

*C. Meisser et al.

Glasfassaden von Hochhäusern

OPTIMIERTE CLOSED-CAVITY-HYBRIDFENSTER



Kasten- oder Closed-Cavity-Fenster haben grosse Innovationsschritte hinter sich – und ein wichtiger steht noch an. Das HyWin-Fenster macht diesen Sprung: Es reduziert den Energiebedarf eines Glashochhauses wesentlich und verbessert zugleich den Komfort.

* Claudio Meisser, Dipl. Ing. ETH SIA
Dr. Jan Lipton, Dipl. Ing. ETH

Othmar Humm, Elektroingenieur FH
Faktor Journalisten AG, 8005 Zürich

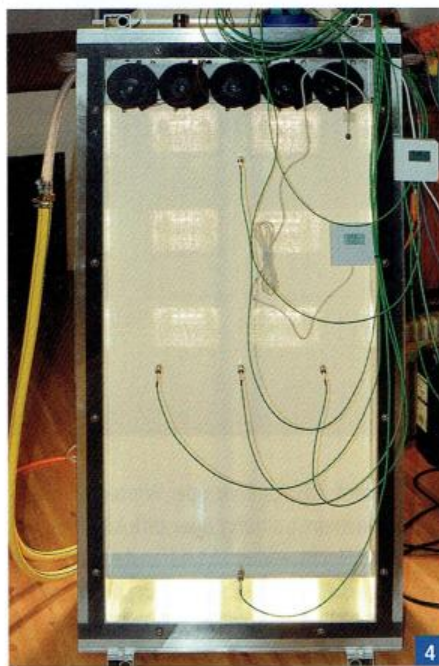
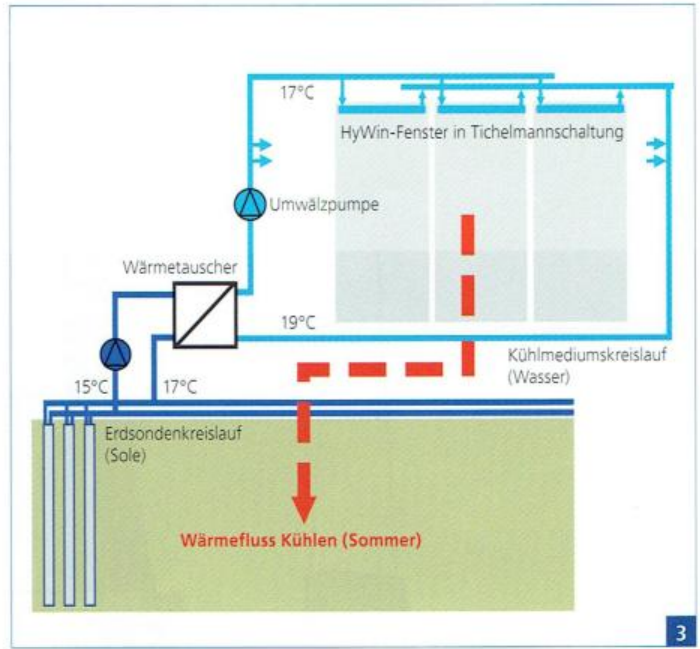
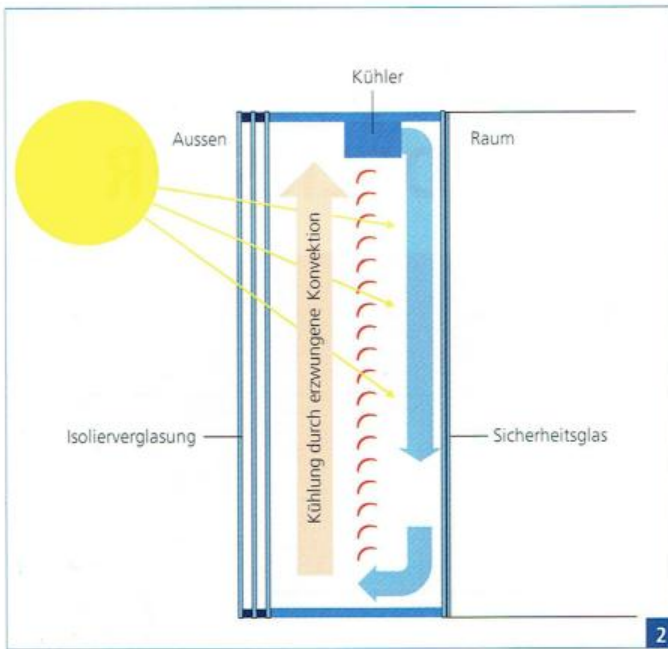
Der Energieverbrauch eines Glashochhauses wird in erster Linie durch Konzeption und Qualität der Gebäudeaussenhülle bestimmt. Die Glasfassade weist diesbezüglich grosse Nachteile auf. Während sich in der klassischen Architektur Konstruktion und Materialien der Gebäudehülle über Generationen den lokalen klimatischen Bedingungen angepasst haben, fehlt dem Glashaus, bei allen architektonischen Vorzügen, diese Eigenschaft. Im Sommer überhitzt die Sonneneinstrahlung die Innenräume, die dadurch aufwändig gekühlt werden müssen. Im Winter muss der Kaltluftabfall entlang von Glasfronten durch entsprechende Massnahmen (z.B. verstärkte Heizleistung im Fensterbereich) kompensiert werden. Der Energieverbrauch von Glashochhäusern und deren CO₂-Fussabdruck steht damit im Konflikt mit den Klima- und Energiezielen unserer Gesellschaft.

