

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	ÖKO-Test (8 / 2011)	Abs
	<b>Schwieriges Duett</b> (Sascha Rentzing)	<b>Sonne im Doppelpack?</b> (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 noch nicht optimal. Die sogenannte Hybridtechnik setzt sich daher nur zögerlich durch.	0
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?	Auf deutschen Dächern droht Gedränge. 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 veralteten Öl- und Gasheizungen in deutschen Kellern ersetzen. Die Frage ist nur, ob genug Platz für so viele Solaranlagen vorhanden ist?	1
	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.	Es gäbe eine simple Lösung: Photovoltaik-(PV)-Zellen wandeln nur etwa 15 Prozent der Sonnenstrahlung in Strom um, der Rest geht unnötig als Abwärme verloren. Würde die gesamte Energie der Sonne parallel 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.	Also einfach Zellen und Kollektor in einen Glaskasten packen und die große Sonnenernte kann starten?	
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.	Ganz so simpel ist die Sache allerdings nicht. Obwohl Wissenschaftler und Ingenieure schon lange an kombinierten Photovoltaik-Thermie-Modulen forschen, hat sich die Technik bisher nicht auf dem Markt durchgesetzt.	2
	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.	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.	
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 Zellentemperatur 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	Besonders der Photovoltaikteil des Duos bereitet den Entwicklern Kopfzerbrechen. Die Solarstromerzeugung verringert sich mit zunehmender Temperatur etwa um ein halbes Prozent pro Grad Celsius. Bei 25 Grad Zellentemperatur und einer für Deutschland möglichen durchschnittlichen Einstrahlung von 1.000 Watt pro Quadratmeter erreicht ein Standardmodul 200 Watt Leistung. Bei 90 Grad leistet es nur noch 135 Watt, also etwa ein Drittel weniger. Solch hohe Temperaturen	3

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	ÖKO-Test (8 / 2011)	Abs
	Hochsommer, in einem Wärmekollektor treten sie aber häufig auf.	herrschen in einem einfachen PV-Paneel nur selten im Hochsommer, in einem Wärmekollektor treten sie aber häufig auf.	
	Sie sind nötig, um das Wasser im Speicher der Solarthermieanlage für das Duschen oder die Heizung zu erwärmen.	Schließlich soll das Wasser im Speicher der Solarthermieanlage warm genug für das Duschen oder die Heizung sein.	
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.	Manchmal wird es in Kollektoren sogar noch viel heißer. Im Sommer hat der Warmwasserspeicher häufig bereits mittags seine Höchsttemperatur erreicht. Die Folge: Der Flüssigkeitskreislauf zwischen Speicher und Kollektor wird gestoppt, damit das Übermaß an Wärme vom Dach das Wasser im Speicher nicht zum Sieden bringt.	4
	„In einem solchen Zustand der Stagnation herrschen im Kollektor bis zu 200 Grad“, sagt der Projektingenieur Alban Heißberger 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.	„In einem solchen Zustand der Stagnation herrschen im Kollektor bis zu 200 Grad“, sagt der Projektingenieur Alban Heißberger vom unterfränkischen Hybridmodulentwickler PA-ID. Bei diesen Temperaturen würden Photovoltaikzellen nur noch 12,5 Prozent ihrer Nennleistung bringen – und das zu einer für die Sonnenstromgewinnung optimalen Zeit.	5
	Überschüssige Wärme	Zu heiß für die 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 Hitzeproblem kommt die Platzfrage. Sonnenstromanlagen sind dank der attraktiven Einspeisevergütung meist so ausgelegt, dass sie mehr Strom produzieren, als der jeweilige Haushalt verbraucht. Eine typische Photovoltaikanlage auf einem deutschen Einfamilienhaus leistet fünf Kilowatt (kW) und hat eine stattliche Fläche von etwa 50 Quadratmetern. Wärmekollektoren benötigen dagegen nur ein Drittel dieser Fläche, denn ihre Größe richtet sich nach dem Wärmebedarf des Haushalts. So braucht eine Solarthermieanlage zur Heizungsunterstützung etwa vier Quadratmeter Kollektorfläche pro Person, bei einem Vier-Personen-Haushalt also 16 Quadratmeter. In dieser Konstellation wäre es 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.	6
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	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	7

