Sonnenenergieanlage für Gewächshäuser

Autor(en): **Dachler, Christian / Häfliger, P.E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 32

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74535

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sonnenenergieanlage für Gewächshäuser

Die neuen Gewächshäuser auf dem Ciba-Geigy-Areal Schoren in Basel stehen seit Dezember des vergangenen Jahres in Betrieb. Sie sind eine der grössten Sonnenenergieanlagen der Schweiz. Über die recht komplexen Installationen zur Beheizung, Beschattung, Lüftung und Klimatisierung wurde im Mai dieses Jahres die Öffentlichkeit informiert. Wir geben hier wenig verändert zwei Referate wieder, die an der Presseorientierung gehalten wurden.

Biologische Anforderungen

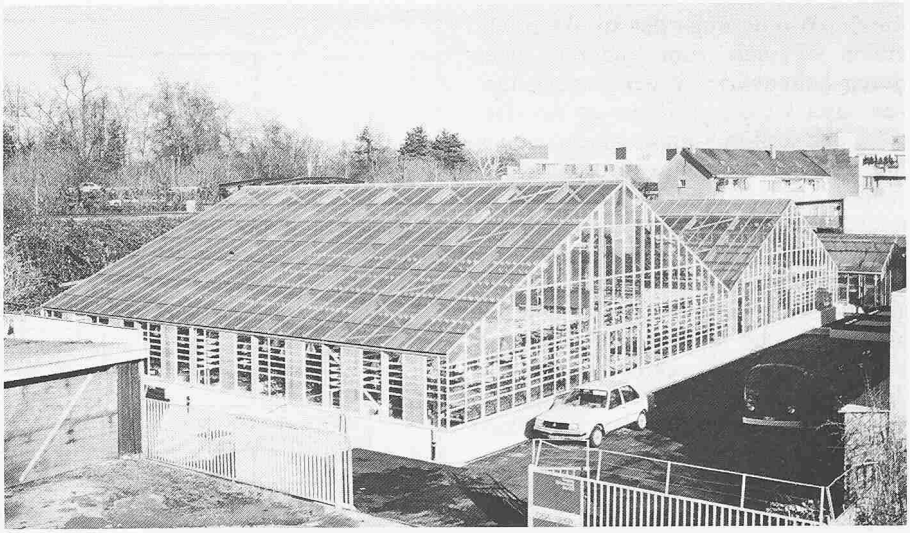
Das F+E-Departement der Agro-Division verfügt in verschiedenen Prüfstationen in der Schweiz über 10 000 m² Gewächshausfläche, wovon hier auf dem Schorenareal 2200 m² installiert sind. Die Glashausflächen stehen den drei Forschungsbereichen Pflanzenkrankheiten (Phytopathologie), Herbologie und Insektenkunde (Entomologie) zur Verfügung.

Ende 1978 entschloss sich die Forschungsleitung, die veralteten, den technischen Anforderungen nicht mehr genügenden Gewächshäuser aus dem Baujahr 1955/58 in den Schoren zu ersetzen und den Neubau gemäss Gesamtkonzept der Biologiebereiche dem Bereich Entomologie zuzuteilen. Dabei ging es um ein neues Gewächshaus mit etwa 800 m² Nutzfläche, in dem neun Mitarbeiter beschäftigt werden sollten.

Der Bereich *Entomologie* entwickelt *neue Pflanzenschutzmittel* zur selektiven Bekämpfung von Schadinsekten und Spinnmilben in landwirtschaftlichen Kulturen, und dafür werden hier in Basel alljährlich etwa 10 000 neue Substanzen in Laboratorien und Gewächshäusern auf ihre biologische Wirkung hin geprüft, bevor nach einer strengen Auslese etwa 0,3–0,4 Prozent dieser Präparate zum erstenmal in Freilandversuchen evaluiert werden. Die neuen Substanzen werden nicht in den Gewächshauskabinen appliziert, sondern in einer besonders dafür eingerichteten automatischen Vorrichtung, bei der die zu behandelnde Pflanze in eine hermetisch verschlossene Kammer gelangt. Die dabei anfallenden kleinen Mengen von Abwasser werden aufgefangen und der zentralen Vernichtungsstelle zugeführt und die Abluft speziell gefiltert. Ein direkter Kontakt zwischen Mensch und Produkt ist dadurch ausgeschlossen.

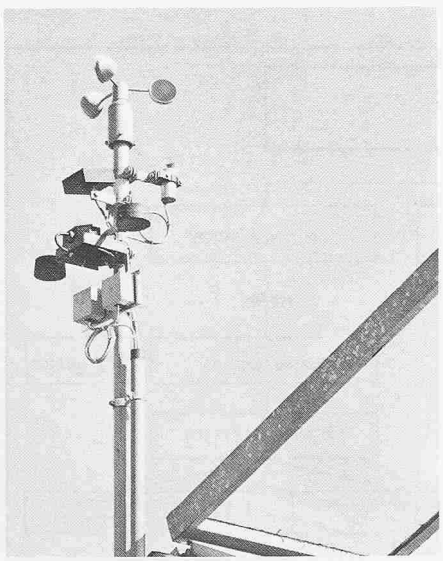
Für die Prüftätigkeit braucht es nebst der Anzucht von Schadinsekten auch eine *Produktion geeigneter Pflanzen,* entweder als *Futterpflanzen* für die Anzucht der Insekten und Spinnmilben oder als *Trägerpflanzen* für Schädlinge in den biologischen Versuchen. Da dieses *biologische Auswahlverfahren,* auch *Screening* genannt, nicht saisonal abläuft, sondern *das ganze Jahr* hindurch dieselben Pflanzenarten benötigt, müssen jahraus, jahrein *konstante Klimabedingungen in den Gewächshäusern* garantiert werden. Die notwendige Reproduzierbarkeit der biologischen Resultate kann auf diese Weise zu jeder Jahreszeit gewährleistet werden, d. h. ein Resultat eines Experimentes im Sommer muss im Winter gleich ausfallen.

