

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	Elektropraktiker (9 / 2011)	Abs
	Schwieriges Duett (Sascha Rentzing)	Sonne im Doppelpack (Sascha Rentzing)	
0	Module, die Strom und Wärme zugleich produzieren, könnten Sonnenstrahlen besser ausnutzen. Doch die Hitze der Thermieabsorber schadet den sensiblen Photovoltaikzellen. Stärken und Schwächen der Solarhybridsysteme.	Mit Modulen, die neben Strom auch Wärme für die Wasserbereitung oder die Heizung liefern, ließe sich knappe Dachfläche effizienter nutzen. Doch das Solarduo harmoniert nur schwer, weil hohe Temperaturen im Wärmekollektor den sensiblen Photovoltaikzellen schaden. Die Hybridtechnik setzt sich daher nur zögerlich durch.	0
		Auf den Dächern droht Gedränge	
1	Auf den Dächern wird es eng. Bis 2020 will die Bundesregierung den Anteil des solar erzeugten Stroms von drei auf zehn Prozent steigern. Parallel sollen Wärmekollektoren möglichst rasch die vielen hustenden Öl- und Gasthermen in deutschen Kellern ersetzen. Aber ist auch genug Platz für all die Solaranlagen vorhanden? Es gäbe eine simple Lösung: Photovoltaik(PV)-Zellen wandeln nur rund 15 Prozent der Sonnenstrahlung in Strom um, der Rest geht als Abwärme verloren. Würde auch diese Energie genutzt, könnte die Effizienz des Solarsystems erheblich gesteigert und viel Fläche gespart werden. Also worauf warten? Einfach Zellen und Kollektor in einen Glaskasten packen – und die große Sonnenernte kann starten.	Bis 2020 will die Bundesregierung den Anteil des solar erzeugten Stroms am deutschen Strombedarf von drei auf zehn Prozent steigern. Gleichzeitig sollen Wärmekollektoren möglichst rasch die vielen hustenden Öl- und Gasthermen in deutschen Kellern ersetzen. Die Frage ist nur, ob genug Platz für die vielen Solaranlagen vorhanden ist? Es gäbe eine simple Lösung: Photovoltaik (PV)-Zellen wandeln nur 15 Prozent der Sonnenstrahlung in Strom um, der Rest geht unnötig als Abwärme verloren. Würde auch diese Energie genutzt, könnten die Effizienz des Solarsystems erheblich gesteigert und viel Fläche gespart werden. Also einfach Zellen und Kollektor in einen Glaskasten packen und die große Sonnenernte kann starten.	1
2	Die Sache ist schwieriger als gedacht. Obwohl schon lange an Photovoltaik-Thermie(PVT)-Modulen geforscht wird, hat sich die Technik bisher nicht auf dem Markt behauptet. Das Problem: Werden PV und Thermie unter einer Glasscheibe vereint, stören sie sich gegenseitig. „Ein Wärmekollektor wird bei möglichst hohen Temperaturen betrieben, Photovoltaikzellen hingegen arbeiten umso besser, je kühler sie sind.“, erklärt der Physiker Michael Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Daher könnten weder die Stromerzeugung noch die Wärmegewinnung optimal betrieben werden.	Ganz so simpel ist die Sache allerdings nicht. Obwohl Wissenschaftler und Ingenieure schon lange an Photovoltaik-Thermie (PVT)-Modulen forschen, hat sich die Technik bisher nicht auf dem Markt behauptet. Das Problem: Werden PV und Thermie unter einer Glasscheibe vereint, stören sie sich gegenseitig. „Ein Wärmekollektor wird bei möglichst hohen Temperaturen betrieben, Photovoltaikzellen hingegen arbeiten umso besser, je kühler sie sind.“, erklärt der Physiker Michael Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Daher könnten weder die Stromerzeugung noch die Wärmegewinnung optimal betrieben werden.	2