Das Hybridfenster HyWin wurde in den vergangenen drei Jahren entwickelt und zum Patent

angemeldet. Ob Sommer oder Winter, ob intensive Sonneneinstrahlung oder diffuses Licht, ob Tag oder Nacht – das Hybridfenster kann den Energiebedarf des Gebäudes in Kombination mit einem Speichermedium wesentlich reduzieren. Das HyWin-System basiert ausschliesslich auf bewährten Technologien und langlebigen Komponenten und kann schnell konkurrenzfähig werden. Die Energiekosten für die Klimatisierung werden bei höherem Komfort wesentlich reduziert.

Das Hybridfenster HyWin

Das HyWin-Fenstersystem passt sich je nach äusseren klimatischen Bedingungen an die verschiedenen Kombinationen von Aussentemperaturen und Sonneneinstrahlung an (Tabelle 1). Jeder Quadrant verlangt ein thermisch unterschiedliches Verhalten der Fassade. Der Wechsel von einem zum anderen Quadranten kann sehr



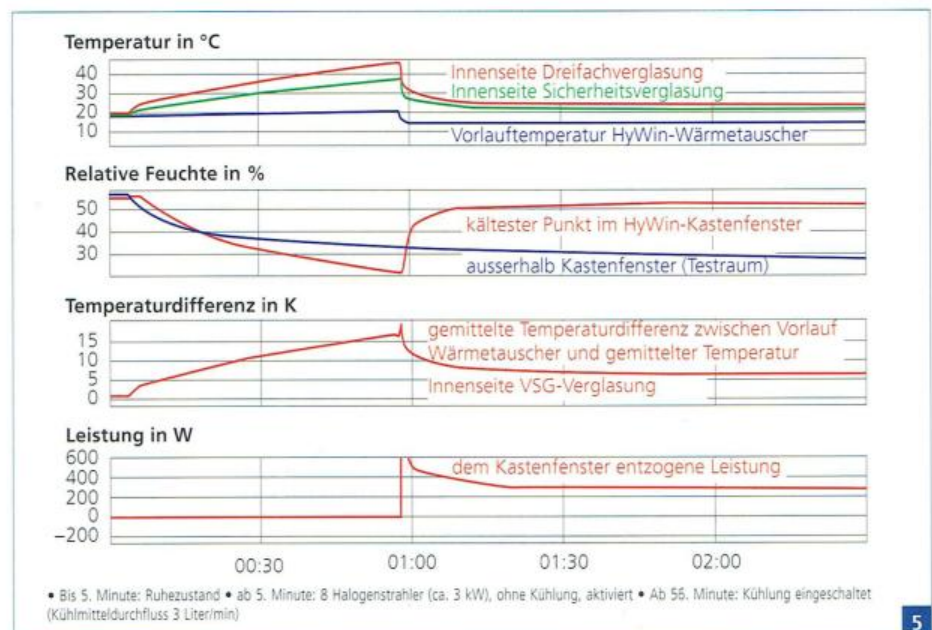
schnell oder träge erfolgen. Klimaanpassungen beispielsweise erfolgen über Jahre, der Wechsel der Jahreszeiten über Monate, der Tag- oder Nacht-Wechsel über Stunden und die Abschattung durch Wolken binnen Minuten.