Wegen der teilweise tropischen Kulturen, wie z. B. die für Insektenbefall sehr anfällige *Baumwolle* oder *Zitrus,* werden Temperaturen im Glashaus von bis zu 25 °C auch im Winter bei Aussentemperaturen von −18 °C verlangt. Andererseits müssen für gewisse Insekten, wie z. B. *Blattläuse,* auch bei Aussentemperaturen von 30 °C die idealen

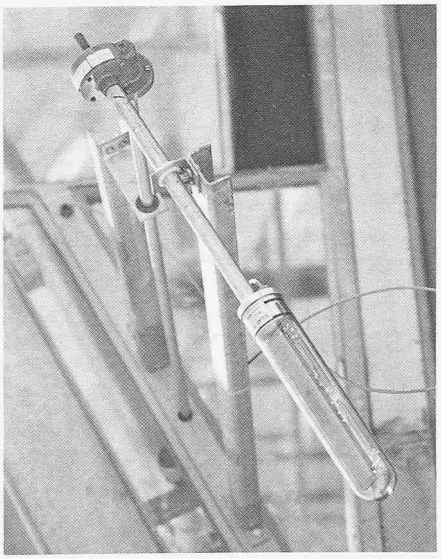


Gewächshausanlage (überdachte Bodenfläche total 875 m²)

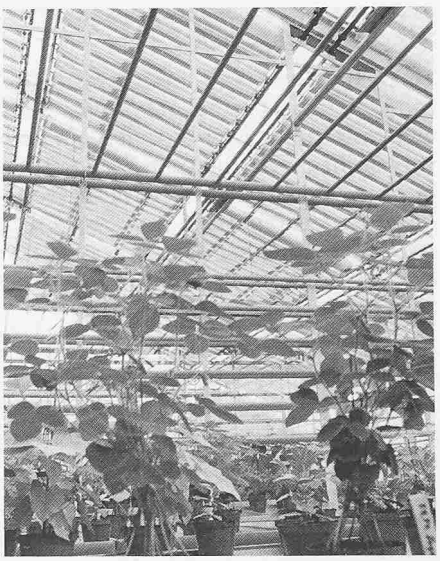
Meteorologische Station

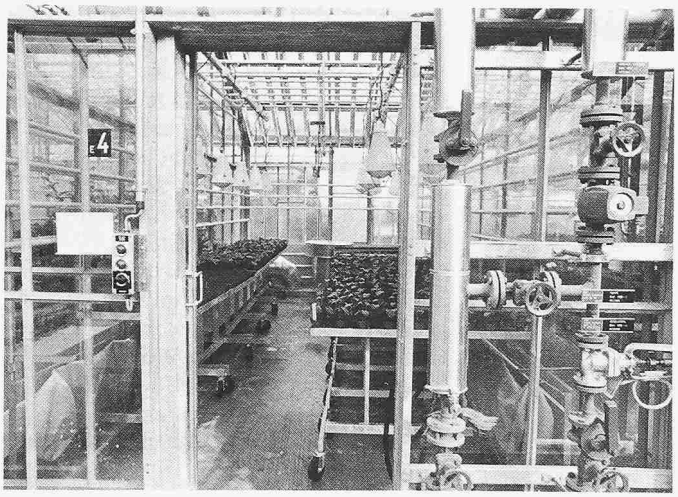


Sonnensensor, der die Sonnenkollektoren automatisch der Sonne nachführt

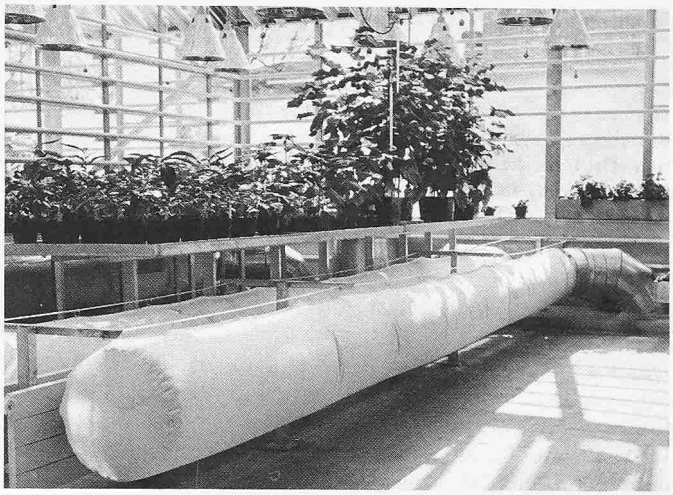


Teilansicht Gewächshauskabine mit Schattierungssystem bzw. Sonnenkollektoren





Teilansicht Gewächshauskabine mit Luftverteilsystem und Zusatzbeleuchtung



Gewächshauskabine mit Heizverteiler, Luftverteilsystem, Zusatzbeleuchtung, Schattierungssystem (Sonnenkollektoren)

kühlen Temperaturen von 20–22 °C in einzelnen Gewächshauskabinen gehalten werden können, was bei konventionellen Gewächshaustypen mit Öffnungslücken nicht möglich ist.

