunkten am sinnvollsten kombinieren lassen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zeigen in ihrer Untersuchung, dass bei der Beantwortung der Frage die Ausrichtung der Fassade eine wichtige Rolle spielt. Wandmodule erzielen zwar nicht den gleichen Jahresertrag pro Quadratmeter wie aufgeständerte Dachmodule, aber doch 35 % (Nordfassade) bis 82 % (Südfassade) des Vergleichswertes,

Bodengebundene Fassadenbegrünungen

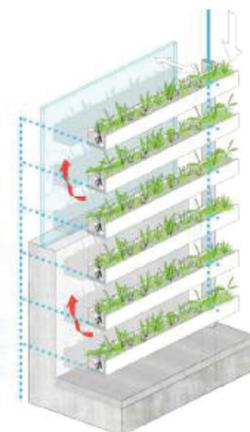
Wandgebundene Fassadenbegrünungen



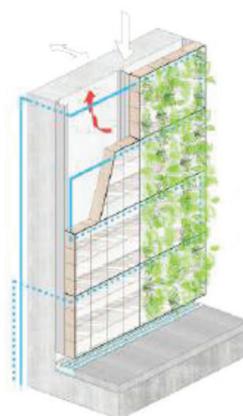
Direktbewuchs der Fassade



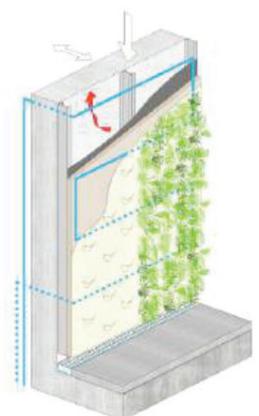
Leitbarer Bewuchs an separater Wuchskonstruktion



Horizontale Vegetationsflächen, Pflanzgefäße

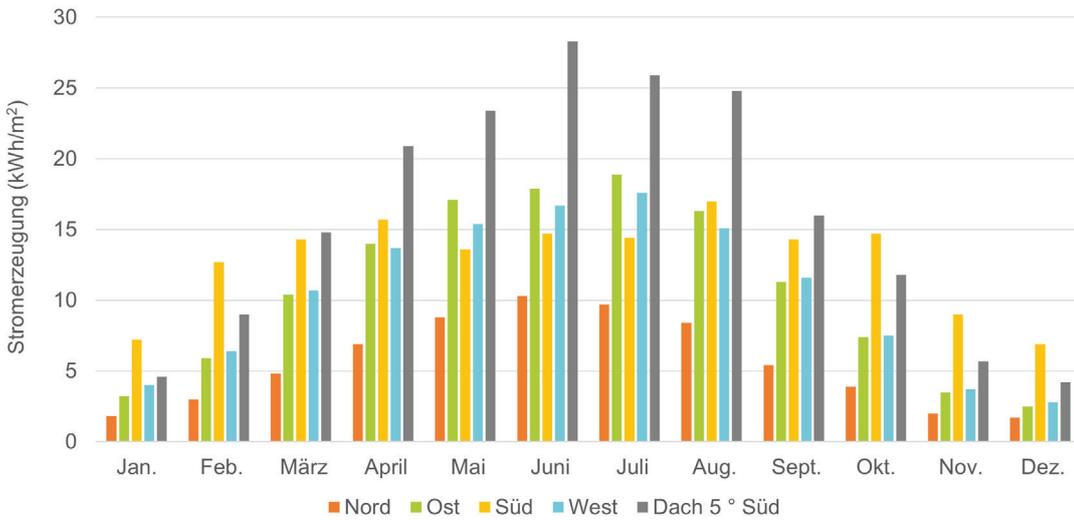


Vertikale Vegetationsflächen, modular



Vertikale Vegetationsflächen, flächig

Fassaden lassen sich auf unterschiedliche Arten begrünen: schematische Darstellung von zwei «bodengebundenen» und drei «wandgebundenen» Systemen. Tabelle: N. Pfosser: Grüne Fassaden



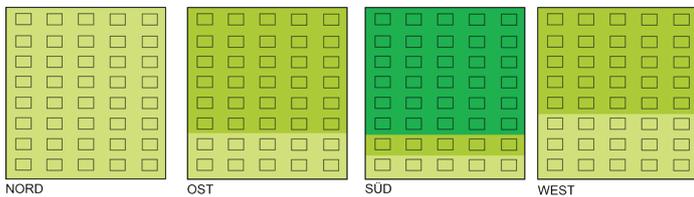
Die grauen Säulen zeigen die monatlichen Erträge einer Photovoltaik-Dachanlage. Die Erträge von Wandmodulen liegen tiefer: Über zwölf Monate summiert bringen Wandmodule an einer Südfassade immerhin 82 % des Ertrags der Dachanlage. Für die Ostfassade sind es 68 %, für die Westfassade 66 % und für die Nordfassade 35 %. Grafik: Schlussbericht GreenPV

wie die Berechnungen der HSLU-Forscher zeigen (vgl. die Abbildung oben).

