

SOLARSTROM ODER SOLARE WÄRME

MIT SOLARENERGIE KÜHLEN: KONZEPTE UND TECHNOLOGIEN IM VERGLEICH



Solare Kühlung verbindet man klassischerweise mit Solarthermie. Ist jedoch Photovoltaik die bessere Lösung?

Die solarelektrische Kälteerzeugung mit Kompressionskältemaschinen wird, dank der gesunkenen Preise für Photovoltaik, immer attraktiver. Im Verbundvorhaben EvaSolK analysierten Forscher die Konkurrenzsituation solarthermischer Anlagen für unterschiedliche Gebäude, Klimazonen und Konfigurationen, auch im Vergleich zu konventionellen Kühltechnologien.

Bei der „Evaluierung der Chancen und Grenzen von solarer Kühlung im Vergleich zu Referenztechnologien“ zeigten die Forscher die Perspektiven für unterschiedliche Anwendungsbereiche auf. Kriterien der Bewertung waren der Primärenergiebedarf, die CO₂-Emissionen und die Wirtschaftlichkeit. Als Referenz untersuchten die Forscher Szenarien mit konventionellen Kompressionskältemaschinen.

Beim Vergleich der solarthermischen und photovoltaischen Systeme betrachteten die Wissenschaftler die Gesamtbilanz der Gebäudeversorgung auf Jahresebene, also Heizen, Kühlen und Brauchwassererwärmung. Für ihre Modellrechnungen wählten sie fünf Standorte, die die häufigsten Klimaklassen in Mittel- und Südeuropa repräsentieren. Weitere Rechnungen erfassen sehr sonnenreiche und warme Standorte (Antalya, Türkei und Bechar, Nordafrika). Hier sind konzentrierende Kollektoren und 2-stufige Adsorptionskältemaschinen einsetzbar.

Die Forscher analysierten drei Anwendungs- bzw. Nutzungsarten:

A) Wohngebäude, deren Nutzungsstruktur etwa einem Mehrfamilienhaus mit sechs Wohneinheiten entspricht. Neben der Kühl- und

Heizlast wird auch der Brauchwarmwasserbedarf (BWW) berücksichtigt.

B) Bürogebäude, bei denen sich die Nutzung auf den werktäglichen Arbeitszeitraum konzentriert. Keine Berücksichtigung des Brauchwarmwasserbedarfs. Unterschieden wurde in (B) kleine Gebäude mit zwei Etagen und (B+) größere Gebäude mit acht Etagen und Lüftungssystem.

C) Gebäude mit einer verstärkten Nutzung in den Abendstunden und am Wochenende sowie einem erhöhten Brauchwarmwasserbedarf. Als Modell wird ein Hotel verwendet. Die Rechnungen unterscheiden Gebäude mit zwei Etagen (C) und Gebäude mit acht Etagen und Lüftungssystem (C+).

Im Einzelnen simulierten die Forscher folgende Konfigurationen:

ST – solarthermisch unterstützte Gebäudeversorgung

- Adsorption, Absorption 1-stufig (2-stufig an zwei Standorten),
- Flachkollektor, Vakuumröhrenkollektor (2-stufig: konzentrierender Koll.),
- Backup-Kälteversorgung: Kaltwassersatz; in geeigneten Anwendungen auch solarthermisch autonome Kühlung,
- Wärme-Backup: Gaskessel (nur Heizen, BWW).

Referenz

- Kälteversorgung: elektrisch betriebene Kompressionskältetechnik; je nach Gebäudeart und -größe: Multi-Split-Geräte, Kaltwassersatz,
- Wärmeversorgung: Gaskessel.

Referenz + PV (netzgekoppelt)

- Gebäudeversorgung: wie in Referenz,
- zusätzlich: netzgekoppelter PV-Generator; keine zusätzlichen Komponenten (Speicher),
- PV-Nennleistung: 50% der elektrischen Nennleistungsaufnahme der Kältetechnik.