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	ÖKO-Test (8 / 2011)	Abs
	Wasser <b>aus dem Speicher gezogen</b> und damit erkaltete <b>Wärmeträgerflüssigkeit</b> in die Strahlungssammler zurückgepumpt werde. <b>So blieben die Zellen kühl und ihre Effizienz hoch.</b>	Wasser <b>benötigt wird</b> und damit die durch die Kollektoren zirkulierende <b>Wärmeträgerflüssigkeit</b> relativ kalt ist. <b>So blieben die Zellen kühl und ihre Effizienz hoch.</b>	
7	Die schwedische Firma Absolicon bietet bereits 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 <b>Absorberrohr</b> in der Mitte des Kollektors. Das darin zirkulierende <b>Solarfluid</b> überträgt seine Wärme auf Brauch- oder Heizwasser und kühlt danach die Zellen auf der lichtzugewandten Außenseite des <b>Receivers</b> . „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 <b>thermischen</b> Leistung von 100 kW fünf Prozent der Wärmeleistung bei und erzeugt mit 20 kW Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird.	Ein solches Hybridsystem speziell für Wärmegroßabnehmer bietet die schwedische Firma Absolicon an. Bei der „Double Solar Technology“ bündelt eine der Sonne nachgeführte, halbkreisförmige Parabolrinne das Licht in zehnfacher Konzentration auf ein <b>wärmeabsorbierendes</b> Rohr in der Mitte des Kollektors. Die darin zirkulierende <b>Solarflüssigkeit</b> überträgt ihre Wärme auf das Brauch- oder Heizwasser und kühlt danach die Solarstromzellen auf der lichtzugewandten Außenseite des <b>Absorberrohres</b> . „Die Zielgruppe sind Kommunen, die Fernwärme und Strom erzeugen wollen, oder Betriebe wie Hotels mit hohem Warmwasserbedarf“, sagt Firmenchef Joakim Byström. 25 Anlagen hat Absolicon nach eigener Aussage bereits weltweit installiert, die letzte und mit 200 Quadratmetern bisher größte unterstützt das Bio-Massebefeuerte Fernwärmesystem der schwedischen Stadt Härnösand. Im Sommer steuert das System bei einer <b>Wärme</b> leistung von 100 kW immerhin fünf Prozent der Wärmeleistung bei und erzeugt 20 Kilowatt Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird.	8
8	Damit ist <b>Absolicons</b> Parabolrinne allerdings noch ein gutes Stück entfernt vom idealtypischen Hybridsystem, in dem die beiden Solarteile genauso gut <b>laufen</b> 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 <b>kommt</b> . <b>Außerdem</b> passt die Parabolrinne nur schwer auf geneigte Hausdächer und hilft somit <b>kaum</b> beim Flächensparen.	Trotz dieser Daten ist <b>die schwedische</b> Parabolrinne damit noch ein gutes Stück entfernt von einem idealtypischen Hybridsystem, in dem beide Solarteile genauso gut <b>funktionieren</b> wie zwei getrennte Systeme. Die Photovoltaik 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 125 Watt <b>produziert</b> . <b>Zudem</b> passt die Parabolrinne nur schwer auf geneigte Hausdächer und hilft somit <b>nicht</b> beim Flächensparen.	9
	<b>Keine richtigen Hybriden</b>		
9	Der sächsische Anbieter Solarhybrid hingegen hat ein Kombimodul speziell für den Einsatz auf Dächern konzipiert. <b>Es ist aufgebaut</b> wie ein herkömmlicher Wärmekollektor und nutzt zur Warmwasserproduktion den <b>natürlichen</b> 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	Der sächsische Solaranbieter Solarhybrid hingegen hat ein Kombimodul speziell für den Einsatz auf Dächern konzipiert. <b>Aufgebaut ist es</b> wie ein herkömmlicher Wärmekollektor und nutzt zur Warmwasserproduktion den Treibhauseffekt in der Luftkammer zwischen Frontglas und Absorber. Allerdings können die hohen Temperaturen im Glaskasten leicht die Zellen stören, die in Dreier- oder Viererreihen innen an die Abdeckscheibe laminiert sind. <b>Akute</b> Überhitzungsgefahr besteht besonders	10