Um Interferenzen zwischen zwei Versuchstypen auszuschliessen, sei es durch «Wanderung» der Insekten von einem Versuch zum anderen, oder durch Seitenwirkung der Testsubstanzen, sind *kleinere Kabinen* in den Gewächshäusern mit einem *geschlossenen und individuell regulierbaren Klimasystem* sowie mit einer *guten Belüftung* notwendig. Daher wurde einer Aussenluftrate entsprechend 3- bis 4facher Lufterneuerung je Stunde verlangt. Das geschlossene Klimasystem verhindert ausserdem den störenden Zuflug von Schad- und Raubinsekten aus der natürlichen Umgebung und potentielle Infektionen durch unerwünschte Pflanzen- oder Insektenkrankheiten.

Die für Fungizidversuche erforderliche hohe relative Luftfeuchtigkeit ist bei Experimenten mit Insekten nicht notwendig, d. h. 40–50 Prozent relative Luftfeuchtigkeit genügen, und damit war ein offenes Klimatisierungssystem, das viel höhere Luftfeuchtigkeitswerte bringt, nicht angezeigt.

Viele Insekten sind zwar wärmeliebend, stellen aber bei intensiver Sonneneinstrahlung ihre Aktivität ein und verkriechen sich unter die Blätter oder in den Boden. Eine wirkungsvolle *Schattierung* und *nicht zu grelles direktes Licht* sind daher Voraussetzung für die normale Entwicklung der meisten bei uns verwendeten Schädlinge.

All diese Anforderungen an ein neues Gewächshaus für den Biologiebereich Entomologie, verbunden mit der Auflage einer möglichst energiesparenden Konstruktion und Installation, veranlasste unsere Ingenieur-Abteilung, dieses neue Gewächshauskonzept zu entwickeln. *Christian Dachler*

Energieprogramm

Die neue Gewächshausanlage ist nach den neuesten Erkenntnissen der Ökologie konzipiert. Die *Sonnenkollektorenanlage*, die hauptsächlich der *Schattierung* bzw. der *optimalen Beleuchtung* und *Temperatureinhaltung* im Ge-

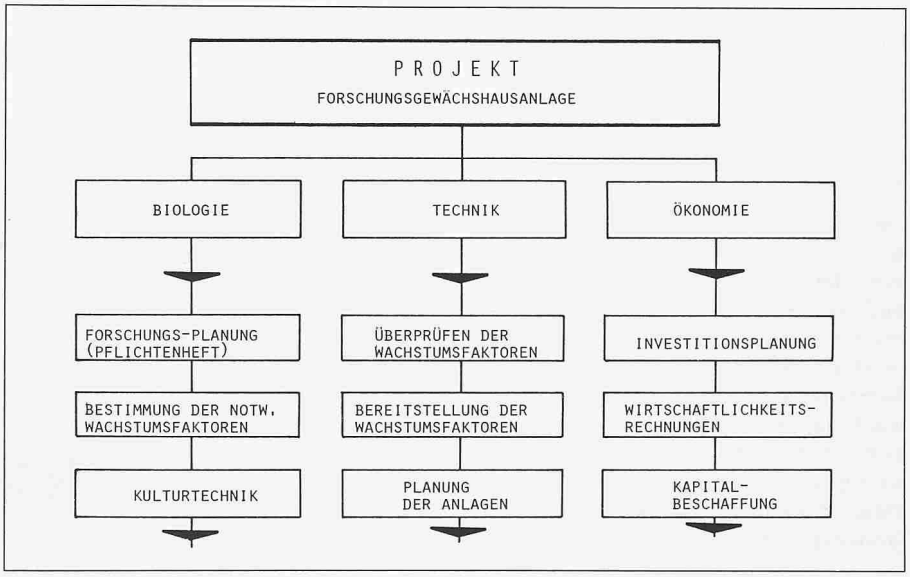
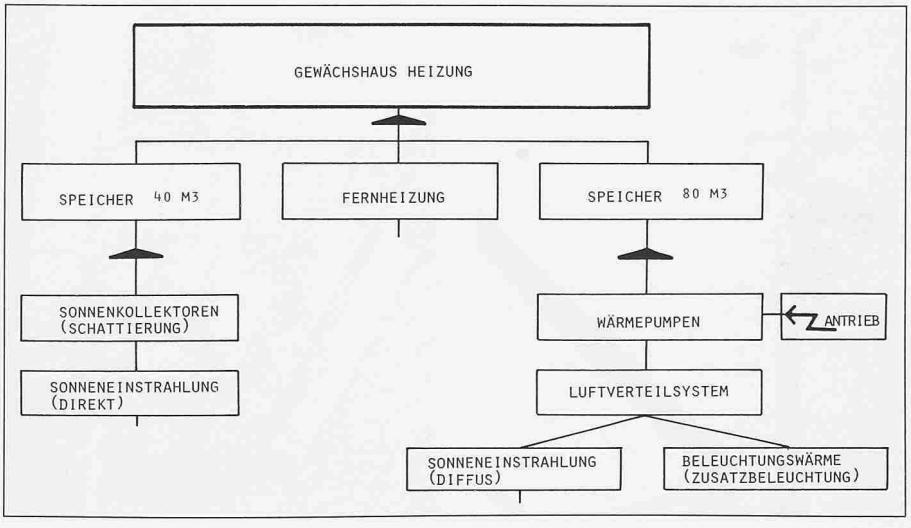