HyWin – die innovative Lösung

Der Ansatz HyWin basiert, ähnlich wie das CCF-Fenster, auf einem geschlossenen Glaskasten (Closed Cavity Facade) mit integrierter Sonnenschutzvorrichtung. Die HyWin-Fassade unterscheidet sich aber physikalisch und technisch grundsätzlich von der CCF (Abbildung 2):

Tabelle 1: Darstellung der Anforderungen in vier Quadranten

	Niedrige Aussentemperatur	Hohe Aussentemperatur
Glasfassaden mit intensiver Sonneneinstrahlung	<ul style="list-style-type: none"> Gute Isolation gegen zu tiefe Aussentemperaturen Guter Sonnenschutz Kontrollierte Einstrahlung zur Reduktion der Heizleistung 	<ul style="list-style-type: none"> Sehr guter Sonnenschutz Isolation gegen zu hohe Aussentemperaturen
Glasfassaden im Schatten oder bei bedecktem Himmel	<ul style="list-style-type: none"> Gute Isolation gegen zu tiefe Aussentemperaturen Ausreichende Tageslichtstärke trotz Fenstern mit geringen g- und TS-Werten sicherstellen 	<ul style="list-style-type: none"> Isolation gegen zu hohe Aussentemperaturen Ausreichende Tageslichtstärke trotz Fenstern mit geringen g- und TS-Werten sicherstellen