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	ÖKO-Test (8 / 2011)	Abs
	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,	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, etwa weil keiner geduscht hat oder die Bewohner im Urlaub sind,	
	muss zur Entspannung des Systems Energie weichen:	muss die zuvor gesammelte Energie wieder aus dem System entfernt werden:	
	In der Nacht überträgt ein Wärmetauscher einen Teil der gespeicherten Wärme an das Solarfluid, das aufs Dach gepumpt und dabei durch die Außenluft abgekühlt wird. „So schaffen wir Platz für den nächsten Tag.“	Dazu überträgt in der Nacht ein Wärmetauscher einen Teil der gespeicherten Wärme an die Solarflüssigkeit, die durch die Kollektoren gepumpt und dabei durch die Außenluft abgekühlt wird. „So schaffen wir Platz für den nächsten Tag“.	
		<b>Hybrides Dilemma</b>	
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 Photovoltaikkühlung auch Nachteile mit sich: Einerseits verbraucht das nächtliche Pumpen zusätzlichen Strom, andererseits wird Energie ungenutzt in die Nacht abgegeben. Und das alles für einen relativ kleinen Anteil an erzeugtem Sonnenstrom. Das leistungsstärkste Kombimodul des Herstellers erreicht gerade mal 77 Watt pro Quadratmeter – gut ein Drittel weniger als ein normales Photovoltaikmodul. Interessenten müssen daher genau rechnen, ob sich die neue Technik für sie lohnt. Anders als reine Kollektoranlagen erhalten Hybridmodule zudem keine Förderung über das Marktanreizprogramm des Bundes. Die Einspeisevergütung für Solarstrom muss also reichen, um die Systemkosten und die fehlenden Zuschüsse zu kompensieren.	11
11	Andere Anbieter von Hybridkollektoren wie PA-ID, Anafosolar 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	Andere Anbieter von Hybridkollektoren wie PA-ID, Anafosolar 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 Wasser 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	12

Abs	Neue Energie (8 / 2011)	ÖKO-Test (8 / 2011)	Abs
	Stromertrag steige bei einer Anwendung zur Brauchwassererwärmung um mindestens drei Prozent.	Stromertrag steige bei einer Anwendung zur Brauchwassererwärmung um mindestens drei Prozent.	
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 Hybriddilemma: 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.	13
13	Wer höhere Temperaturen vom Dach holen will, muss das PVT-Modul mit einer zusätzlichen Wärmepumpe mit Erdsonde verbinden. Sie funktioniert umgekehrt wie ein Kühlschrank: Ein Kühlmedium wird unter Druck verdampft und dann wieder verflüssigt. Dabei wird die freiwerdende Wärme an einen separaten Wasserkreislauf abgegeben.	Wer höhere Temperaturen benötigt, müsste das Modul mit einer zusätzlichen Wärmepumpe mit Erdsonde verbinden.	14
	„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.	„Dadurch können aus wenigen Grad im Kollektorkreislauf 60 Grad im Heizkreislauf werden“, sagt Heßberger. Theoretisch ließe sich mit einer Wärmepumpe auch die Stromausbeute verbessern. Denn ein Wärmepumpensystem mit Erdsonde arbeitet auf einem Temperaturniveau von höchstens zehn Grad. Entsprechend kalt ist die Solarflüssigkeit im Hybridmodul, was für eine gute Kühlung der Solarzellen sorgt. „Die Stromerträge erhöhen sich so um 15 Prozent“, erklärt Heßberger.	
		Solche Dreifachhybridlösungen mit Wärmepumpe böten laut Hersteller sogar die Möglichkeit, die Sonnenwärme des Sommers im Erdreich zwischenzulagern und im Winter zum Heizen zu nutzen.	15
14	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	Doch abgesehen vom Platzbedarf und den umfangreichen Bohrarbeiten, die dafür nötig sind – Sonden und Speicher müssen in der Erde untergebracht werden – macht eine zusätzliche Wärmepumpe die ohnehin komplexe Hybridtechnik noch komplizierter. Und sie treibt den Preis: Die Wärmepumpe, der dafür notwendige Strom sowie die Regelung sind nicht zum Nulltarif zu haben.	