

Was einfache Solartechnik leisten könnte

Erläutert am Beispiel Maltas von Milan Pospíšil

Auf diese hier wiedergegebene Arbeit des tschechoslowakischen Physiklehrers Dr. Milan Pospíšil wurden wir durch einen Beitrag in dem Buch „Spirit of Enterprise“ aufmerksam, das denjenigen gewidmet ist, die sich 1984 um die von dem schweizerischen Uhrenhersteller Montres Rolex S.A. vergebenen Forschungs- und Erfindungspreise beworben haben. Pospíšil hat für „Sonnenenergie“ die Ergebnisse seiner Studie über den Einsatz von Solartechnik auf der Mittelmeerinsel Malta zusammengefaßt. Sie dienen als ein Beispiel dafür, wie die Sonnenenergie in einem subtropischen Land genutzt werden könnte. Manchen Leser dürfte überraschen, was dabei alles zu berücksichtigen ist. Andererseits macht der Verfasser deutlich, wie mit relativ einfachen Mitteln diesen Inselbewohnern sowohl im Sommer wie im Winter durch die Nutzung der Sonnenenergie geholfen werden könnte.

Es mag überraschend klingen, aber selbst in subtropischen Regionen müssen die Häuser geheizt werden. Auf Malta zum Beispiel sinken die Temperaturen in den Klassenzimmern der Schulen und in Privathäusern im Winter auf 12°C. Gleichzeitig wird eine riesige Menge an Sonnenenergie von den flachen Hausdächern ungenutzt in die Atmosphäre zurückgestrahlt. Da die Bewohner dieser Mittelmeerinsel nicht gewillt sind, in Heizungsanlagen zu investieren, muß jedes Solarsystem gleich in zweifacher Weise optimiert werden: Erstens muß es zu bestimmter Zeit ein Maximum an Energie liefern. Zweitens müssen die Anschaffungskosten so niedrig wie möglich sein, muß sich das System komplikationslos erweitern lassen.

Wenn seine Nutzer erfahren haben, daß sie für wenig Geld am Anfang viel erhalten, werden sie geneigter sein, sich beim nächsten Schritt eine komfortablere Anlage zuzulegen. Wer etwa Kollektoren aus nichtrostendem Stahl mit Doppelverglasung nach Malta exportieren wollte, müßte heute Schiffbruch erleiden, wie das einige bereits lernen mußten.

Der Konstrukteur, der sich um eine technische Optimierung bemüht, muß zunächst die Frage beantworten, welcher Energiebedarf zu welcher Zeit besteht. Ferner muß er die Besonderheiten der Sonneneinstrahlung kennen. Von den verfügbaren Komponenten für ein Solarsystem muß er über Wirkungsgrade, Materialpreise sowie die mit ihrer Installation verbundenen Arbeitskosten Bescheid wissen. Darüber hinaus muß er sich mit den alternativen Möglichkeiten der Energieversorgung vertraut machen. Ob er erfolgreich ist, hängt nicht zuletzt davon ab, wie eine bestimmte Anlage betrieben wird.

Klimatische Situation Maltas

Malta ist eine Insel mit einer Fläche von rund 300 km², liegt auf 36° nördlicher Breite und wird von mehr als 300 000 Menschen bewohnt, die über nahezu 100 000 Automobile verfügen.

Dr. Milan Pospíšil, Pražská 266, 25165 Ondřejov, CSSR. Bei der Abfassung dieses Artikels gedachte er in Dankbarkeit der Unterstützung, die ihm bei seinen Studien durch Mitarbeiter der meteorologischen Station Luqa, Malta, und durch seine Frau Dr. Libuše Pospíšilová, die sich um die elektronische Datenverarbeitung kümmerte, zuteil wurde.

Wohnhäuser, Schulen und Bürogebäude werden überwiegend aus dem heimischen Kalkstein gebaut, einem weichen und schlecht isolierenden Material. Die Architekten sind bemüht, die Hausbewohner während zweier Sommermonate gegen die Hitze abzuschirmen. Im Winter versammelt sich die gesamte Familie gewöhnlich in der Küche. Zur kurzzeitigen Raumerwärmung bedient man sich des elektrischen Stromes, Flaschengases und Petroleums.