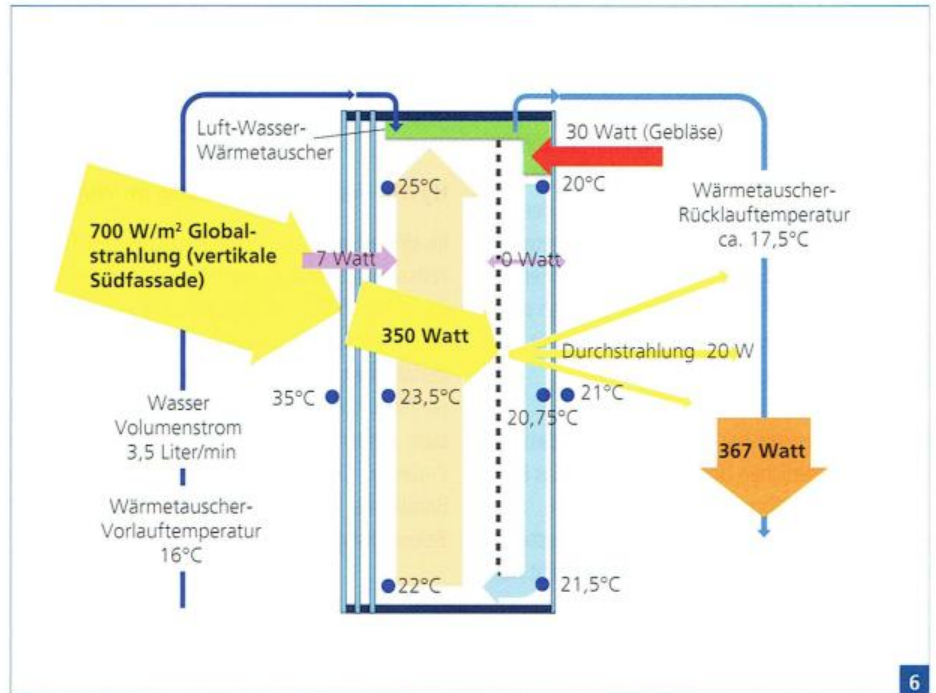


- Eine aussenliegende hochisolierende 3-fach-Verglasung ($U\text{-Wert} < 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) entkoppelt das Klima der HyWin Closed Cavity optimal vom Aussenklima. Bei der CCF-Fassade wird 3-fach-Verglasung auf der Raumseite angeordnet.
- Die innenliegende, einfache Sicherheitsverglasung ermöglicht einen guten Wärmeaustausch zwischen der Closed Cavity und dem Raum. Beim CCF liegt die Sicherheitsverglasung aussen.
- Die durch Sonneneinstrahlung an der Sonnenschutzvorrichtung generierte Wärme wird mittels eines kompakten, hocheffizienten Wasserwärmetauschers im oberen Bereich des Glaskastens sofort und vollständig abgeführt. Die Temperatur im Inneren des Fensters bleibt damit auch bei höchster Sonneneinstrahlung bei 21°C , also bei einer komfortablen Raumtemperatur. Die Closed Cavity der CCF-Fassade wird nicht gekühlt und kann bei intensiver Sonneneinstrahlung bis 80°C erreichen, was trotz Isolierverglasung zu einem relevanten Wärmeeintrag führt.
- Das HyWin ist staubdicht und zum Innenraum diffusionsoffen. Getrocknete Druckluft wird nicht benötigt. Jedes CCF-Fenster ist hingegen hermetisch dicht. Um allfällige Lecks zu kompensieren, muss es trotzdem mit getrockneter Luft versorgt werden.

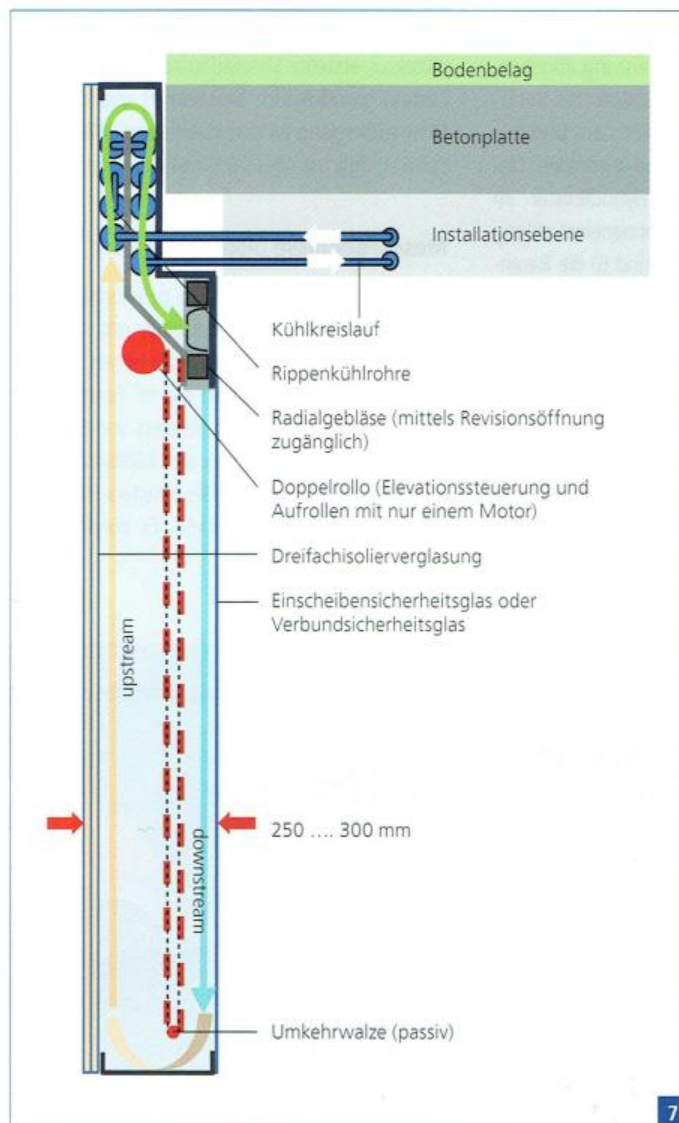
Die Verlagerung der Dämmebene im Vergleich zur CCF-Fassade ermöglicht, zusammen mit der Wirkung eines kompakten und kaum sichtbaren Wärmetauschers, die Realisierung eines Fenstersystems mit dem $U\text{-Wert}$ null. Mit dem Wärmetauscher kann die eingestrahlte Sonnenenergie sofort abgeführt und zusammen mit der Sonnenschutzvorrichtung der $g\text{-Wert}$ des Fensters gesteuert werden.