3	Besonders die PV-Seite bereitet den Entwicklern Kopfzerbrechen. Die Solarstromerzeugung verringert sich mit zunehmender Temperatur etwa um ein halbes Prozent pro Grad Celsius. Bei 25 Grad Zelltemperatur und einer für Deutschland typischen Einstrahlung von 1000 Watt pro Quadratmeter erreicht ein Standardmodul 200 Watt Leistung. Bei 90 Grad leistet es nur noch 135 Watt, also etwa ein Drittel weniger. In einem einfachen PV-Paneel herrschen solche Temperaturen nur selten im Hochsommer, in einem Wärmekollektor treten	Besonders die PV-Seite bereitet den Entwicklern Kopfzerbrechen. Die Solarstromerzeugung verringert sich mit zunehmender Temperatur etwa um ein halbes Prozent pro Grad Celsius. Bei 25 °C Zelltemperatur und einer für Deutschland typischen Einstrahlung von 1000 W pro Quadratmeter erreicht ein Standardmodul 200 W Leistung. Bei 90 °C leistet es nur noch 135 W, also etwa ein Drittel weniger. In einem einfachen PV-Paneel herrschen solche Temperaturen nur selten im Hochsommer, in einem Wärmekollektor treten sie aber häufig auf.	3

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	Elektropraktiker (9 / 2011)	Abs
	sie aber häufig auf. Sie sind nötig, um das Wasser im Speicher der Solarthermieanlage für das Duschen oder die Heizung zu erwärmen.	Sie sind nötig, um das Wasser im Speicher der Solarthermieanlage für das Duschen oder die Heizung zu erwärmen.	
4	Manchmal wird es im Kollektor sogar noch viel heißer. Im Sommer ist der Speicher oft schon mittags voll. Dann stoppt eine Regelung die Pumpe zwischen Kollektor und Speicher und verhindert, dass zu viel Wärme vom Dach das Wasser im Speicher zum Sieden bringt. „In einem solchen Zustand der Stagnation herrschen im Kollektor bis zu 200 Grad“, sagt der Projektingenieur Alban Heßberger vom unterfränkischen Hybridmodul-Entwickler PA-ID. Bei diesen Temperaturen würden die Zellen nur noch 12,5 Prozent ihrer Nennleistung bringen – in einer für die Solarstromgewinnung normalerweise optimalen Zeit.	Manchmal wird es im Kollektor sogar noch viel heißer. Im Sommer ist der Speicher oft schon mittags voll. Dann stoppt eine Regelung die Pumpe zwischen Kollektor und Speicher und verhindert, dass zu viel Wärme vom Dach das Wasser im Speicher zum Sieden bringt. „In einem solchen Zustand der Stagnation herrschen im Kollektor bis zu 200 °C“, sagt der Projektingenieur Alban Heßberger vom unterfränkischen Hybridmodul-Entwickler PA-ID. Bei diesen Temperaturen würden die Zellen nur noch 12,5 Prozent ihrer Nennleistung bringen – in einer für die Solarstromgewinnung normalerweise optimalen Zeit.	4
	Überschüssige Wärme	Zu heiß für Zellen	
5	Zu dem Hitze- tritt ein Dimensionierungsproblem. Solarstromanlagen sind dank der attraktiven Einspeisevergütung, die das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vorsieht, meist so ausgelegt, dass sie mehr Strom produzieren als der jeweilige Haushalt verbraucht. Das typische deutsche PV-Kraftwerk auf einem Einfamilienhaus leistet fünf Kilowatt (kW) und ist stattliche 50 Quadratmeter groß. Wärmekollektoren benötigen nur ein Drittel dieser Fläche, denn ihre Größe richtet sich nach dem Wärmebedarf. Für eine heizungsunterstützende Solarthermieanlage sind, so die Faustregel, vier Quadratmeter Kollektorfläche pro Person nötig, also 16 Quadratmeter bei einer vierköpfigen Familie. Es wäre kontraproduktiv, das gesamte Dach mit PVT-Platten zu bestücken. „Die Temperatur in den Kollektoren würde wegen der geringen Wärmeabnahme steigen und die Stromproduktion mindern“, sagt Matthias Rommel, Leiter des Instituts für Solartechnik der Schweizer Hochschule für Technik.	