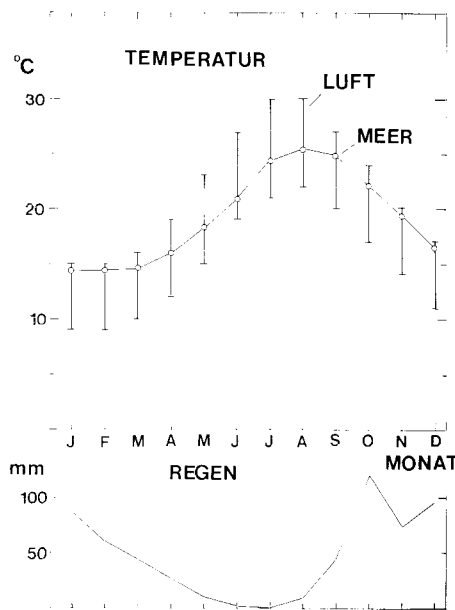


Bild 1. Klimadaten von der Insel Malta, die auf 35° 50 min nördlicher Breite und 14° 26 min östlicher Länge liegt. Sie wurden gemessen und gemittelt von der meteorologischen Station Luqa, 150 m ü.M..

Bis auf wenige Ausnahmen haben die Häuser keine Kamine. Zentralheizungen gibt es lediglich in Häusern für Behinderte und in ganz wenigen Privatvillen. Die Einstellung des Durchschnittsbürgers illustriert eine Bemerkung am besten, die auf einer Versammlung über Solarenergie geäußert wurde: „Warum heizen? Wenn ich friere, ziehe ich mir einen Pullover über.“

Die See sorgt das gesamte Jahr über für gemäßigte Außentemperaturen. Die ausgezogene Linie in Bild 1 gibt die mittlere Meerestemperatur im Verlaufe eines Jahres wieder. Ihr „träger“ Verlauf weist deutlich auf das Meer als thermischen Energiespeicher hin. Extreme Temperaturen wurden im Januar 1981

mit + 1,4°C und im Juli 1973 mit + 42°C gemessen. Auf Malta fällt so gut wie nie Schnee, Frost ist unbekannt. Allerdings kam es beispielsweise im Winter 1984 zu einem Niederschlag, der eine Schicht von Hagelkörnern in Zentimeterdicke hinterließ.

Die untere Kurve in Bild 1 zeigt den Verlauf der Niederschläge. Sie sind am stärksten im Oktober. Im November folgen dann einige sonnige Tage, die durchaus zum Baden im Meer einladen können. Die kalten Regentage im Winter dagegen, die von einer hohen Luftfeuchtigkeit begleitet werden, sind sehr ungemütlich. Verharren im Sommer die Temperaturen an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen oberhalb 35°C, ist das selbst für sonnenhungrige Nordlandbewohner unbehaglich. Das ist normalerweise von Ende Juli bis August der Fall. Im allgemeinen besteht den ganzen Sommer über ein hoher Bedarf an Energie für Ventilation, Kühlung und Warmwasser für Duschen und Bäder.

Die Bilder 2 und 3 geben die vom Physikalischen Laboratorium des Neuen Lyzeums in Msida, Malta, in ihren Räumen gemessenen Temperaturen wieder. Obwohl die Wände dieses Gebäudes dicker sind als die der Wohnhäuser und die Vorhänge aus optischen Gründen oft geschlossen bleiben, spiegelt dieser Temperaturverlauf ziemlich genau die Verhältnisse in den meisten Wohngebäuden wieder. Mir ist keine Schule und kein Laboratorium bekannt, die mit einer Heizung ausgestattet wären.

Obwohl die Raumtemperatur von 12°C nicht gerade ungesund ist, fällt es doch schwer, sich dabei etwa auf ein Buch zu konzentrieren. Trotzdem fehlen selbst in harter Winterzeit nur wenige Schüler. Zusammengefaßt: Zwischen November und April wäre auf Malta eine Raumheizung durchaus erwünscht. Schulen und Büroräume sollten so früh wie möglich am Morgen beheizt werden, Wohnräume dagegen am Nachmittag. Ventiliert und gekühlt werden sollten die Räume von Juni bis September; vor allem um die Mittagszeit. Für warmes Wasser besteht das ganze Jahr über Bedarf, am meisten am späten Nachmittag im Sommer. Im Herbst und Winter wäre es wünschenswert, wenn man Schuhe und Kleidungsstücke trocknen könnte.