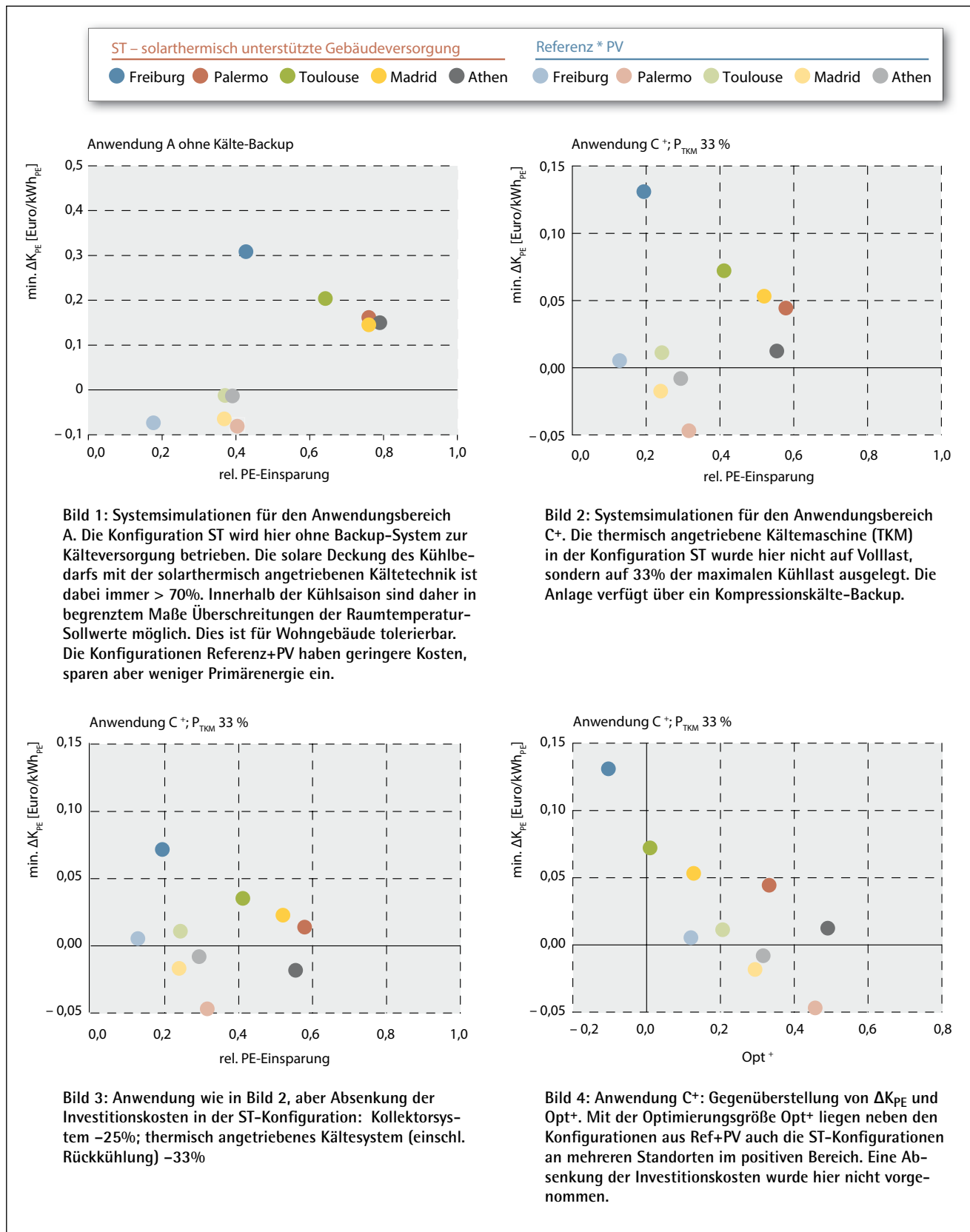
In den Simulationen wurde die Kollektorfeldgröße auf minimale solare Überschüsse optimiert. Die Nennleistungen der PV-Anlagen wurden auf 50% der Nennleistungsaufnahme der elektrischen Kompressionskältetechnik begrenzt, um eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Mehr als 70% des PV-Stroms kann so direkt von der Versorgungstechnik und von

sonstigen Verbrauchern aufgenommen werden. Der überschüssige, ins Netz eingespeiste Strom wurde primärenergetisch und emissionsmäßig berücksichtigt.