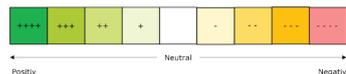
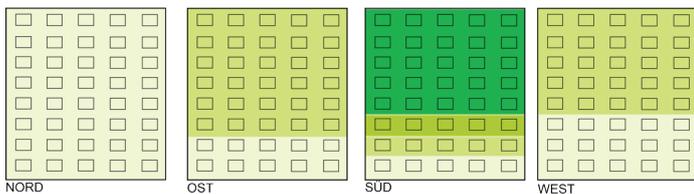
Eine interessante Beobachtung mit Blick auf die in jüngster Zeit intensiv diskutierte Winterstrom-Lücke: Im Winterhalbjahr (Oktober bis Februar) liefern unverschattete PV-Module an der Südfassade mehr Strom als eine Dachanlage. Fazit im

Projektschlussbericht: «Eine Kombination von PV-Modulen auf dem Dach sowie an der Fassade in verschiedenen Orientierungen (abgestimmt mit den Nutzungszeiten, Eigenver-

Jährliches Stromerzeugungspotenzial (opake Module)



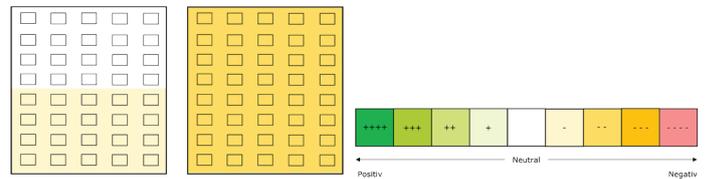
Winterstrom (opake Module)



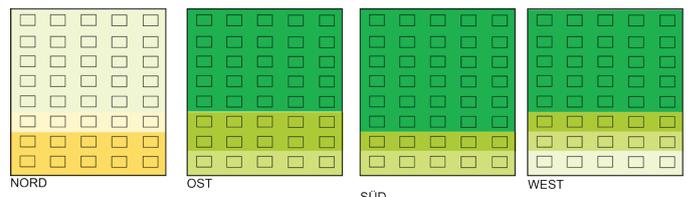
Jährliches Stromerzeugungspotenzial von Wandmodulen (20 % Wirkungsgrad) im Vergleich zur Referenzfassade (Wandkonstruktion mit aussenseitig hinterlüfteten Faserzementplatten), abhängig von Fassadenausrichtung und Geschoss. Durch eine gezielte Anordnung der PV-Module können die Stromerzeugung im Winter (Südfassade) bzw. der Eigenverbrauch über den Tag (Ost- und Westfassade) optimiert werden. Grafik: Schlussbericht GreenPV/bearbeitet B. Vogel

Bodengebundene Begrünung **Wandgebundene Begrünung**

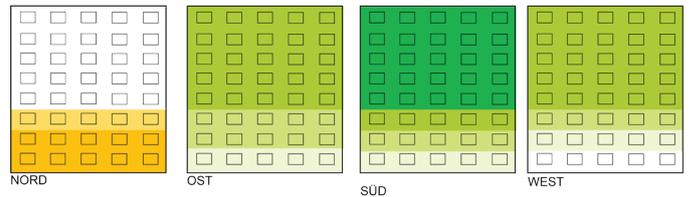
(Wuchshöhe bis zum 3. OG, alle Ausrichtungen) (alle Ausrichtungen)



Opake PV-Module



Transparente PV-Module



Treibhausgas-Emissionen für zwei Fassadensysteme mit Begrünung und zwei Arten von PV-Wandmodulen (im Vergleich zu einer Referenzfassade, also Wandkonstruktion mit aussenseitig hinterlüfteten Faserzementplatten). Einbezogen in die Berechnung sind alle Emissionen für Produktion/Erstellung, Unterhalt und Betrieb über den Lebenszyklus hinweg. Grafik: Schlussbericht GreenPV/bearbeitet B. Vogel

brauch) kann über das ganze Jahr betrachtet sehr attraktiv sein und zu einem hohen Stromertrag (hohes Flächenpotential durch die Kombination Dach und Fassade) führen.»