Sonneneinstrahlung

Die Touristenwerbung preist Malta als „Sonneninsel“ an. Die Bilder 4 und 5 beschreiben diesen Sachverhalt genauer. Bild 4 gibt die Werte der Sonneneinstrahlung wieder, die während 24 Jahren von der meteorologischen Station in Luqa gemessen wurden. Im Winter können täglich mehr als 2,5 kWh/m² genutzt werden, im Sommer zwischen 6 und 8 kWh/m². Die Anzahl der Stunden starker Sonneneinstrahlung variiert von täglich 5 im Winter bis 12 im Juli.

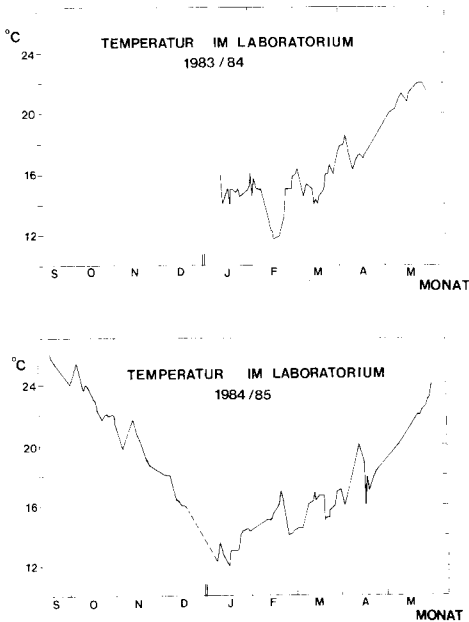


Bild 2 und 3. Temperaturen in den Räumen des Physiklabors des Neuen Lyzeums, gemessen gegen 8.10 Uhr, bevor die Studenten eintrafen.

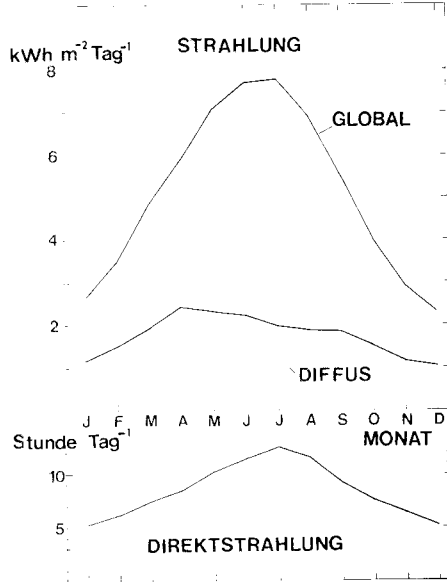


Bild 4. Tägliche Sonneneinstrahlung auf eine horizontale Fläche; Mittelwerte aus den Jahren 1954 bis 1978.

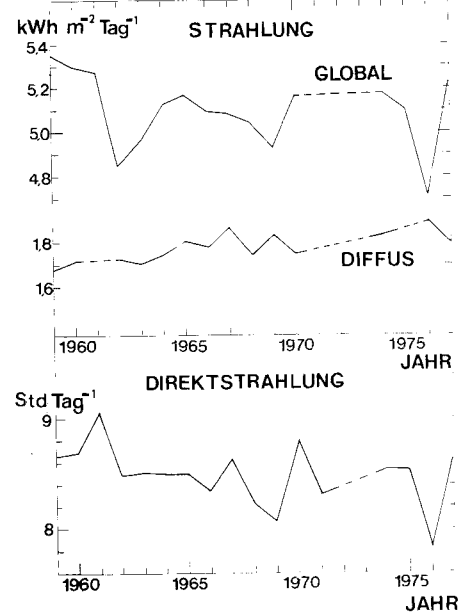


Bild 6. Während 18 Jahren gemessene Sonneneinstrahlung

Als billige Möglichkeit, Räume zu beheizen, empfehlen sich luftdurchströmte Sonnenkollektoren. Bild 5 dient zur Abschätzung der über eine vertikale und eine waagrechte Fläche gewinnbaren Energie. Geeignete Kollektorflächen würden im Winter eine geringfügige Verbesserung ergeben; 3,2 anstelle von 2,5 kWh/m² täglich. Die Kosten für eine entsprechende Tragstruktur lohnen sich deshalb nicht. Am ungünstigsten sind vertikal placierte Oberflächen, aber selbst damit lassen sich noch 2 kWh/m² täglich gewinnen. Die im unteren Diagrammteil angegebenen Zenitwinkel wurden dazu benutzt, für jeden Monat die optimale Kollektorneigung zu ermitteln.