Bild 1. Wärmeversorgung Gewächshausanlage

Bild 2. Planungsablauf



wächshaus dient, wird zusammen mit der *Wärmepumpen-, Wärmespeicheranlage* als *bivalentes Heiz- und Kühlsystem* alternativ betrieben (Bild 1).

Die äquivalente Energie von 81 000 kg Heizöl soll jährlich im neuen Gewächshaus eingespart werden. Diese Brennstoffmenge entspricht 65 Prozent dessen, was in einem herkömmlichen Bau gleicher Grösse benötigt wird. Die Einsparungen sind das Ergebnis der *Kombination* verschiedener, aufeinander abgestimmter Massnahmen, die wie folgt lauten:

- Gewächshausverglasung mit Isolierscheiben (Doppelverglasung). Das speziell für den Gewächshausbau entwickelte Isolierglas ist am Rande verschweisst und hat einen vollständig abgedichteten Zwischenraum, der mit CO_2 gefüllt ist.
- Schattierung, Thermalschild und Reflektor durch Sonnenkollektoren von 500 m².
- Wärmepumpenanlage (Pilot), Luftverteilsystem.
- Wärmespeicheranlage.
- Niedertemperatur-Heizsystem.
- Regulierung und Steuerung mit Mikroprozessoren.

Als die Zentralen Ingenieurdienste der Firma im Sommer 1979 die Planung für eine neue Gewächshausanlage an die Hand nahmen (Bild 2), war es für die Planer, die sich seit Jahren eingehend mit Umweltproblemen auseinandersetzten, naheliegend, die Frage des *Energieverbrauchs* besonders sorgfältig zu prüfen. In das Pflichtenheft für die neue Gewächshausanlage wurde der Passus aus den allgemeinen Ciba-Geigy-Richtlinien aufgenommen: In jeder Hinsicht ist den neuesten Erkenntnissen der Ökologie Rechnung zu tragen.

Die Wissenschaftler und Benützer der Gewächshausanlage stellten an die Funktion der neuen Gewächshausanlage folgende Forderungen:

Die Bauten müssen *begehbar* sein und die erforderlichen Wachstumsbedingungen für eine ganzjährige Pflanzenproduktion schaffen. Zu berücksichtigen sind dabei die folgenden wichtigen *Wachstumsfaktoren:*

- Luftzusammensetzung: Frischluft, CO_2, Reinheit;
- *Lufttemperatur:* bei Tag +21 bis +28°C (Einstellbereich), in der Nacht +15 bis +28 °C (Einstellbereich);
- *Luftfeuchtigkeit:* min. 40% rel., max. 90% rel.;
- *Luftbewegung:* max. 0,15 m/s (Pflanzenbereich);
- *Licht:* min. 10 000 lx (Intensität, Richtung, Dauer; siehe Bild 3)

Die Wachstumsfaktoren müssen optimal so zur Verfügung gestellt und eingehalten werden können, dass ein *möglichst geringer Aufwand an Investitionen, Energie und Unterhalt* entsteht.

Da das Tageslicht als sichtbarer Teil der *Globalstrahlung* einer der unbedingt notwendigen Wachstumsfaktoren bei Pflanzen in Gewächshäusern ist, müssen diese so konstruiert und gebaut sein, dass vor allem in den kälteren Jahreszeiten mit niedrigem Sonnenstand *möglichst viel Licht* im Gewächshaus zur Verfügung steht.

Zur Einhaltung des geforderten Wachstumsfaktors Temperatur muss dem Gewächshaus *Wärme* zugeführt werden, wenn die Aussentemperatur unter die Innentemperatur sinkt. Dies ist bei einer Innentemperatur um +22°C im Winter meist ganztägig und über das Jahr nachts der Fall. Bei Sonneneinstrahlung am Tag erhöht sich die Innentemperatur des Gewächshauses durch den sogenannten *Gewächshauseffekt* (Treibhauseffekt). Dadurch wird der Heizbedarf am Tag vermindert bzw. ganz durch die Globalstrahlung ersetzt.

