

Lucido  [®]

Die Solarfassade Lucido® ist eine Wandkonstruktion für sehr energieeffiziente Gebäude mit gezielter Sonnenenergienutzung. Während Häuser mit konventionellen, hoch wärmeisolierten Außenwänden auf eine möglichst starke Abkoppelung von der Außenwelt zielen, erzeugt die Lucido®-Wand eine solare Puffervirkung. Die den Tag durch absorbierte Sonnenenergie, lässt die Wand nachts nur langsam abkühlen und reduziert somit die Transmissionswärmeverluste beträchtlich. Dadurch kann über die Heizsaison gesehen die gleiche Energiebilanz erreicht werden, wie bei hoch wärmeisolierten Gebäuden, allerdings mit nur halb so viel Dämmung.



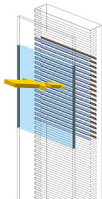
Text: Daniela Enz, AEU GmbH

Was ist Lucido?

Die Solarfassade Lucido® wurde 1988 von einem Architekten erfunden, entwickelt und patentiert. Herzstück der Fassade ist ein mit Lamellen versehener Massivholzsorber. Zusammen mit einer hinterlüfteten Aussenverkleidung aus Solarglas bildet er das Grundelement der Solarfassade. Dahinter steht eine frei wählbare Tragstruktur mit konventioneller Dämmung. Die Lucido®-Wand wirkt als architektonisches Gestaltungselement und verleiht dem Haus einen unverwechselbaren Charakter.

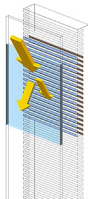
Wie funktioniert Lucido?

Die Strahlen der tief stehenden Wintersonne dringen durch das Solarglas in die Holzlamellenstruktur ein, werden absorbiert und in Wärme umgewandelt. Genau so langsam wie der Holzabsorber die Wärme den Tag durch aufnimmt, gibt er diese nach Sonnenuntergang wieder ab. Während einer Zeitspanne von vier bis zwölf Stunden ist dieser Puffer wirksam und senkt dementsprechend die Transmissionswärmeverluste der Wand.
Im Sommer wird durch die hoch stehende Sonne eine gegenseitige Verschattung der horizontalen Holzlamellen erzeugt, was eine Überhitzung der Wand stark mindert.



Schema Winter

Flache Sonneneinstrahlung im Winter. Die Lamellenstruktur des Lucido®-Absorbers erzeugt eine vielfach grössere Oberfläche für die Absorption der Solarstrahlung.



Schema Sommer

Steile Sonneneinstrahlung im Sommer. Die winkelselektive Lamellenstruktur bewirkt eine Eigenverschattung und mindert die Überhitzungsgefahr.





Wo wird Lucido® eingesetzt?

Lucido® ist bisher bei Wohnhäusern und bei öffentlichen Gebäuden, wie Kindergärten oder Turnhallen, zum Einsatz gekommen. Das System eignet sich auch für Sanierungen. Verglichen mit einem konventionellen Gebäude können mit Lucido® beträchtliche Energieeinsparungen erreicht werden. Die Sporthalle Dammbühl zum Beispiel, eine Doppelturnhalle in Wängi (TG), kommt ohne konventionelle Heizung aus.

Voraussetzung für eine optimale Anwendung des Systems ist eine möglichst gut besonnene Lage des Gebäudes. Mehrgeschossiges Bauen ist bis drei Stockwerke problemlos möglich. Bei höheren Gebäuden sind Einzelzubassungen in Absprache mit der Feuerpolizei möglich, wobei Brandschottungen zwischen den einzelnen Stockwerken verlangt werden.

Vorteile von Lucido®

Dank der Wirkung der Sonneneinstrahlung kann die Heizsaison eines Gebäudes mit einer Solarfassade bedeutend verkürzt werden. Trotz den moderaten Dämmstärken wird eine Energiebilanz erreicht, die sich mit hoch wärmedämmten Konstruktionen vergleichen lässt. Besonders die Südfassade übertrifft sogar die Dämmwirkung konventioneller, hoch gedämmter Aussenwände in beträchtlichem Masse.