Wärmeleistung des HyWin-Fensterkollektors

Das Hybridfenster ist nicht nur ein transparentes Bauteil, sondern auch ein hocheffizienter thermischer Kollektor. Ausgehend von einer Isolierverglasung mit einem $g\text{-Wert}$ von 0,5 und einer vertikalen Fassade, gelangen bei einer maximalen Sonneneinstrahlung von 700 W/m^2 etwa 350 W/m^2 in die Closed Cavity. Bei einer Kühlmediumsvorlauftemperatur von 15°C kann diese mit dem eingebauten Wärmetauscher vollständig abgeführt und eine Raumtemperatur von 21°C gewährleistet werden. Eine minimale Durchstrahlung im Bereich von 20 W/m^2 ergibt eine ausreichende Beleuchtungsstärke im Büro oder im Wohnraum.



6



7

- 1 Element um Element: Aufbau der CCF-Fassade am Bürohaus der Europäischen Zentralbank in Frankfurt.
- 2 Aufbau des HyWin-Fensters mit äusserer 3-fach-Verglasung und innerer Sicherheitsverglasung (VSG).
- 3 Ladekreislauf des Erdwärmespeichers im Sommer.
- 4 HyWin-Versuchsfenster mit raumseitiger Sicherheitsverglasung, Textilverhang und fünf Radialventilatoren.
- 5 Erfassung der Messwerte. Erste 5 Minuten keine Aktivität, danach bis zu 1 Stunde nur Halogenstrahlung, keine Kühlung. Nach 1 Stunde schaltet die Kühlung ein.
- 6 Energiebilanz eines 1 m^2 grossen Südfensters, basierend auf Labormessungen.
- 7 Konstruktiver Vorschlag für ein HyWin-Fenster mit einem Doppelrollo.

Bildnachweis:
Bild 1: ECB

Im Sommer bietet sich ein Erdsondenfeld als Kühlmedium an. Erdsondenfelder sind heute europaweit Standard und werden über Wärmepumpen zur Heizung und zur Wassererwärmung eingesetzt. Erdsondenfelder mit Speichereffekt kühlen sich jedoch durch die Wärmeentnahme im Winter kontinuierlich ab. Um den Wirkungsgrad der im Winter eingesetzten Wärmepumpen sicherzustellen, müssen diese Erdsondenfelder im Sommer regeneriert werden. Dies kann mit thermischen oder hybriden Kollektorsystemen auf den Dächern der Hochhäuser sichergestellt werden.

Das HyWin-Fenster hat nun den Vorteil, dass es mit der sommerlichen Überschusswärme das Erdsondenfeld vollständig regenerieren kann, und dies ohne Zusatzkosten eines Kollektorsystems auf dem Dach. Diese Regenerierung ist nicht nur ein positiver Nebeneffekt, sondern ein wesentlicher Bestandteil des HyWin-System-Konzepts. Die Rücklauftemperatur liegt bei Sonnenstrahlung, je nach Wasserdurchfluss, bis zu 2 K über der Vorlauftemperatur. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass grössere Fassaden aufgrund der grösseren Fensterfläche mehr Leistung abgeben, während die auf dem Hochhausdach zur Verfügung stehende Kollektorfläche konstant bleibt. Gemäss Simulationen und experimentellen Untersuchungen benötigen die Hybridfenster im Sommer, um bei maximaler Sonneneinstrahlung von 700 W/m^2 (Abbildungen 3 und 6) die Raumtemperatur auf 21°C zu halten, eine Erdsonden-Vorlauftemperatur von etwa 17°C . In diesem Fall kann das Hybridfenster ohne Zufuhr von Exergie, also ohne elektrische Energie für Wärmepumpen, betrieben werden. Falls diese Vorlauftemperatur nicht eingehalten werden kann, muss sie bei voller Sonnenstrahlung mit Hilfe einer reversiblen Wärmepumpe auf 17°C stabilisiert werden. Da

700 W/m^2 einen Extremwert darstellen, kann im praktischen Einsatz auch mit Vorlauftemperaturen bis zu 19°C eine komfortable Raumtemperatur eingehalten werden.