Wirtschaftliche Bewertung

Die Bewertungsgrößen wie beispielsweise die relativen Primärenergieeinsparungen ΔPE_{rel} und die Kosten der Primär-

energieeinsparung ΔK_{PE} wurden für einen Betriebszeitraum von 20 Jahren berechnet. Die Bewertungsgrößen sind auf die Referenz bezogen. Beispiel: Eine relative Primärenergieeinsparung von $\Delta PE_{rel} = 0,2$ bedeutet 20% weniger Primärenergieaufwand im Vergleich zur Referenz. ΔK_{PE} gibt an, wie hoch die Kosten der eingesparten kWh Primärenergie in der solaren



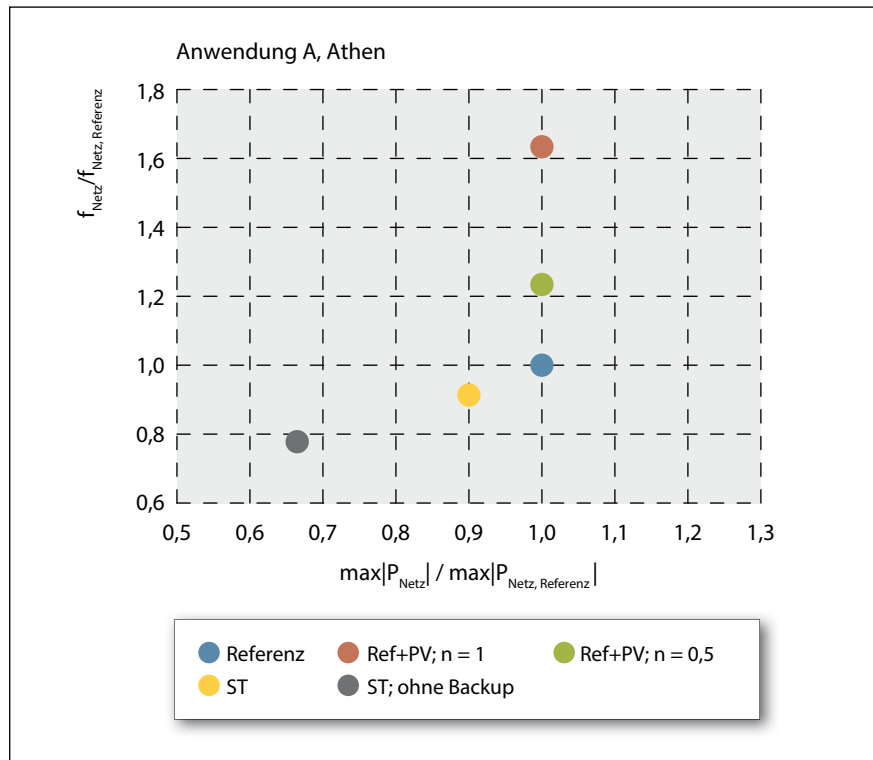
Variante im Vergleich zu den Kosten der Referenz sind (> 0 : noch keine Amortisation innerhalb des Betriebszeitraums; < 0 : die Lebenszykluskosten sind geringer als die der Referenz).

Für kleine Wohngebäude (A) erweist sich die solarthermisch unterstützte Kälteversorgung bei heutigen Kosten als wenig wirtschaftlich. Das Potenzial zur Kostensenkungen ist zudem gering. Dies trifft insbesondere auf weniger einstrahlungsreiche Standorte mit relativ wenigen Kühlbetriebsstunden zu. Allerdings sind die CO_2 -Einsparungen hoch. Wann immer möglich, sollte auf ein Backup-System zur Kälteversorgung verzichtet werden.

Auch bei Bürogebäuden (B) sind die solarthermischen Varianten noch deutlich von der Kostenneutralität entfernt. Das Potenzial zur Primärenergieeinsparung ist erheblich geringer als in Anwendung A. Bemerkbar machen sich hier der geringe Brauchwasserbedarf und die geringe Lastanforderung am Wochenende. Bezogen auf Primärenergieeinsparung und in den spezifischen Kosten der PE-Einsparung, ist hier die Option Ref+PV vorteilhafter.