Die sehr schlanken Wände minimieren den Materialverbrauch und maximieren die wertvolle Wohnfläche. Da sich Lucido® mit verschiedenen Wandkonstruktionen kombinieren lässt, besteht eine grosse Freiheit bezüglich der Auswahl der Tragstruktur und den Materialien. Die Konstruktion lässt sich vollständig demontieren, was das Auswechseln einzelner Elemente wie auch den Rückbau einfach macht. Das System ist bauphysikalisch einwandfrei aufgebaut und verspricht eine überdurchschnittliche Lebensdauer.

Nachteile von Lucido®

Das Lucido®-System befindet sich noch in einem fortlaufenden Optimierungs- und Weiterentwicklungsprozess, was zu relativ hohen Investitionskosten für eine derartige Solarfassade führt. Dank den vielen gewonnenen Erfahrungen anhand von gebauten Beispielen konnte das System jedoch laufend verbessert werden. Die Mehrkosten einer Lucido®-Wand relativieren sich insbesondere bei der Betrachtung der steigenden Energiepreise und dem Raumgewinn dank dem schlanken Wandaufbau (siehe Wirtschaftlichkeit).

Die Voraussetzung einer möglichst gut besonnenen Lage schränkt den Anwendungsbereich der Solarfassade ein. Auch Standorte mit erhöhter Verschmutzungsgefahr durch Russ- und Staubpartikel schwächen die Durchlässigkeit des Solarglases und erfordern zusätzlichen Reinigungsaufwand. Die Nordfassade erhält im Winter nur einen schwachen Solarbeitrag. Aus Kostengründen schneidet an dieser Stelle eine hoch wärmedämmte Konstruktion günstiger ab.



Die Lucido®-Grundelemente

Absorber

Der Lucido®-Absorber aus massivem Tannen- oder Lärchenholz ist 40 mm dick und mit einer horizontalen Lamellenstruktur versehen. In einem Abstand von 5 mm sind 8 mm breite, leicht nach unten geneigte Schlitze in den Holzabsorber eingefräst. Der vorkabrizierte Absorber hat eine Höhe von 118 mm und ist in einer Länge von 5 m oder 6 m erhältlich. Entsprechend dem Bauprojekt werden die Absorber-Elemente zugeschnitten und mit Nut und Kamm miteinander verbunden.

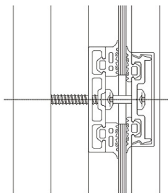
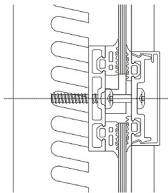
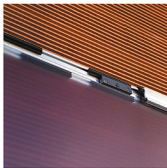
Das Holz bleibt je nach Wunsch naturbelassen oder wird eingefärbt. Um eine möglichst gute Absorption der Sonneneinstrahlung zu erreichen, sollte die gewählte Farbe einen Schwarzanteil von mindestens 80 % haben. Bei der Holzwahl wird aus Kostengründen meistens Tanne gewählt. Lärchenholz wäre jedoch aufgrund seiner Masse und der Langlebigkeit zu bevorzugen.

Der Massivholzabsorber wird von einer Schweizer Hobbaufirma mit FSC-Holz (Forest Stewardship Council) hergestellt. Das FSC-Label garantiert, dass Holz aus umwelt- und sozialverträglich bewirtschafteten Wäldern stammt.

Solarglas

Das eingesetzte Solarglas ist ein eisenarmes Gussglas, das mit einem g-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) von 92% die Sonneneinstrahlung möglichst gut durchlässt.

Die leicht strukturierte Oberfläche dieser wetterfesten Verglasung reduziert die Reflexion der Sonneneinstrahlung. Um den thermischen und mechanischen Belastungen, denen die Fassade ausgesetzt ist, besser standzuhalten, ist das Glas gehärtet. Das 4 mm dicke Glas wird auf die gewünschte, individuelle Größe hergestellt. Sogar nicht orthogonale Formen sind möglich. Die maximal erhältliche Glasplattengröße beträgt 2 x 3 m. Die Glashalterung kann je nach Wunsch aus Holz, Aluminium oder Chromstahl gewählt werden. Auch Glasfassaden mit Silikonfugen oder Gummiprofilen sind auf Anfrage realisierbar.