Bei hoher Einstrahlung ist die Temperaturerhöhung durch den «Gewächshauseffekt» so hoch (Bild 4), dass sie für die Pflanzen schädlich werden kann, d. h. die Einstrahlung muss durch eine Schattierung vermindert und das Gewächshaus muss durch *Abfuhr überschüssiger Wärmeenergie* gekühlt werden.

Im neuen Gewächshaus sind *Parabolzylinder-Kollektoren* horizontal unter der Gewächshausverglasung angebracht (Bild 5), welche die eingesammelte Sonnenstrahlung auf einer Brennlinie konzentrieren (Bild 6), in der Temperaturen bis +150 °C und mehr entstehen. Das Wasser (Wärmetransportmittel) nimmt die Wärmeenergie der Brennlinie auf.

Damit die Konzentrierung der Sonnenstrahlung auf die Brennlinie möglich ist, werden die Parabolhalbzylinder-Kollektoren über *Sensoren* vollautomatisch der Sonne nachgeführt, so dass sie wie Lamellenstoren die direkte Sonneneinstrahlung von den Pflanzen abhalten (Bild 7). Das für das Pflanzenwachs-

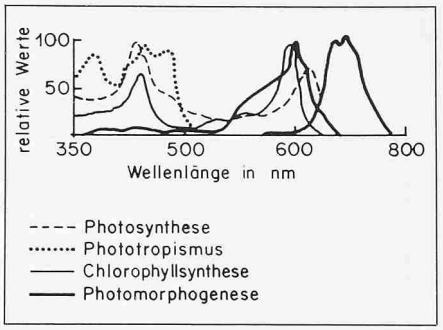


Bild 3. Strahlungszusammensetzung (Licht) für die wichtigsten Reaktionen der Pflanzen

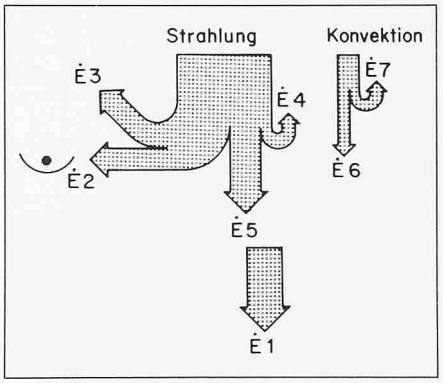


Bild 4. Energiebilanz Gewächshausdach mit Sonnenkollektoren und Wärmepumpenanlage