Wesentlich günstiger ist die Situation bei dem Lastprofil eines Hotels (C). Hier begünstigt ein hoher Brauchwarmwasserbedarf die solarthermischen Varianten. Das Kälte-Backup erlaubt es, die thermisch betriebene Kühlung auf etwa 1/3 der Kühllastspitze auszulegen (Bild 2). Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit deutlich. Da die Spitzenleistung nur selten abgerufen wird, sinkt die Primärenergieeinsparung im Vergleich zu einer thermisch betriebenen Kühleinheit mit Auslegung auf Volllast nur moderat.

Auch hier ist die solarelektrische Variante insgesamt wirtschaftlich attraktiver.



Quelle: Fraunhofer ISE

Bild 5: Netz-Interaktionsindex f_{Netz} , aufgetragen über dem Maximalwert der el. Leistung in/aus dem Netz. Die Werte sind auf die der Referenz normiert. f_{Netz} stellt ein Maß für die Fluktuationen im Stromausgleich (Einspeisung und Bezug) dar: mit steigendem Wert kann von einem höheren „Netz-Stress“ ausgegangen werden. Für die Variante Ref+PV sind zwei Datenpunkte enthalten: für die in der Vergleichsstudie standardmäßige Auslegung des PV-Generators auf 50% der el. Leistungsaufnahme der Kompressionskältemaschine ($n = 0,5$) und für eine 100%-Auslegung ($n = 1$).

Für südeuropäische Standorte reichen die solarthermischen Systeme aber an die Referenz heran. Insbesondere die CO_2 -Einsparungen sind vorteilhaft.

Nimmt man eine mittelfristig realisierbare Kostensenkung von -25% bei dem Solarkollektor und -33% für das Sorptionskältesystem an, so wird die Wirtschaftlichkeit an südeuropäischen Standorten vergleichbar mit den kon-

ventionellen und den photovoltaischen Systemen. Solarthermische Anlagen besitzen aber wiederum das größere Potenzial zur Primärenergieeinsparung.

Zusammenfassend kommen die Forscher zu dem Schluss: Solarthermische Kühlung ist aufgrund der noch hohen Kosten am aussichtsreichsten, wenn ein weiterer Wärmebedarf zu einer gleichmäßig hohen Ausnutzung des Kollektors



Quelle: Kramer GmbH (links) bzw. Gerd Hirn, BINE Informationsdienst (rechts)

Bild 6: Die solarthermische Kühlung steht in Konkurrenz zu Systemen mit konventionell oder solarelektrisch angetriebenen Kompressionskältemaschinen. Links: Absorptionskältemaschine; rechts: Kompressionskältemaschine

führt. Beispiele sind Hotels, Klinikbereiche usw.

Weitere Berechnungen zeigen, dass in Regionen mit sehr hoher Sonneneinstrahlung hocheffiziente 2-stufige Absorptionskältetechnik vergleichbare Kosten gegenüber der Referenz erreicht. Die solarelektrische Variante ist aber geringfügig wirtschaftlicher. Neben einer sorgfältigen Dimensionierung der thermisch angetriebenen Kälteversorgung sind daher mittelfristige Kostensenkungen in den Hauptkomponenten von hoher Bedeutung. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung sind neuere Entwicklungen wie beispielsweise Sorptionskältegeräte im kleinen Leistungsbereich mit integrierten Kreislaufpumpen und eingebautem Luftkühler, die in den Berechnungen noch nicht betrachtet wurden und die infolge eines geringeren Installationsaufwands die Wirtschaftlichkeit erhöhen können.

Umwelteffekt besser bewerten

Die Bewertungsgröße ΔK_{PE} bemisst ausschließlich die Kosten der Primärenergieeinsparung. Die Höhe der tatsächlich erreichten Primärenergieeinsparung geht zwar in die Berechnung ein, ist aber dem berechneten Wert nicht zu entnehmen. Als Kompromiss zwischen reiner wirt-

schaftlicher und reiner umweltbezogener Betrachtung definierten die Forscher eine dimensionslose Größe Opt^+ . Darin summieren sie gleichgewichtet die Kosten- und Primärenergieeinsparung (jeweils normiert auf den Aufwand in der Referenz). Die Beurteilungsgröße kompensiert somit Kostennachteile durch hohe Primärenergieeinsparungen. Vorteilhaft im Vergleich zur Referenz sind Werte > 0 für Opt^+ .

