

Zur Diskussion gestellt:

Mit Spiegeln mehr Sonnenenergie auf Kollektoren lenken

Die Idee, mit Hilfe von Spiegeln mehr Solarenergie auf Sonnenkollektoren zu lenken, um dadurch deren Wirkungsgrad zu erhöhen, ist gewiß nicht neu. Verwirklicht werden sein dürfte sie indes kaum, zumindest nicht auf Hausdächern. Dr.-Ing. Friedhelm Melzner, Mitarbeiter am Institut für Extraterrestrische Physik des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik in Garching bei München, hat die Frage der besseren Energieausbeute durch Anbringen von Spiegeln in Verbindung mit Kollektoren gründlich untersucht und stellt seine Erkenntnisse hier zur Diskussion. Ihm ist klar, daß frei auf dem Dach plazierte Spiegel, wie er sie für seine Berechnungen angenommen hat, nicht genehmigt werden würden. Er denkt deshalb an lange, schmale Kollektorelemente, die Absorber und Spiegel unter einer Glasabdeckung vereinigen.

Die ganzjährige Solarheizung könnte sich bisher bei uns kaum durchsetzen, unter anderem deshalb nicht, weil der Wirkungsgrad der üblichen Kollektoren gerade im Winter sehr schlecht ist. Zum Ausgleich müßte man größere Flächen mit Kollektoren belegen. Dies ist jedoch wegen der Kosten und der begrenzten Dachflächen nicht möglich. Im Sommer kann dagegen die Energie von großflächigen Anlagen nicht genutzt werden; es ist möglicherweise schwierig, die Wärme abzuführen.

Man sagt, konzentrierende Kollektoren müssen der Sonne nachgeführt werden. Dies ist jedoch nur dann richtig, wenn die Strahlung sehr stark konzentriert werden soll und große Winkelbereiche erfaßt werden müssen. Bei nach Süden ausgerichteten und sich in Ost-West-Richtung erstreckenden Kollektoren und Flachspiegeln ist nur die in die Südrichtung projizierte Sonnenelevation δ_S

$$\delta_S = \arctan(\tan \delta / \cos \sigma)$$

für die Konzentration maßgebend. Dabei ist δ die Sonnenelevation und σ der Azimuth der Sonnenrichtung. Die Elevation δ_S ändert sich, wenn man die Morgen- und Abendstunden im Sommer ausschließt, in München (48 Grad n.B.) nur zwischen 17 und 70 Grad. Da nur im Winterhalbjahr konzentriert werden muß und im Sommer ein Teil der Energie in den Weltraum reflektiert werden soll, wird der erforderliche Winkelbereich erheblich kleiner. Geeignete Spiegelanordnungen brauchen dann nicht nachgeführt zu werden.

Die Überlegungen begannen bei dem Plan, ein um 27 Grad nach Süden geneigtes Dach mit Kollektoren zu belegen (Bild 1). Die auf den Kollektor auftreffende Intensität S_A im Verhältnis zur Strahlungsintensität S ist im Bild 2 aufgetragen. Sie ist leider im Winter um

30 % kleiner als im Sommer. Bei einer Lichtintensität S von 800 W/m^2 , 50°C Absorbertemperatur und -10°C Außentemperatur wird mit einem Zweischeidenkollektor ein Wirkungsgrad von 28 % erreicht (lt. H. Grallert, „Solarthermische Heizungssysteme“, R. Oldenbourg Verlag).

Läßt man, wie in Bild 1 gezeigt, jeden zweiten Kollektor weg und ersetzt ihn durch einen Spiegel gleicher Breite, der senkrecht auf das Dach gesetzt wird, dann wird auf diese einfache Weise die Kollektorleistung im Winter verdoppelt. Nach Bild 2, Fall 2, ist die Intensität jetzt im Winter um 40 % höher als im Sommer! Der Wirkungsgrad des Kollektors steigt unter den eben angenommenen Verhältnissen auf 50 % an; von einem Kollektor mit Spiegel kann 1,8mal mehr Heißwasser von 50°C erzeugt werden als mit zwei Kollektoren. Wenn das Wasser zur Wärmespeicherung auf höhere Temperatur gebracht werden soll, werden die Unterschiede noch gravierender: Bei einer Absorbertemperatur von 75°C sinkt der Wirkungsgrad auf 0 und kann durch den Spiegel wieder auf 40 % gebracht werden. Ein weiterer Gewinn ergibt sich aus der kürzeren Ansprechzeit, da weniger Material aufgeheizt werden muß.

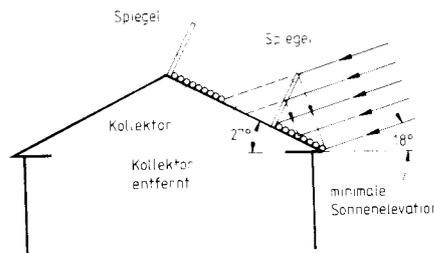


Bild 1. Verdoppelung der Leistung eines Kollektors auf einem um 27 Grad nach Süden geneigten Dach bei minimaler Sonnenelevation

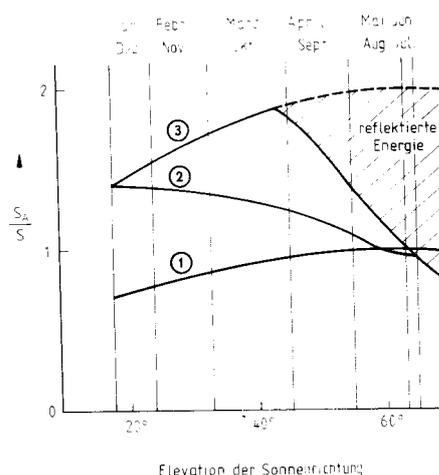


Bild 2. Relativer Intensitätsgang für die verschiedenen Anordnungen. 1 Flachkollektor auf einem 27 Grad geneigten Dach, 2 wie 1, aber kombiniert mit einem Spiegel gleicher Breite, 3 wie 2, aber mit Rückflankenspiegel.