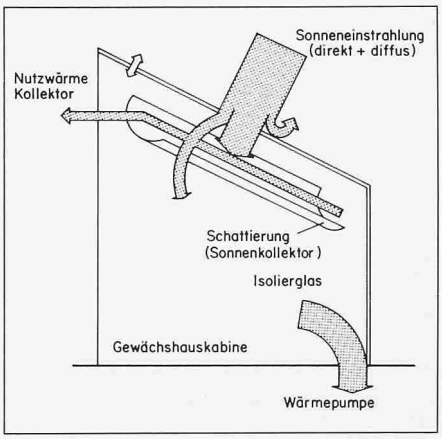


Bild 5. Energiebilanz Gewächshausdach mit Sonnenkollektoren und Wärmepumpe

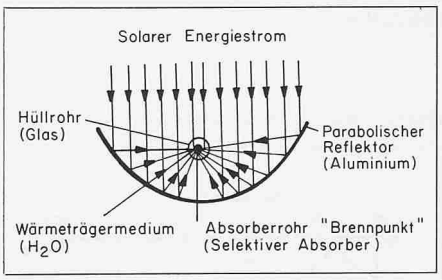


Bild 6. Parabolischer Sonnenkollektor

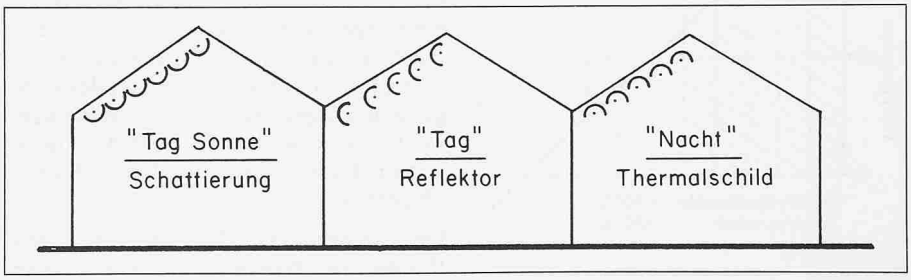


Bild 7. Positionen der Sonnenkollektoren

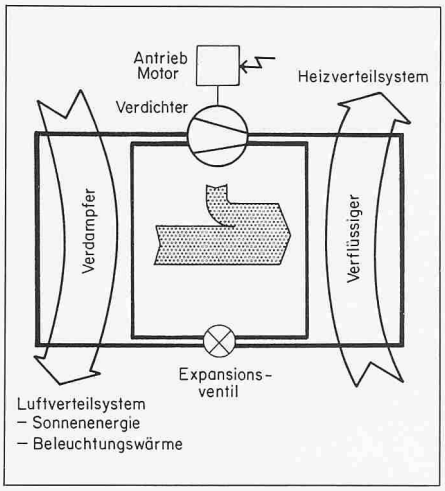


Bild 8. Wärmepumpe

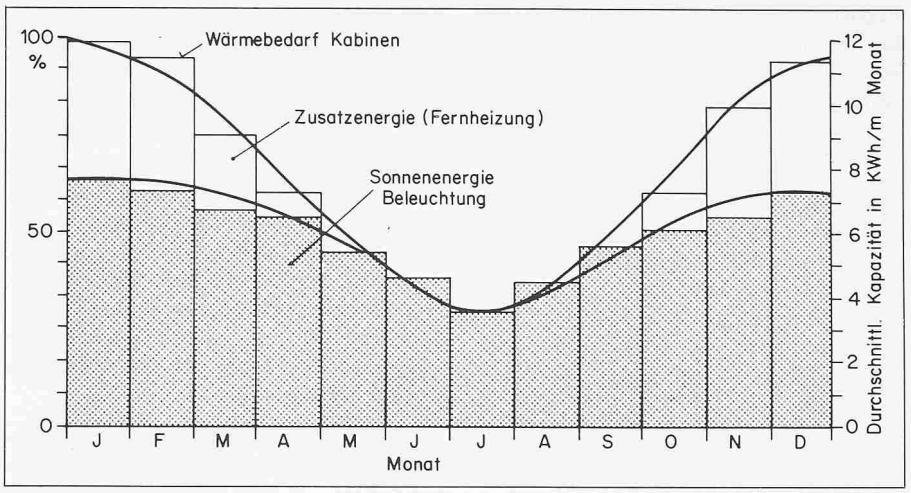


Bild 12. Wärmekapazität Gewächshausanlage. Jahresverlauf

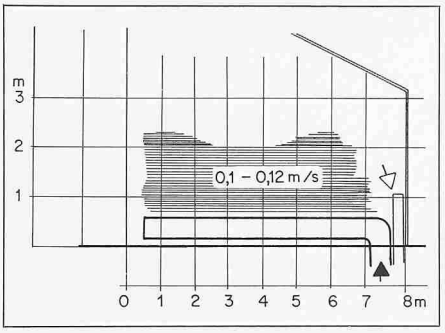


Bild 9. Luftverteilsystem. Topographie Raumluftbewegung 100 FLWh

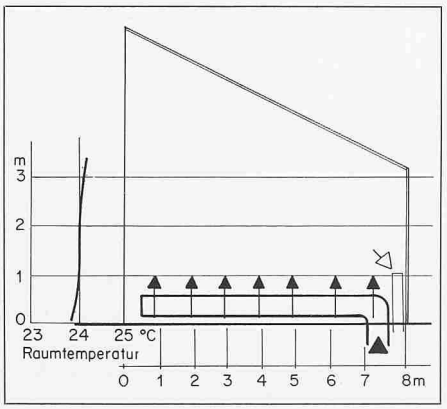


Bild 10. Luftverteilsystem. Temperaturverlauf (100 FLWh) in Abhängigkeit von der Raumhöhe

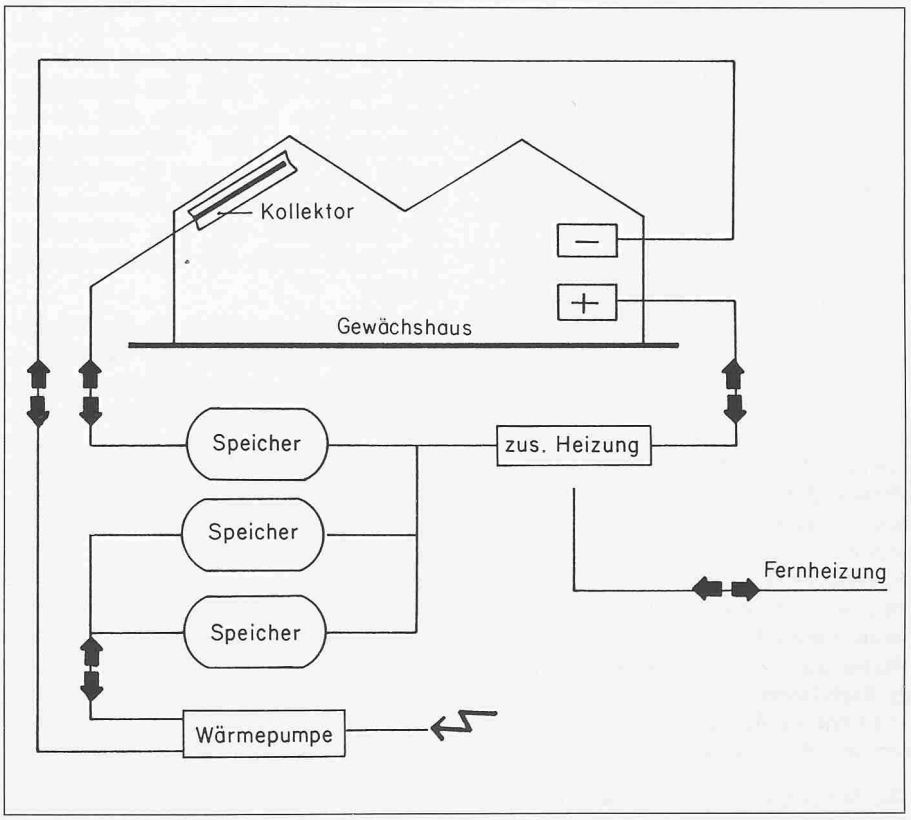
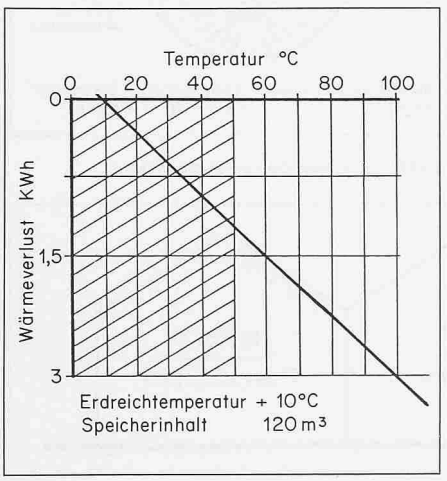