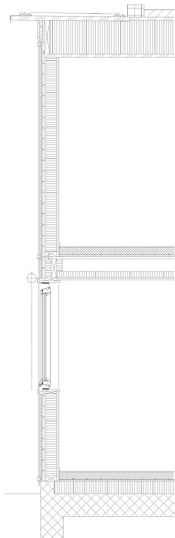
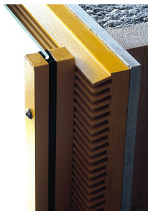


Aufbau einer Lucido®-Wand

Eine beliebige, gedämmte Wand in Leicht- oder Massivbauweise übernimmt die statische Funktion der Solarfassade. Zusammen mit der Glashalterung wird der Lucido®-Absorber von aussen angeschraubt, dann kann das Solarglas montiert werden. Der Luftspalt zwischen dem Holzabsorber und dem Glas sorgt für die notwendige Hinterlüftung, um Wasserdampf und erhitzte Luft nach aussen abzuführen. Die Solarfassade ist dementsprechend eine dampfdiffusionsoffene Konstruktion. Es kommt sorptionsfähiges Dämmmaterial zum Einsatz, das die Feuchtigkeit gut aufnehmen kann (z.B. Zellulose).

Besonders in Kombination mit der Leichtbauweise bietet sich die Möglichkeit der Vorfabrikation im Werk an. Dort werden die kompletten Wände inklusive Solarglas und Fenster fertig gestellt und zur Baustelle transportiert. Es kommt auch vor, dass die ganze Konstruktion vor Ort auf der Baustelle aufgebaut wird, wie zum Beispiel bei Mauern aus Backstein oder Beton.

Nachfolgende Isometrien in Abbildung 2 zeigen eine Variante des Wandaufbaus in Leichtbauweise sowie ein Beispiel für die Massivbauweise. Der Wandaufbau unterscheidet sich je nach Orientierung der Fassade bezüglich der Dämmstärke. Für die Süd-, Ost- und Westfassade werden 120 mm Dämmung eingesetzt, die Nordfassade wird mit 160 mm Dämmung versehen. Diese Dämmstärken entsprechen einer Fassade, die für das Klima im Schweizer Mittelland geeignet ist. Die «statische» U-Werte dieser beschriebenen Konstruktionen liegen je nach Wandaufbau zwischen 0.22 und 0.33 W/(m²·K). Die «effektiven» U-Werte betragen unter der Berücksichtigung der Solarpufferwirkung für die Monate Oktober bis April zwischen 0.04 - 0.13 W/(m²·K).



Wandaufbau leicht (S-/E-/W-Fassade)

(von innen nach außen)

Innenverkleidung	10 mm
Gipsfaserplatte (Luftdicht)	15 mm
Zellulose-Dämmung	120 mm
Gipsfaserplatte (winddicht)	15 mm
Lucido®-Absorber	40 mm
Luftspalt / Glasshalterung	16 mm
Solaglas	4 mm
<hr/>	
Total	220 mm
U-Wert _{gesamt}	0,33 W/(m ² ·K)
U-Wert _{fenster/Übergangsbereich}	0,04 W/(m ² ·K)
U-Wert _{fenster/Übergangsbereich EP-Fassade}	0,11 W/(m ² ·K)

Wandaufbau leicht (Nord-Fassade)

Zusätzliche Zellulose-Dämmung	40 mm
<hr/>	
Total	260 mm
U-Wert _{gesamt}	0,26 W/(m ² ·K)
U-Wert _{fenster/Übergangsbereich}	0,13 W/(m ² ·K)

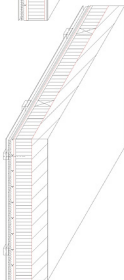
Wandaufbau massiv (S-/E-/W-Fassade)

(von innen nach außen)

Innenputz	1 mm
Backstein (Luftdicht)	150 mm
Steinwolle	120 mm
Gipsfaserplatte (winddicht)	15 mm
Lucido®-Absorber	40 mm
Luftspalt / Glasshalterung	16 mm
Solaglas	4 mm
<hr/>	
Total	346 mm
U-Wert _{gesamt}	0,28 W/(m ² ·K)
U-Wert _{fenster/Übergangsbereich}	0,04 W/(m ² ·K)
U-Wert _{fenster/Übergangsbereich EP-Fassade}	0,10 W/(m ² ·K)

Wandaufbau massiv (Nord-Fassade)