Zu dem Hitze- tritt ein Dimensionierungsproblem. Solarstromanlagen sind dank der attraktiven Einspeisevergütung, die das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vorsieht, meist so ausgelegt, dass sie mehr Strom produzieren, als der jeweilige Haushalt verbraucht. Das typische deutsche PV-Kraftwerk auf einem Einfamilienhaus leistet 5 kW und ist stattliche 50 m ² groß. Wärmekollektoren benötigen nur ein Drittel dieser Fläche, denn ihre Größe richtet sich nach dem Wärmebedarf. Für eine heizungsunterstützende Solarthermieanlage sind, so die Faustregel, 4 m ² Kollektorfläche pro Person nötig, also 16 m ² bei einer vierköpfigen Familie. Es wäre kontraproduktiv, das gesamte Dach mit PVT-Platten zu bestücken. „Die Temperatur in den Kollektoren würde wegen der geringen Wärmeabnahme steigen und die Stromproduktion mindern“, sagt Matthias Rommel, Leiter des Instituts für Solartechnik der Schweizer Hochschule für Technik.	5
6	Ist die Hybrididee damit zum Scheitern verurteilt? Rommel glaubt trotz der Schwierigkeiten an eine Zukunft des Solarduos. „Für Kranken- oder Mehrfamilienhäuser könnte die Technik interessant sein“, so seine Einschätzung. Auf den Dächern dieser Gebäude ließen sich Hybridmodule bei niedrigen Temperaturen betreiben, weil stetig heißes Wasser aus dem Speicher gezogen und damit erkaltete Wärmeträgerflüssigkeit in die Strahlungssammler zurückgepumpt werde. So blieben die Zellen kühl und ihre Effizienz hoch.	Ist die Hybrididee damit zum Scheitern verurteilt? Rommel glaubt trotz der Schwierigkeiten an eine Zukunft des Solarduos. „Für Kranken- oder Mehrfamilienhäuser könnte die Technik interessant sein“, so seine Einschätzung. Auf den Dächern dieser Gebäude ließen sich Hybridmodule bei niedrigen Temperaturen betreiben, weil stetig heißes Wasser aus dem Speicher gezogen und erkaltete Wärmeträgerflüssigkeit in die Strahlungssammler zurückgepumpt werde. So blieben die Zellen kühl und ihre Effizienz hoch.	6
7	Die schwedische Firma Absolicon bietet bereits	Die schwedische Firma Absolicon bietet bereits	7

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	Elektropraktiker (9 / 2011)	Abs
	<p>ein Hybridsystem speziell für Wärme-Großabnehmer an. Bei der „Double Solar Technology“ bündelt eine der Sonne nachgeführte, halbkreisförmige Parabolrinne das Licht in zehnfacher Konzentration auf ein Absorberrohr in der Mitte des Kollektors. Das darin zirkulierende Solarfluid überträgt seine Wärme auf Brauch- oder Heizwasser und kühlt danach die Zellen auf der lichtzugewandten Außenseite des Receivers. „Zielgruppen sind Kommunen, die Fernwärme und Strom erzeugen wollen, oder Betriebe wie Hotels mit hohem Warmwasserbedarf“, sagt Firmenchef Joakim Byström. 25 PVT-Anlagen habe Absolicon bereits weltweit installiert, die letzte und mit 200 Quadratmeter bisher größte unterstützt das biomassebefeuerte Fernwärmesystem der schwedischen Stadt Härnösand. Im Sommer steuert das System bei einer thermischen Leistung von 100 kW fünf Prozent der Wärmeleistung bei und erzeugt mit 20 kW Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird.</p>	<p>ein Hybridsystem speziell für Wärme-Großabnehmer an. Bei der „Double Solar Technology“ bündelt eine der Sonne nachgeführte, halbkreisförmige Parabolrinne das Licht in zehnfacher Konzentration auf ein Absorberrohr in der Mitte des Kollektors. Das darin zirkulierende Solarfluid überträgt seine Wärme auf Brauch- oder Heizwasser und kühlt danach die Zellen auf der lichtzugewandten Außenseite des Receivers. „Zielgruppen sind Kommunen, die Fernwärme und Strom erzeugen wollen, oder Betriebe wie Hotels mit hohem Warmwasserbedarf“, sagt Firmenchef Joakim Byström. 