Bild 13. Energiefluss-Schema

Bild 11. Wärmeverluste der Speicheranlage



tum günstige indirekte Licht kommt trotzdem durch, weil auch die Rückseite der Sonnenkollektoren das Licht reflektiert (Bild 7, «Tag Sonne»).

Wenn die *Sonne nicht scheint,* drehen sich die parabolhalbzylindrischen Spiegel in eine vertikale Stellung, so dass möglichst viel Licht ins Gewächshaus eindringen kann (Bild 7, «Tag»). Bei *Nacht* drehen sie sich nach unten, so dass die von den Pflanzen und der Umgebung ausgehende Wärme zurückgeworfen wird und nicht über die Dachkonstruktion entweichen kann (Bild 7, «Nacht»).

Der grösste Teil der überschüssigen Wärme im Gewächshausinnern (von den Sonnenkollektoren nicht abgeführte Wärme, diffuse Einstrahlung, Beleuchtungswärme usw.) wird über ein für den Gewächshausbau neuartiges Luftverteilsystem den Wärmepumpen zugeführt (Bild 8).

Das Luftverteilsystem zeichnet sich unter anderem durch *hohe Energietransportleistung* unter Beibehaltung optimaler Luftbewegungen (Bild 9) und gleichmässige Temperaturprofile in den Pflanzenbereichen aus (Bild 10).

Das von den Sonnenkollektoren und Wärmepumpen aufgeheizte Wasser wird über die *Wärmespeicher* geführt. Der Erhaltung der Wärmedämmung, der Speicherisolierung, wurde besonde-

re Beachtung geschenkt. Bild 11 stellt die über die Tankinnentemperatur entstehenden Verluste dar. Bei Wärmebedarf wird die Speicheranlage entladen und durch das Niedertemperatur-Heizsystem als Heizenergie den Verbrauchern zugeführt.

Die wesentlichen Probleme bei bivalenten Heiz- und Kühlsystemen liegen nicht bei den Komponenten, sondern bei der Anlage selbst. Hier wiederum hat ihr dynamisches Verhalten einen entscheidenden Einfluss auf die Gesamtfunktion und damit letztlich auf die Wirtschaftlichkeit (Bild 12).

Neben dem hydraulischen Kreislauf der Systeme ist deren Steuerung und Regulierung ein entscheidendes Element. Die Anlage wird mit Hilfe von *Mikroprozessoren* gesteuert (Bild 13).

Über die Wirtschaftlichkeits-Überlegungen hinaus geht es im wesentlichen auch darum, Erfahrungen zu sammeln – im Bewusstsein, dass die Anwendung neuer Technik in der Entwicklungsphase immer aufwendiger ist als eine «konventionelle» Lösung (Bild 14).

	BAUTEIL		A	B	C
1	GEWÄCHSHAUSKONSTRUKTION	FR/m2	280.-	280.-	100.-
2	HEIZUNG (WP) LUFTVERTEILSYSTEM RAUMTEMPERATUR +25 °C / -12 °C (BASEL) WÄRMERÜCKGEWINNUNGSANLAGE (WP)		390.-	350.-	60.-
3	SCHATTIERUNG, THERMALSCHILD		50.-	-	50.-
4	SCHATTIERUNG, THERMALSCHILD, REFLEKTOR (SONNENKOLLEKTORENANLAGE)		-	400.-	-
5	SPEICHERANLAGE (CA 100 M3 GRUNDLAGE)		130.-	150.-	-
6	ZUSATZBELEUCHTUNG 5000 LUX		50.-	50.-	50.-
1-6	GEWÄCHSHAUSANLAGE (TYP 1000 m2)	FR/m2	900.-	1'230.-	360.-
	ENERGIEEINSPARUNGEN		~ 75 %	~ 80 %	~ 0 %

A WÄRMEPUMPENANLAGE (WP) B SONNENKOLLEKTOREN (SK) UND WP
C "HERKÖMMLICHE BAUART" (ANWENDUNGSBEISPIELE)

Bild 14. Kostenvergleich Gewächshausanlage

In den nächsten Jahren sollen deshalb die Betriebserfahrungen ausgewertet werden, um sie dann bei zukünftigen Projekten berücksichtigen zu können.