Klug kombinieren

Begrünte Fassaden binden CO₂, und PV-Anlagen können klimaschädliche Energieträger ersetzen. Zugleich entstehen bei Produktion/Erstellung, Unterhalt und Betrieb dieser Fassadensysteme selber wieder Treibhausgas-Emissionen. Die Forschenden der Hochschule Luzern haben diese Emissionen gegeneinander aufgerechnet und konnten dabei zeigen, dass Photovoltaik-Fassaden mit Süd-, aber auch mit Ost- und Westausrichtung bezüglich Treibhausgas-Emissionen über den Lebenszyklus hinweg die beste Ökobilanz aufweisen (vgl. Abbildung S. 3 unten rechts). Der Grund liegt darin, dass Module dieser Ausrichtung einen hohen Stromertrag erzielen und die graue Energie (bzw. die zugehörigen Treibhausgas-Emissionen) aus dem Produktionsprozess schneller «amortisieren».

Begrünung und Photovoltaik sind zwei Arten von Fassadennutzung, die jeweils ihre Vor- und Nachteile haben. Begrünung schafft lebenswerte Aussenräume, dämpft Lärm, mindert Schadstoffe, produziert Sauerstoff und leistet einen Beitrag zur Biodiversität. Photovoltaik unterstützt die fossilfreie Energieversorgung. Die Forschenden empfehlen eine Kombination der beiden Nutzungsarten: So kann es sinnvoll sein, den unteren Gebäudeteil, der nahe am Menschen und stärker verschattet ist, zu begrünen, den oberen Teil hingegen für die Erzeugung von Solarstrom zu nutzen (vgl. Abbildung rechts). Bei der Wahl der PV-Module sprechen sich die HSLU-Forschenden für leistungsfähige, opake Module aus, da diese aufgrund ihres höheren Wirkungsgrades ökologisch wie ökonomisch vorteilhaft seien.

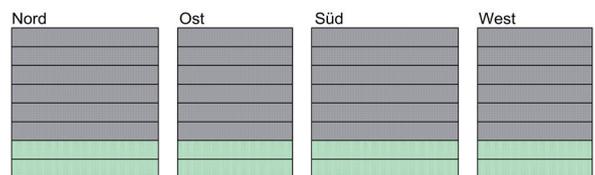
Auf lange Sicht wirtschaftlich

Trotz aller Vorzüge: Die Nutzung von Fassaden zur Begrünung oder Stromerzeugung geht mit erheblichen Investitionen einher. Bei Begrünungen entstehen mitunter beträchtliche Kosten für die Pflege, daneben ist der Wasserbedarf nicht zu vernachlässigen. Die Berechnungen der HSLU-Forschenden zeigen, dass insbesondere Fassaden mit opaken PV-Modulen, die nach Süden, Westen oder Osten ausgerichtet sind, über den Lebenszyklus hinweg wirtschaftlich attraktiv sind. So liegen die annualisierten Kosten über 30 Jahre hinweg betrachtet bei einer wandgebundenen Begrünung am höchsten, aber eine Lösung mit Fassaden-PV ist im günstigsten Fall

GRÜNE STÄDTE

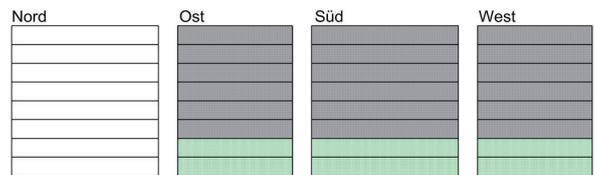
Das Forschungsprojekt der Hochschule Luzern – Technik & Architektur zur Begrünung und Solarstromnutzung an Fassaden ist vor allem auch für Städte interessant. Neben dem Bundesamt für Energie unterstützten die Städte Zürich und St. Gallen das Projekt, daneben auch die Steiner Lab Foundation. Das Forschungsprojekt wurde im Frühling 2024 nach zweieinhalb Jahren mit dem Projektschlussbericht abgeschlossen.