Zusätzliche Steinwolle-Dämmung	40 mm
<hr/>	
Total	386 mm
U-Wert _{gesamt}	0,22 W/(m ² ·K)
U-Wert _{fenster/Übergangsbereich}	0,11 W/(m ² ·K)



Wärmeschutz der Solarfassade Lucido⁺

Die Solarfassade ist mit einer konventionellen, 120 bis 160 mm starken Wärmedämmung versehen, wodurch ein «statischer» U-Wert von 0.22 - 0.33 W/(m²·K) erzielt wird. Im Gegensatz zum Passivhaus- bzw. Minergie-P-Konzept (U-Wert = 0.15 W/(m²·K)), ist bei einem Lucido⁺-Haus in der Regel eine Heizung vorgesehen. Es ist jedoch zu beachten, dass die effektiven U-Werte der Lucido⁺-Fassade zum Teil deutlich unter dem Grenzwert von 0.15 W/(m²·K) liegen.

Die grösste Solarpufferwirkung erzielt die Fassade ab Anfang Februar bis April und von Oktober bis Ende November. Aber auch in den Monaten Dezember und Januar, wenn das Solarangebot sehr bescheiden ist, kann der «statische» U-Wert um bis zu 33% verbessert werden. In dieser Zeit profitiert hauptsächlich die Südfassade von den Wärmegewinnen.

Tabelle 1: Wärmedurchgangskoeffizient einer Lucido⁺-Wand bilanziert über die Periode von Oktober bis April für verschiedene Klimaregionen.

	U _{statisch} W/(m ² ·K)	U _{effektiv} W/(m ² ·K)			
		Süden	Norden	Osten	Westen
Zürich	0.30	0.09	0.17	0.12	0.12
Stockholm	0.30	0.10	0.20	0.16	0.16
Wien	0.30	0.03	0.16	0.10	0.10
Rom	0.30	-0.54	-0.02	-0.26	-0.27

Tabelle 2: Bauphysikalische Eigenschaften

		Süd-/Ost- / West-Fassade		Nord-Fassade	
		Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau
Masse	kg/m ³	76	195	80	199
Spez. Wärmekapazität	kJ/(m ³ ·K)	95	215	95	215
Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)	0.06	0.06	0.06	0.06
Schalldämmwert	dB	42 - 43	52 - 54	43 - 44	52 - 55



Ist Lucido® berechenbar?

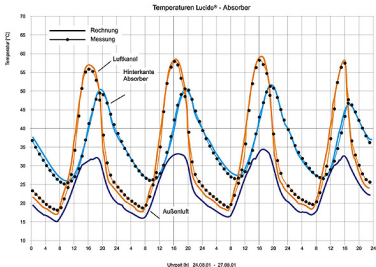
Die physikalischen Vorgänge in einer Lucido®-Wand sind komplex, jedoch lassen sich die auftretenden Temperatur- und Wärmestromfelder sehr genau berechnen und somit können die effektiven U-Werte der Wand bestimmt werden.

An der EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, CH-8600 Dübendorf) wurden Messungen des energetischen Verhaltens einer Lucido®-Fassade durchgeführt (EMPA-Prüfbericht Nr. 8807054-2). Die Ermittlung des mittleren Gesamtenergiedurchlassgrads g bestätigte, dass die zu erwartende Wirkungsweise der Solarfassade für den Sommer- und des Winterfall tatsächlich zutrifft. Während im Februar beim Aussenklima in Dübendorf auf einer Testfassade in Süd-Südwest-Orientierung 2,8 % der eingestrahlenen Solarwärme genutzt werden konnte, schützte sich die Fassade im August vor der Einstrahlung und liess weniger als 1% der Solarwärme durch. Obwohl der Solargewinn der Lucido®-Fassade relativ bescheiden ist, wird der effektive U-Wert der Wand markant verbessert.

Die Tabelle Temperaturverlauf zeigt, wie genau die gerechneten Werte (durchgehende Linie) mit den Messungen (einzelne Punkte) übereinstimmen. Die Temperatur im Luftkanal sowie an der Hinterkante des Absorbers kann sehr präzise berechnet werden. In der Grafik wird ersichtlich, dass sich eine Zunahme der Aussentemperatur in gesteigerter Form auf die Temperatur im Luftkanal auswirkt. Ebenfalls wird deutlich, dass die Hinterkante des Absorbers diese Temperaturschwankungen Phasen verschoben und mit reduzierter Intensität mitmacht. Diese zeitlich verschobene Reaktion stellt die Pufferwirkung der Fassade dar.