HyWin-Fenster als Heizung im Winter

Im Winter wird der Wärmetauscher des HyWin-Fensters mit Vorlauftemperaturen im Bereich von 25°C bis 35°C zum Radiator und kann, weil die innere Sicherheitsverglasung eine gute Wärmeleitfähigkeit hat, auch die Funktion hergebrachter Heizsysteme übernehmen. Die Zusatzverluste zum Aussenklima bleiben im Bereich weniger Prozente. Damit deckt das HyWin die ganze Bandbreite von Kühlung, Heizung und variabler Beleuchtung ab.

Numerische Simulation und experimentelle Prüfung

Das Verhalten des HyWin-Fensters wurde in der Konzeptphase numerisch simuliert. Die von der Hochschule Luzern, Departement Technik & Architektur, erstellte Simulation zeigte auf, dass die Lösung grundsätzlich funktioniert und dass der Wärmeübergang an den Kühlrippen (Wärmetauscher) möglichst über $20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ liegen muss.

Messergebnisse (Abbildungen 4 und 5)

Mit einem Versuchsfenster ($0,5 \text{ m}^2$) konnte bestätigt werden, dass sogar bei einer mit Halogenstrahlern simulierten, unrealistisch hohen Sonneneinstrahlung von $1333 \text{ Watt pro m}^2$ Fensterfläche und bei einem g-Wert des Fensters von 53% sowie einer Vorlauftemperatur des Kühlwassers von 15°C die kalte Innenseite des Fensters immer auf 21°C gehalten werden kann. Es konnte nach-

gewiesen werden, dass Kondensation im Fenster grundsätzlich vermieden werden kann.

Optimierte HyWin-Konstruktion

Die Wärmetauscher werden im Bereich der Betondecke – also praktisch unsichtbar – eingebaut. Eine frei zugängliche Revisionsöffnung unterhalb der Betondecke erlaubt den allfälligen Service oder den Ersatz von Gebläsen und Sonnenschutzvorrichtungen (Abbildung 7).

Wirtschaftlichkeit

Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen, dass das HyWin-Fenster zwar etwas teurer als das CCF-Fenster ist. Die Mehrkosten werden durch den Verzicht auf folgende Komponenten mehr als kompensiert:

- Keine Kühldecken: HyWin ist auch ein Free-Cooling-System.
- Die Regeneration von Erdsondenfeldern ist im HyWin-System integriert. Sonnen- oder Hybridkollektoren auf Dächern oder Fassaden erübrigen sich.
- Die Lüftungsanlage und deren Luftdurchsatz kann wesentlich kleiner dimensioniert werden. Sie muss nur noch die Restwärme im Bereich von 30 W/m^2 abführen und dient primär der Lüfthygiene.
- Auf die Versorgung der CCF-Fassade mit getrockneter Luft kann verzichtet werden.

Der Unterhalt der Aussenfassade unterscheidet sich nicht von demjenigen von CCF-Lösungen. Die Komplexität des HyWin-Hybridfensters ist hingegen höher. Das Hybridfenster setzt eine sehr gute Zusammenarbeit zwischen Architekt, Fassadenbauer, HLK-Planer und Haustechnik-installationsfirmen voraus.

Neu! Die exklusive Fassaden-Dämmplatte von SAGER mit dem hervorragenden Lambda-Wert von $0,030 \text{ W/mK}$!

SAGLAN Carbolane

- Neuste Glaswolle Technologie «Q30 compound based»
- Optimal für hinterlüftete Fassaden
- Schlankere Wandaufbauten möglich
- Universell einsetzbar auch im Holzbau
- Bestes Preis/Leistungsverhältnis
- Brennt nicht

einfach besser dämmen

SAGER

Sager AG | CH-5724 Dürrenäsch | www.sager.ch