Zur Bestimmung der langfristigen Trends der einfallenden Sonnenstrahlung (Bild 6) haben wir uns der Regressionsmethode der kleinsten Quadrate bedient. Weil die Elemente der zweiten und dritten Potenz die Summe der quadratischen Fehler bei 3 % am meisten ermäßigt, haben wir die lineare Funktion als ausreichende Näherung angesehen. Bei linearer Regression fällt die Globalstrahlung bei 9 Wh/m²Tag im Jahr, die diffuse Strahlung steigt bei 8 Wh/m²Tag an. Die Dauer der vollen Sonneneinstrahlung fällt bei 0,02 Stunden täglich im Jahr (oder 1 Minute und 20 Sekunden jährlich).

Wenn sich die derzeitigen Trends fortsetzen, wird man auf Malta Ende dieses Jahrhunderts im Jahresdurchschnitt 4,8 kWh/m² an täglicher Globalstrahlung und 2,05 kWh/m² an diffuser Strahlung (beide Male auf horizontale Flächen bezogen) feststellen können; die Zahl der Stunden vollen Sonnenscheins wird dann täglich 7,8 betragen. Alles unter der Voraussetzung, daß die Luftverschmutzung unverändert bleibt. Soweit die Ursachen nicht auf Malta zu suchen sind, handelt es sich dabei um Staub aus Afrika und Abgase aus Europa sowie um vom Seeverkehr herrüh-

rende. Man darf annehmen, daß diese Verschmutzung mehr oder weniger linear zunimmt. Das Kraftwerk auf Malta wird allerdings gegenwärtig von Öl- auf Kohlebetrieb umgestellt. Welche Folgen das auf die Luftverschmutzung hat, bleibt abzuwarten.

Auslegung eines Solarsystems

Bei der Auslegung eines Kollektorsystems dürfen die folgenden Aspekte nicht außer acht gelassen werden:

1. kann von einer durchschnittlichen Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche von 2,5 kWh/m²Tag im Winter

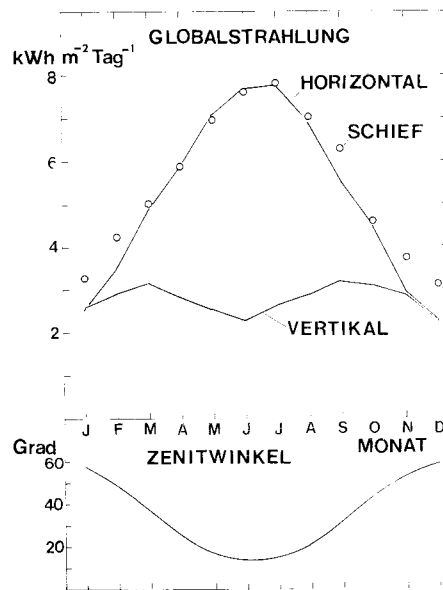


Bild 5. Sonneneinstrahlung auf eine horizontale, eine vertikale und eine geneigte Fläche. Die auf die vertikale und die geneigte Fläche bezogenen Werte sind unter der Annahme berechnet worden, daß die diffuse Strahlung isotrop und die Globalstrahlung zu jeder Zeit die Summe aus der direkten und der diffusen Strahlung darstellt. Bodenreflexionen wurden vernachlässigt. Die Zenitwinkel im unteren Bildteil entsprechen jeweils dem 15. jedes Monats.

und von 8 kWh/m²Tag im Sommer ausgegangen werden.