Vereinfachte Berechnungsmethoden mit Näherungswerten widerspiegeln die gemessenen Werte überraschend genau. Um weitere wichtige Einflussfaktoren und deren Wirkung auf das System zu quantifizieren und das Lucido®-Konzept zu optimieren, wurde durch das Ingenieurbüro IB Bucher (D-44795 Bochum) ein genaueres, dynamisches Berechnungsmodell entwickelt. Von der Elementhöhe abhängige Luftströmungen im Luftspalt, Winkeleffekte der Strahlungsabsorption und die Temperaturabhängigkeit von Materialeigenschaften können dadurch berücksichtigt werden. Mittels dieses detaillierten Rechenmodells lässt sich der effektive U-Wert einer Wand für jeden Standort, Orientierung und Zeitraum (Monatswert) ermitteln. Als Grundlage für die Klimadaten dient die meteorologische Datenbank METEONORM (www.meteotest.ch). Die simulierten Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten der EMPA.

Tabelle Temperaturverlauf einer Lucido®-Wand, gemessen und berechnet.





Ist Lucido® ökologisch?

Die schlanke Lucido®-Wand, die etwa halb so dick ist wie eine Passivhauswand, spart viel Material. Des Weiteren ist der Lucido®-Absorber, das Kernstück des Systems, aus Holz gebaut, das aus regionalen, nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammt, lokal verarbeitet wird und unbehandelt eingesetzt werden kann. Das Solarglas ist in der Herstellung energieintensiv, kann aber sehr gut wieder verwertet werden. Tatsächlich kann die Solarfassade in ihre Einzelbestandteile zerlegt und die Grundelemente in einem Recyclingprozess neu aufbereitet werden.



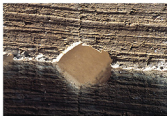
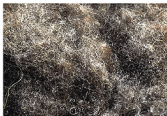
Ist Lucido® wirtschaftlich?

Eine Lucido®-Wand kostet je nach Ausführung mindestens CHF 400,- bis 600,- pro m². Verschiedene Faktoren wie zum Beispiel die Ausführung der Grundkonstruktion, Glasdimensionen, Rahmenkonstruktion und Befestigungsart sowie Fensteranschlüsse beeinflussen die Kosten einer Solarfassade.

Diese vergleichsweise hohen Kosten sollten jedoch etwas differenzierter betrachtet werden. Verglichen mit einer konventionellen Wandkonstruktion mit minimal zulässiger Dämmstärke nach SIA Norm (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) erzielt die Solarfassade beträchtliche Energieeinsparungen, lässt zusätzliche Steuerabzüge für die Kapitalkosten zu und bewirkt durch den hohen Energiestandard einen höheren Wiederverkaufswert. Insbesondere die Berücksichtigung der steigenden Energiepreise hat bei diesem Vergleich einen grossen Einfluss. Gemäss den Berechnungen des Herstellers lassen sich die anfänglichen Mehrkosten der Lucido®-Wand in ca. 10 Jahren amortisieren.

Wird die Solarfassade einer hoch gedämmten Aussenwandkonstruktion mit gleicher Energiebilanz gegenübergestellt, zeichnen sich die wirtschaftlichen Vorteile von Lucido® durch den Raumgewinn aus. Damit die hoch gedämmte Wandkonstruktion die gleichen Dämmwerte erreicht wie die Solarfassade, ergibt sich für die gewählte Konstruktion eine Wandstärke von rund 53 cm. Die Solarfassade ist aber mit ihren 21 cm nicht einmal halb so dick. Multipliziert man diesen Raumgewinn mit einem üblichen Wohnflächenpreis und bezieht diesen Mehrwert in der Wirtschaftlichkeitsberechnung mit ein, steht Lucido® trotz leicht höheren Investitionskosten besser da, als die hoch gedämmte Wand.