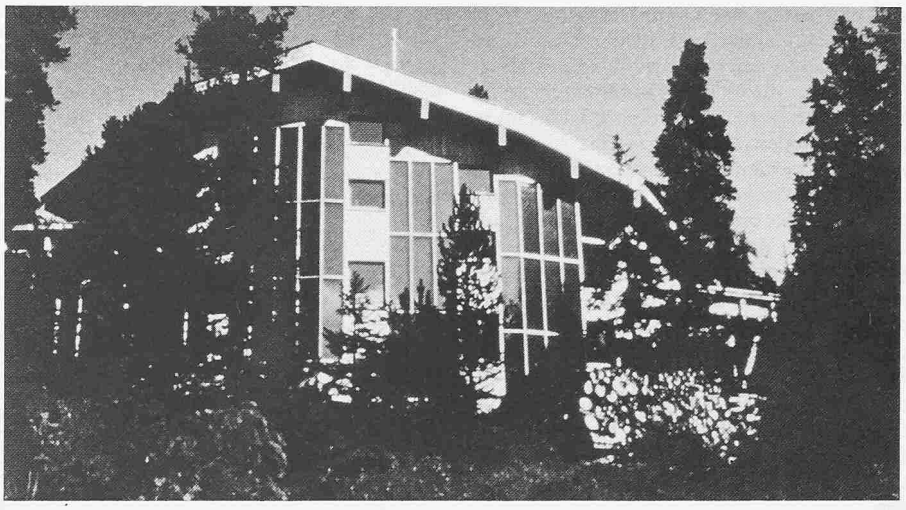
Peter E. Häfliger

Adresse der Verfasser: *Ch. Dachler,* Biologische Forschung, administrativer Leiter Gewächshaus Schoren; *P. E. Häfliger,* Projekt-Ingenieur, Energie/Technik, Ciba-Geigy AG, 4002 Basel.

Umschau

Ein Sonnenenergie-Haus in Davos

(*pd*). Mit der für sein Wissenschaftsgebiet, der physikalischen Strahlenforschung, vorauszusetzenden Gründlichkeit ist Dr. Claus Fröhlich in *Davos-Wolfgang* an den Bau seines mit *Sonnenenergie* beheizten Hauses gegangen. Anhand einer exakten Wärmebedarfsberechnung entstand ein aufsehenerregender Bau mit einem mittleren *k*-Wert von 0,26 W/m²K, gemäss SIA 180/1.



Der Bauherr stand vor dem Problem, dass in Davos-Wolfgang (1650 m.ü.M.) eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 2,9 °C herrscht, bei mittleren Januartemperaturen von −6,8 °C (mittlere Tiefsttemperatur −17 °C) und Julitemperaturen von nur 12,1 °C. Anhand des energetischen Jahresbedarfs nach den von der meteorologischen Zentralanstalt gesammelten Temperaturwerten über 50 Jahre kam der Bauherr zum Schluss, dass die *in die Fassade eingelassenen Sonnenkollektoren* für die Heizung seines Zweifamilienhauses ausreichen, sofern es entsprechend gut isoliert wird.

Mit ebenfalls wissenschaftlicher Akribie suchte der Bauherr den Markt für Dämm-Materialien ab und fand *extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten* als optimal geeignet für die *Perimeterdämmung,* für die *Dämmung der Fundamente und des Daches,* weil diese Produkte den *Druckbelastungen* standhalten können. Für die *Fassadendämmung* wurde wegen der hohen Temperaturen in den Kollektoren *Steinwolle* gewählt; im Bereich des Sockels jedoch ebenfalls extrudierte Ploystyrol-Hartschaumplatten, da sich diese verputzen lassen.

Mit Hilfe von EDV-Anlagen rechnete der Bauherr nun mehrere Varianten von Dämmdicken durch, um zu einem optimalen Kosten/Nutzen-Verhältnis vorzustossen. So fand er, dass er bei einer Dämmung mit 15 cm jährlich 51 000 kWh, bei 20 cm dicken Platten nur noch ca. 42 000 kWh für Heizung benötigen würde. Sie teilen sich folgendermassen auf die verschiedenen Elemente: Wände 8600 kWh/a, Dach 5100 kWh/a, Fenster 17₂200 KWh/a, Keller und Erdreich 10 800 kWh/a.

Unter Berücksichtigung der speziellen klimatischen Verhältnisse von Davos dürften diese Werte mit den Richtwerten übereinstimmen, welche die Eidgenössische Materialprüfungsanstalt (EMPA) in Dübendorf für Häuser im schweizerischen Mittelland mit 12 cm Dämmstärke errechnete.

Das *viergeschossige Doppelhaus* steht südsüdwestexponiert an einer Hanglage. Es verfügt über insgesamt rund 2000 m³ umbauten Raum, wovon 1800 m³ beheizt werden. Die im Winter in Davos auftretenden Schneeverhältnisse erforderten den gewünschten, gestalterisch wirkenden Einbau von 60 m² Sonnenkollektoren in die Fassade. Der relativ flache Einfallswinkel der Sonne im Winter erzeugt zwischen 160–180 kWh je Tag, der steile Winkel im Sommer zwischen 50–70 kWh an klaren Tagen. Diese Wärme