Netzentlastung

Insbesondere in südlichen Klimazonen spielen die Auswirkungen auf das oft schwache Netz eine wichtige Rolle. Die Untersuchungen zeigen, dass solarthermische Verfahren den „Netz-Stress“ verringern, während PV-Anlagen diesen tendenziell erhöhen – trotz hohem Eigenverbrauchsanteil. In der solarthermischen Variante zeigt sich zudem insbesondere in der Konfiguration ohne Kälte-Backup (solarthermisch autonome Kühlung) ein geringerer Maximalwert des Netzaustausches. In Ref+PV wurden keine zusätzlichen Speicher (thermisch oder elektrisch) berücksichtigt. Diese können bei geeigneter Regelung die Netzfluktuationen herabsetzen, bedingen aber spürbar höhere Investitionskosten.

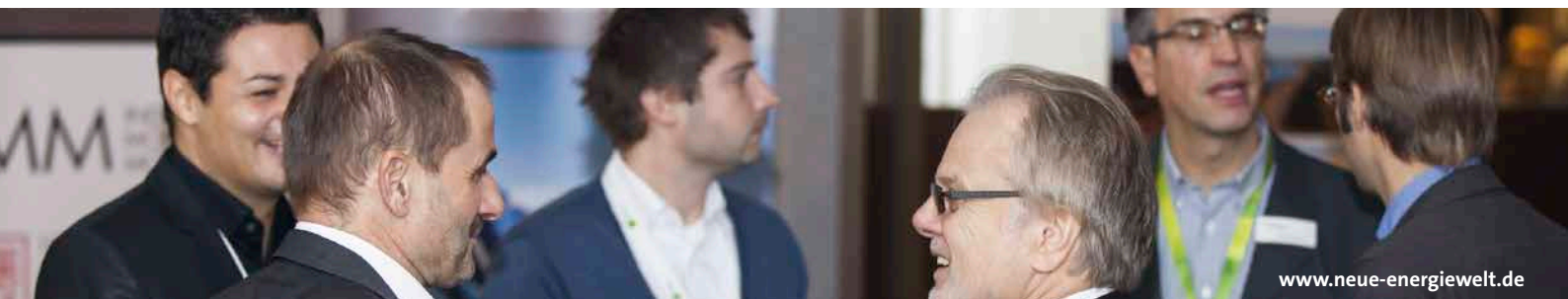
BINE Informationsdienst

Der Beitrag ist ein Auszug des BINE-Themeninfos „Mit solarer Wärme kühlen“ (III/2016). Dieses kann kostenfrei vom BINE Informationsdienst unter www.bine.info in gedruckter oder digitaler Form bezogen werden.

Der BINE Informationsdienst berichtet über Themen der Energieforschung: Neue Materialien, Systeme und Komponenten, innovative Konzepte und Methoden. Im Mittelpunkt stehen die Energieeffizienz und Erneuerbare Energien. BINE ist ein Service von FIZ Karlsruhe, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

ZUM AUTOR:

► *Dipl.-Phys. Edo Wiemken*
Division Thermal Systems and Buildings
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE



www.neue-energiwelt.de

FORUM

SOLARPRAXIS 10./11.11.2016

NEUE ENERGIEWELT

Jetzt informieren und anmelden



Der Energiemarkt verlangt neue Lösungen,
Visionen werden Realität. Dazu braucht es innovative Köpfe
und Netzwerke. Diskutieren Sie mit!

Platinsponsoren

Heraeus



HUAWEI

SUNGROW
Green and Effective

Schlüsselbandsponsor



Kaffeepausensponsor

POSID
TECHNOLOGIES

Kraftsponsor



Goldensponsoren

ADLERSOLAR[®]



ATKearney

DB SCHENKER



DKB
Deutsche Kreditbank AG

e-on



VORWEG GEHEN



solar edge
architects of energy

SOLARPRAXIS
engineering

sunbeam
communications

suncycle
PHOTOVOLTAIK

Silbersponsor

RRC
power solutions

Bronzesponsoren

DZ4

greentec
SERVICES

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar

sunnic

Premium Partner Solarenergie

pV magazine
PHOTOVOLTAIK · MARKET & TECHNOLOGIES