Grundlagen für die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der Solarfassade Lucido® sind die Angaben des Herstellers sowie das Berechnungsprogramm des Ingenieurbüros für Bautechnik, Thermodynamik und Bauphysik Dipl.-Ing. A. Buchner, D-44795 Bochum.



Gebäudebeispiel

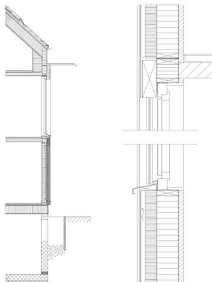
Architektur: FENT SOLARE ARCHITEKTUR, Giuseppe Fent
Architekt HTL, CH-8500 Wil
Bauherrschaft: Familien Frei und Ruckli, Huotstrasse 119 a,
CH-6339 Cham

Auf einem kleinen Grundstück mit schwieriger Geometrie entstand im Jahr 2000 das Doppel Einfamilienhaus Frei-Ruckli in Cham. Nicht zuletzt wegen dem teuren und knappen Bauland entschied sich die Bauherrschaft für die Solarpufferfassade Lucido[®]. Hier ist erstmals ein 80 mm dicker Holzabsorber eingesetzt worden. Zuvor wurden jeweils 60 mm starke Absorber verwendet. In der Zwischenzeit hat sich ein noch schlankeres Mass von 40 mm durchgesetzt. Die Tragkonstruktion ist mit verleimtem Massivholz (Blockholz) in Tafelbauweise ausgeführt. Boden und Dach sind sehr gut wärmedämmend, die Fenster sind mit 3-fach-Isolierglas ausgeführt.

Das Doppel Einfamilienhaus braucht praktisch keine Fremdenergie. Der gerechnete Heizenergiebedarf beträgt 12.5 kWh/m²a. Die beiden Hauszelle sind je mit einer Holzheizung und Bodenheizung ausgestattet. Auf dem Dach sind 40 m² thermische Kollektoren angeordnet. Ein Stk Holz (1 m³) reicht der Familie Ruckli mit 3 Kindern für die Raumheizung und Warmwasseraufbereitung. Das Gebäude kostet rund CHF 650,- pro m².



U-Werte	W[m ² ·K]	W[m ² ·K]
	1998 ¹	1999/2000, April
Südfassade	0.23	0.02
Ostfassade	0.23	0.09
Westfassade	0.23	0.08
Nordfassade	0.20	0.12
Dach	0.13	
Boden (Keller)	0.15	



Wandaufbau (Süden/Osten/Westen)
(von innen nach außen)

Blockholzwand	35 mm
Zelluloseplatten	160 mm
Windpapier	1 mm
Lucido® Absorber	80 mm
Luftspalt	20 mm
Solarglas	4 mm
Total	300 mm

Lucido® solar AG ist

eine Familienaktiengesellschaft mit Sitz in CH - 70150
Inhaber des internationalen Patentes und des Markennamens von Lucido®
Berater und Verkäufer von Lucido®
Entwickler von solaren Systemen
Supporter für zukunftsorientierte Investoren

Lucido® solar AG bietet Ihnen

Beratung und Konzepte für ganzheitliche Lösungen im solaren Bausektor
Beratung rund um Solarfassaden und hochwärmegewinnende Konstruktionen
Energieanalysen und Berechnung der Wirtschaftlichkeit energetischer
Maßnahmen bei neuen und bestehenden Gebäuden
Wärmeschutzberechnungen der Solarfassade Lucido®
Supporter für innovative Planer

Lucido®

dämmt mit Sonnenenergie und speichert diese in die Nacht

Lucido® ist

ökologisch
raumsparend
wettertaugend
langfristig wirtschaftlich

Lucido® kommt dort zu Einsatz

wo es am energieeffizienten Häuser geht
um raumsparende Konstruktionen
wo es um Wertehaltung und eine unverwechselbare Architektur geht

Lucido® Lösungen

Absorber aus Tanne oder Lärche natur
Absorber in jeder individuellen Farbe oder Laser
Glashalterungen aus Holz oder Alu

Kontaktpersonen


Giuseppe Fent, Architekt HfL

Lucido® solar AG

Toggenburgerstrasse 37
CH-70150 HfL
Tel: +41 (0)71 813 30 85
Fax: +41 (0)71 813 30 64

info@lucido-solar.com

www.lucido-solar.com

Lucido  [®]