2. Die Differenz zwischen Außen- und Innentemperaturen übersteigt 10 Grad normalerweise nicht.
3. Qualifizierte heimische Arbeitskräfte sind teuer. Teile des Systems sollten deshalb vorfabriziert werden, so daß der Zusammenbau vor Ort einfach wird.
4. Holz und Metall zur Stützung der Kollektoren müßten vorwiegend importiert werden und würden somit teuer.
5. Alle Häuser haben horizontale Flachdächer (Bild 7).
6. Gelegentliche Wasserknappheit hat dazu geführt, daß die Bürger Wasserbehälter auf ihren Hausdächern aufgestellt haben. Diese sind normalerweise aus Asbestzement oder Kunststoff und fassen für einen Haushalt 1 m³. Zwar gibt es in den Häusern einige Wasserhähne, die direkt über das lokale Leitungsnetz gespeist werden, überwiegend wird das Wasser aber – auch für elektrische Boiler – aus den Dachtanks bezogen. Das erleichtert die später beschriebene Wasservorwärmung.
7. Mit Ausfällen des Netzstromes ist, besonders in einigen Teilen der Insel, zu rechnen. Das System muß deshalb selbsttätig (Thermosyphon) funktionieren, um damit selbst im heißesten Sommer drei Tage lang über die Runden kommen zu können.
8. Frost tritt nicht auf.
9. Die Kosten für das ursprüngliche System müssen niedrig und seine Installation einfach sein; Erweiterungsmöglichkeiten sind vorzusehen.
10. Die Beheizung von Schul- und Büroräumen muß in den frühen Morgenstunden beginnen.
11. Wohnraumheizung, Wassererwärmung und Heißwasser sind in den späten Nachmittagsstunden besonders gefragt.
12. Die Luft ist sehr staubhaltig, wobei es sich vorwiegend um Sandpartikel aus den afrikanischen Wüsten handelt.

13. Starke und wechselnde Winde aus allen Richtungen sind einzukalkulieren.

Den hier geschilderten Verhältnissen könnten zwei Systeme entsprechen, ein luft- und ein wassergekühltes.

Luftgekühlter Kollektor

Für die Raumheizung in Schulen und Bürogebäuden sollte man sich eines einfachen, leichten und vertikal zu befestigenden Luftkollektors bedienen, wie er im Bild 8 angedeutet ist. Mit einer Höhe von etwa 1 m und einer Länge von 2 m könnte er unterhalb der Fenster an der Wand befestigt werden. An fensterlosen Wänden ließen sich größere Kollektoren anbringen. So ein Kollektor sollte als Bausatz verfügbar sein, der eine einfache Montage erlaubt. Angebracht an Wänden, die von Ost nach Süd verlaufen, könnten solche mit geringer Trägheit behaftete Kollektoren schon in den frühen Morgenstunden Warmluft liefern.

Luftgekühlte Kollektoren werden im Sommer auch zur Ventilation benutzt. Gerade auf Malta sollten dazu keine Fenster geöffnet werden müssen. Die Räume würden sich sonst sehr schnell mit warmer Luft und Staub füllen; bei durchschnittlich 300 Automobilen je Quadratkilometer sollte man zudem bemüht sein, den Straßenlärm auszusperren. Von den Einheimischen kann man lernen, daß das Gebäudeinnere dann ruhig und kühl zu halten ist, wenn die Fenster geschlossen bleiben und die Türen zu den Korridoren hin geöffnet werden. Vorzusehen ist lediglich ein Luftaustritt. Ideal wäre es, die Luft an der Decke abzusaugen. Ein unter einem Fenster angebrachter Kollektor würde sich dazu eignen, einen Raum über ihm zu erwärmen und den darunterliegenden zu kühlen. Aber selbst dann, wenn die Luft, im Winter zum Beispiel, in Fußbodennähe in den Kollektor einströmen würde, ergäbe die Luftbewegung einen erfrischenden Effekt.

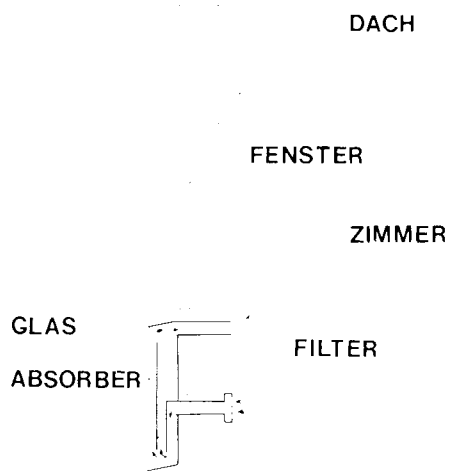


Bild 8. Einfache, vertikal angebrachte Luftkollektoren werden mit einer Glasscheibe oder einer transparenten Kunststoffolie abgedeckt.