25 PVT-Anlagen habe Absolicon bereits weltweit installiert, die letzte und mit 200 m² bisher größte unterstützt das biomassebefeuerte Fernwärmesystem der schwedischen Stadt Härnösand. Im Sommer steuert das System bei einer thermischen Leistung von 100 kW fünf Prozent der Wärmeleistung bei und erzeugt 20 kW elektrische Leistung, die ins öffentliche Netz eingespeist wird.</p>	
8	<p>Damit ist Absolicons Parabolrinne allerdings noch ein gutes Stück entfernt vom idealtypischen Hybridsystem, in dem die beiden Solarteile genauso gut laufen wie zwei getrennte Systeme. Die PV spielt im Konzept der Schweden nur eine Nebenrolle und erreicht mit 100 Watt pro Quadratmeter Modulfläche weniger Leistung als ein normales Standard-PV-Modul, das auf gleicher Fläche auf 125 Watt kommt. Außerdem passt die Parabolrinne nur schwer auf geneigte Hausdächer und hilft somit kaum beim Flächensparen.</p>	<p>Damit ist Absolicons Parabolrinne allerdings noch ein Stück weit weg vom idealtypischen Hybridsystem, in dem die beiden Solarteile genauso gut laufen wie zwei getrennte Systeme. Die PV spielt im Konzept der Schweden nur eine Nebenrolle und erreicht mit 100 W pro Quadratmeter Modulfläche weniger Leistung als ein normales Standard-PV-Modul, das auf gleicher Fläche auf 125 W kommt. Außerdem passt die Parabolrinne nur schwer auf Häuser und hilft somit nicht beim Flächensparen.</p>	8
	<p>Keine richtigen Hybriden</p>	<p>Keine richtigen Hybriden</p>	
9	<p>Der sächsische Anbieter Solarhybrid hingegen hat ein Kombimodul speziell für den Einsatz auf Dächern konzipiert. Es ist aufgebaut wie ein herkömmlicher Wärmekollektor und nutzt zur Warmwasserproduktion den natürlichen Treibhauseffekt der Luftkammer zwischen Frontglas und Absorberfläche. Allerdings können die hohen Temperaturen im Glaskasten leicht die Zellen stören, die in gewissen Abständen in Dreier- oder Viererreihen an das Glasinnere laminiert sind. Überhitzungsgefahr besteht besonders dann, wenn zu wenig Wärme abgenommen wird. „Wir legen die Speichergröße deshalb exakt nach dem Tageswärmebedarf eines Haushalts aus“, sagt Solarhybrid-Technikchef Peter Tyrra. Ist der Speicher abends dennoch voll, muss zur Entspannung des Systems Energie weichen: In der Nacht überträgt ein Wärmetauscher einen Teil der gespeicherten</p>	<p>Der sächsische Solaranbieter Solarhybrid hingegen hat ein Kombimodul speziell für den Einsatz auf Dächern konzipiert. Es ist aufgebaut wie ein herkömmlicher Wärmekollektor und nutzt zur Warmwasserproduktion den natürlichen Treibhauseffekt der Luftkammer zwischen Frontglas und Absorberfläche. Allerdings können die hohen Temperaturen im Glaskasten leicht die Zellen stören, die in gewissen Abständen in Dreier- oder Viererreihen an das Glasinnere laminiert sind. Überhitzungsgefahr besteht besonders dann, wenn zu wenig Wärme abgenommen wird. „Wir legen die Speichergröße deshalb exakt nach dem Tageswärmebedarf eines Haushalts aus“, sagt Solarhybrid-Technikchef Peter Tyrra. Ist der Speicher abends dennoch voll, muss zur Entspannung des Systems Energie weichen: In der Nacht überträgt ein Wärmetauscher einen</p>	9

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	Elektropraktiker (9 / 2011)	Abs