Szenario 1: oben PV, unten Grün, alle Fassaden



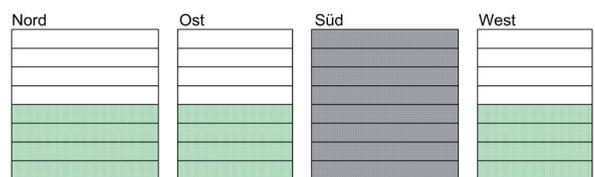
bodengebundene Begrünung: EG und 1.OG, alle Fassaden;
PV-Module (opak): übrige Geschosse, alle Fassaden

Szenario 2: oben PV, unten Grün, ohne Nordfassade



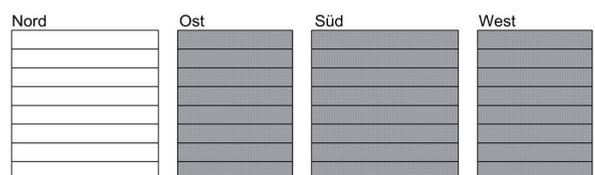
bodengebundene Begrünung: EG und 1.OG, O / S / W;
PV-Module (opak): übrige Geschosse, O / S / W;
Nordfassade ohne zusätzliches System (Referenzfassade)

Szenario 3: Süd PV, andere Grün



bodengebundene Begrünung: EG bis 3.OG, N / O / W;
PV-Module (opak): Südfassade, alle Geschosse

Szenario 4: Fokus Energieproduktion



keine Begrünung;
PV-Module (opak): Ost-, Süd- & Westfassade, alle Geschosse

Vier Szenarien, wie an Fassaden Begrünung und PV-Nutzung kombiniert werden können. In Szenario 4 wird zugunsten der Solarstromerzeugung auf die Begrünung verzichtet. Grafik: Schlussbericht GreenPV

nur wenig teurer als eine herkömmliche Fassade mit einer PV-Anlage auf dem Dach (vgl. Abbildung rechts).

➤ Der **Schlussbericht** zum Projekt «Potential Gebäudehülle – Lösungsansätze zur optimalen Fassadengestaltung mit PV und Begrünung im Hinblick auf den Klimawandel» (GreenPV) ist abrufbar unter:

www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=50466.

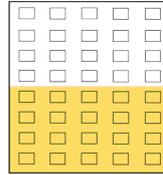
Dort ist auch eine ausführliche Broschüre mit den Hauptergebnissen des Projekts und Handlungsempfehlungen zu finden.

➤ **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Nadège Vetterli (nadege.vetterli@anex.ch), externe Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.

➤ Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte unter www.bfe.admin.ch/ec-gebaeude.

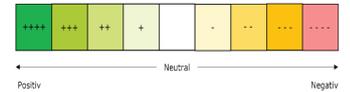
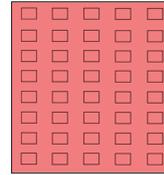
Bodengebundene Begrünung

(Wuchshöhe bis zum 3. OG, alle Ausrichtungen)

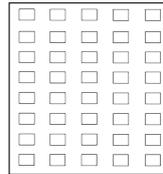


Wandgebundene Begrünung

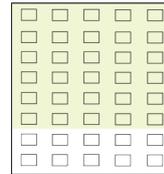
(alle Ausrichtungen)



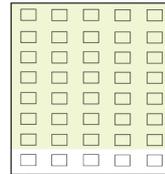
Opake PV-Module



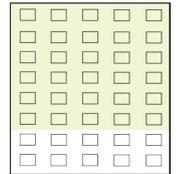
NORD



OST

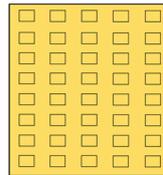


SÜD

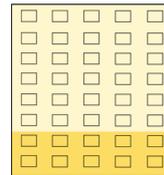


WEST

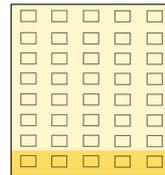
Transparente PV-Module



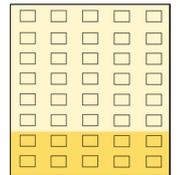
NORD



OST



SÜD



WEST

Lebenszykluskosten für verschiedene Fassadensysteme (im Vergleich zu einer Referenzfassade, also Wandkonstruktion mit aussenseitig hinterlüfteten Faserzementplatten). Grafik: Schlussbericht GreenPV