Bild 7. Auf den flachen Hausdächern installiert man zweckmäßigerweise waagrecht zu verlegende Kollektoren. Das Bild entstand auf der Nachbarinsel Malta, Gozo.

Wassergekühlter Kollektor

Der vertikal montierte Kollektor nutzt vornehmlich die Morgensonne. Zur Raumheizung und Wassererwärmung ließe sich nahezu die gesamte über den Tag eingespeicherte Energie nutzen. Um diese tagsüber zu sammeln, wird ein Wassersystem (Bild 9) vorgeschlagen. Ein einfacher schwarzer Kunststoffteppich, wie man ihn zur Erwärmung von Schwimmbadwasser einsetzt, wird auf dem flachen Hausdach ausgebreitet. Seine Wasserfüllung und die übliche kleine Mauer am Dachrand böten ausreichend Sicherheit gegen den Angriff des Windes. – Ein weiterer Kollektor im Raum könnte als Radiator dienen. Er ließe sich ebenfalls wie ein Teppich auf dem Boden verlegen. Angebracht an einer Wand, könnte er im Sommer zu Kühlzwecken herangezogen werden.

Da bei der geschilderten Anordnung das Wasser am höchsten Punkt des Hauses erwärmt würde, wäre eine kleine Umwälzpumpe erforderlich. Bei einer Anfangsinstallation könnte diese von Hand betrieben werden. Später könnte man dann eine einfache Pumpenregelung einbauen, die auf Vergleichsmessungen der Raumtemperatur und der Wassertemperatur im Kollektor basiert. Der geringfügig niedrigere Wirkungsgrad von waagrecht verlegten Kollektoren würde durch deren niedrigen Preis wettgemacht. Im Sommer könnte die Überschußwärme zur Vorerwärmung des Wassers im Speichertank dienen. Wiederum könnte anfangs ein handbedientes Ventil ausreichend sein.

Die erwähnte Gebäudekühlung über Radiatoren in den Räumen stellt eine interessante Möglichkeit dar. Eine Pumpe könnte Wasser durch den Wärmetauscher im Speichertank transportieren, das gekühlte Wasser würde in den Raum zurückfließen. Später könnte man an eine Energiespeicherung für drei Tage denken. Zusätzliche Wassertanks ohne großartige Isolierung dürften dem genügen.

Weitere Möglichkeiten würden sich durch Wärmepumpen eröffnen. Bis heute zapfen sie nur die Luft als Wärmequelle an. Seewasser oder einfache Solarsysteme könnten darüber hinaus zu unermeßlichen Energiequellen avancieren.

Zusammenfassung

Die Mittelmeerinsel Malta wurde hier als Beispiel für ein Land in subtropischer Region herangezogen. Ein gewaltiges Sonnenenergieangebot das ganze Jahr über und geringe Temperaturdifferenzen zwischen der Außen- und der Raumluft bieten sich geradezu an für den Einsatz von Solaranlagen. Der größte Ertrag wäre mit wassergekühlten, nicht abgedeckten und horizontal verlegten Kunststoffkollektoren zu erzielen.

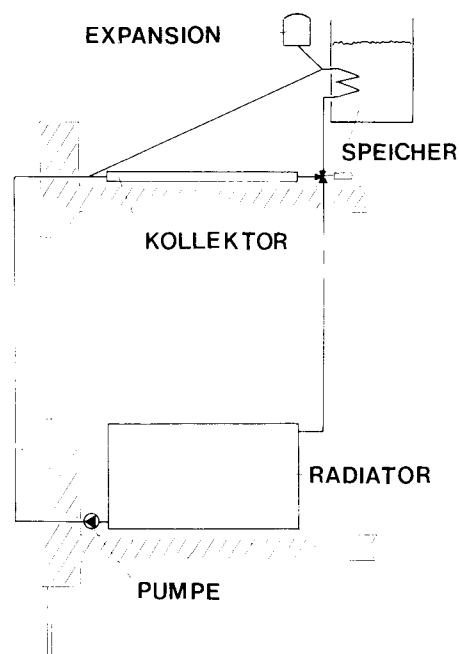


Bild 9. Wassergekühltes System mit einem schwarzen, wassergekühlten Kollektor aus Kunststoff, der auf dem Flachdach verlegt wird.