	Wärme an das Solarfluid, das aufs Dach gepumpt und dabei durch die Außenluft abgekühlt wird. „So schaffen wir Platz für den nächsten Tag.“	Teil der gespeicherten Wärme an ein Solarfluid, das aufs Dach gepumpt und dabei abgekühlt wird. „So schaffen wir Platz für den nächsten Tag.“	
10	Allerdings bringt diese Art der PV-Kühlung Nachteile mit sich: Einerseits verbraucht das zusätzliche Pumpen mehr Strom , andererseits wird Energie ungenutzt in die Nacht geblasen . Und das alles für einen relativ kleinen PV-Teil. Solarhybrids leistungsstärkstes Kombimodul mit 2,51 Quadratmetern Größe erreicht gerade einmal 193 Watt, also rund 77 Watt pro Quadratmeter – gut ein Drittel weniger als ein normales PV-Modul. Interessenten müssen daher genau rechnen, ob sich die neue Technik für sie lohnt: Denn anders als reine Kollektoranlagen erhalten Hybridmodule trotz ihres Thermieteils keine Förderung über das Marktanreizprogramm des Bundes. Die Einspeisevergütung für Solarstrom nach dem EEG muss also reichen, um die Systemkosten und die fehlenden Zuschüsse zu kompensieren.	Allerdings bringt diese Art der PV-Kühlung Nachteile mit sich: Einerseits verbraucht das zusätzliche Pumpen Energie , andererseits wird Energie ungenutzt in die Nacht entlassen . Und das alles für einen relativ kleinen PV-Teil. Solarhybrids leistungsstärkstes Kombimodul mit 2,51 m ² Größe erreicht gerade einmal 193 W, also rund 77 W pro Quadratmeter – gut ein Drittel weniger als ein normales PV-Modul. Interessenten müssen daher genau rechnen, ob sich die neue Technik für sie lohnt: Anders als reine Kollektoranlagen erhalten Hybridmodule trotz ihres Thermieteils keine Förderung über das Marktanreizprogramm des Bundes. Die Einspeisevergütung für Solarstrom nach dem EEG muss also reichen, um die Systemkosten und die fehlenden Zuschüsse zu kompensieren.	10
11	Andere Anbieter von Hybridkollektoren wie PA-ID, AnafSolar aus dem italienischen Pavia oder das Solarzentrum Allgäu konzentrieren sich daher auf die Optimierung der Stromgewinnung . „Es geht um die Steigerung des elektrischen Gewinns“, sagt PA-ID-Ingenieur Heßberger. Die dem Licht zugewandte Front des von seinem Unternehmen produzierten Hybridmoduls 2Power ist komplett mit kristallinen Siliziumzellen bedeckt. Die Rückseite des Sonnenfängers funktioniert als Wärmetauscher, durch den ein Kühlmedium strömt, das die Wärme der Zellen aufnimmt und an das Brauchwasser in einem Speicher abgibt. Zusätzlich verzichtet PA-ID auf die für Thermiekollektoren typische Luftkammer, um weniger Hitze zuzulassen. „Die Temperatur im Modul steigt daher kaum über 60 Grad“, erklärt Heßberger. Durch die Kühlung bleibe der Wirkungsgrad der Zellen stabil und der Stromertrag steige bei einer Anwendung zur Brauchwassererwärmung um mindestens drei Prozent.	Andere Hybridanbieter wie PA-ID, Anaf Solar aus dem italienischen Pavia oder das Solarzentrum Allgäu konzentrieren sich daher auf die Optimierung des PV-Teils . „Es geht um die Steigerung des elektrischen Gewinns“, sagt PA-ID-Ingenieur Heßberger. Bei dem Modul seines Unternehmens ist die lichtzugewandte Front komplett mit kristallinen Siliziumzellen bedeckt. Die Rückseite funktioniert wie ein Wärmetauscher, durch den ein Kühlmedium strömt, das die Wärme der Zellen aufnimmt und an das Wasser in einem Speicher abgibt. Außerdem verzichtet PA-ID auf die für Thermiekollektoren typische Luftkammer, um weniger Hitze zuzulassen. „Die Temperatur im Modul steigt daher kaum über 60 °C“, erklärt Heßberger. Durch die Kühlung bleibe der Wirkungsgrad der Zellen stabil und der Stromertrag steige um mindestens drei Prozent.	11
12	Doch auch PA-ID steckt im Hybrid-Dilemma: Es optimiert die eine Seite und muss dafür auf der anderen auf Leistung verzichten. Mit 330 Watt pro Quadratmeter erreicht das Kombimodul nur etwa zwei Drittel der Wärmeleistung eines üblichen Thermiekollektors. Zudem werden wegen der Kühlung der Solarstromzellen nur geringe Temperaturen von 40 bis 50 Grad zur Wassererwärmung erzeugt.	Doch auch PA-ID steckt im Hybrid-Dilemma: Es optimiert die eine Seite und muss dafür auf der anderen auf Leistung verzichten. Mit 330 W pro Quadratmeter erreicht sein Kombimodul nur etwa zwei Drittel der Wärmeleistung eines üblichen Thermiekollektors. Außerdem werden wegen der Kühlung nur geringe Temperaturen von 35 bis 40 °C zur Wassererwärmung erzeugt.	12
13	Wer höhere Temperaturen vom Dach holen will,	Wer höhere Temperaturen vom Dach holen will,	13

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	Elektropraktiker (9 / 2011)	Abs
	<p>muss das PVT-Modul mit einer zusätzlichen Wärmepumpe mit Erdsonde verbinden. Sie funktioniert umgekehrt wie ein Kühlschranks: Ein Kühlmedium wird unter Druck verdampft und dann wieder verflüssigt. Dabei wird die freiwerdende Wärme an einen separaten Wasserkreislauf abgegeben. „Dadurch kann aus wenigen Grad im Hybridkreislauf 60 Grad im Heizkreislauf generiert werden“, sagt Heßberger. Theoretisch ließe sich mit einer Wärmepumpe auch die Stromausbeute verbessern. Ein konventionelles Wärmepumpensystem mit Erdsonde arbeitet in der Regel bei geringen Plusgraden. Entsprechend kalt ist das Solarfluid im Hybridmodul, was für eine gute Kühlung des PV-Teils sorgt. „Die Stromerträge erhöhen sich so um 15 Prozent“, erklärt Heßberger.</p>	<p>muss das PVT-Modul mit einer zusätzlichen Wärmepumpe mit Erdsonde verbinden. Sie funktioniert umgekehrt wie ein Kühlschranks: Ein Kühlmedium wird unter Druck verdampft und dann wieder verflüssigt. Dabei wird die freiwerdende Wärme an einen separaten Wasserkreislauf abgegeben. „Dadurch kann aus 40 °C im Hybridkreislauf 60 °C im Heizkreislauf generiert werden“, sagt Heßberger. Theoretisch ließe sich mit einer Wärmepumpe auch die Stromausbeute verbessern. Ein konventionelles Wärmepumpensystem mit Erdsonde arbeitet auf niedrigem Temperaturniveau zwischen -5 und 10 °C. Entsprechend kalt ist das Solarfluid im Hybridmodul, was für eine gute Kühlung des PV-Teils sorgt. „Die Stromerträge erhöhen sich so um 15 Prozent“, erklärt Heßberger.</p>	
		<p>Schließlich bieten solche Dreifachhybridlösungen sogar die Möglichkeit, die Sonnenwärme des Sommers zwischenzulagern und im Winter zum Heizen bereitzustellen.</p>	14
14	<p>Aber abgesehen vom Platzbedarf und den umfangreichen Bauarbeiten, die für Dreifachhybridlösungen nötig wären – Sonden und Speicher müssen in der Erde untergebracht werden – verkompliziert die Wärmepumpe die ohnehin schon recht komplexe Hybridtechnik zusätzlich. Und sie treibt den Preis: Die Wärmepumpe, der dafür notwendige Strom sowie die Regelung sind nicht zum Nulltarif zu haben</p>	<p>Doch abgesehen vom Platzbedarf und den umfangreichen Bauarbeiten, die dafür nötig sind – Sonden und Speicher müssen in der Erde untergebracht werden – verkompliziert die Wärmepumpe die ohnehin schon recht komplexe Hybridtechnik zusätzlich. Und sie treibt den Preis: Die Wärmepumpe, der dafür notwendige Strom sowie die Regelung sind nicht zum Nulltarif zu haben.</p>	