Wenn die Sonnenelevation nach dem Minimum im Dezember ansteigt, fällt ein Teil der Strahlung auf das freie Dach und geht verloren. Diese Strahlung kann mit einem zweiten Spiegel, der um 45 Grad gegen das Dach nach Süden ansteigend unter dem Kollektor angebracht wird, ebenfalls auf den Absorber gebracht werden. Der Strahlengang für zwei unterschiedliche Elevationswinkel ist in Bild 3 gezeigt: Bei der minimalen Elevation von 18 Grad fallen direkte und vom oberen Spiegel reflektierte Strahlung auf den Absorber. Bei 50 Grad hat man zusätzliche Anteile vom unteren Spiegel und doppelt reflektierte Strahlung auf dem Absorber. Außerdem wird ein Teil der einfallenden Strahlung in den Weltraum reflektiert.

Der mit dieser Anordnung erzielte Verlauf der Intensität ist in Bild 2 eingezeichnet. Bei kleinem Elevationswinkel steigt die relative Intensität mit dem Sinus des Auftreffwinkels an. Ab einem bestimmten Winkel wird ein zunehmender Teil der Strahlung reflektiert. Der so entstehende Verlauf der Jahresleistung paßt zum Verlauf des Wärmebedarfs. Beim Maximum der Leistung im Frühjahr sind die Außentemperaturen im Mittel besonders niedrig. Das Maximum im Herbst erlaubt die Speicherung von Wärme für den kommenden Winterbedarf. Durch Variation der Spiegelgröße und der Anstellwinkel kann der Verlauf der Leistung in Grenzen dem Bedarf angepaßt werden. Dabei wird die Konzentration durch größere Spiegel erhöht; dafür setzt der Abfall der Leistung früher ein.

In der Praxis können Anlagen wie in Bild 1 gezeigt aus verschiedenen Gründen nicht ausgeführt werden. Die Absorber und die Spiegel können aber als lange, schmale Streifen gebaut werden, die gemeinsam von einem Glasdach überdeckt werden. Diese Kollektorstreifen können auf verschiedenen geneigte Dachflächen montiert werden. Im wesentlichen ändert sich dabei die Breite des unteren Spiegels, dessen Neigung immer gleich der minimalen Elevation sein soll. Für die verschiedenen Dachneigungen ergeben sich dann unterschiedliche Abstände der Absorber, z.B. bei der in Bild 3 gewählten Dimensionierung des Oberspiegels:

Dachneigung [Grad]	Absorberbreite / Absorberabstand
0	.22
22	.45
27	.50
45	.63
71	.63
90	.63

Von den heute angebotenen Kollektoren hat der Vakuum-Röhrenkollektor den weitaus besten Wirkungsgrad. Dieser wird nicht durch Konzentration er-

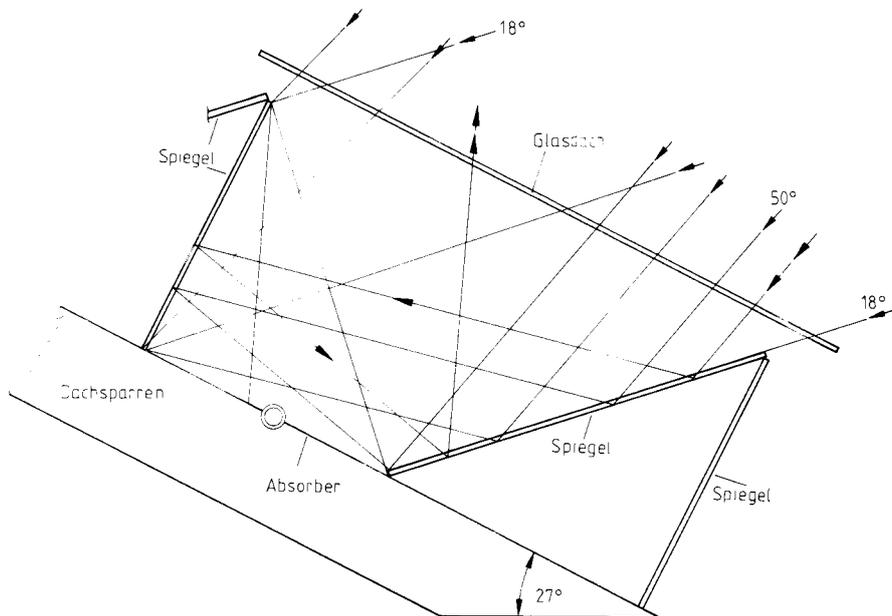


Bild 3. Strahlengänge in einer Kollektoranordnung nach Bild 1 mit Rückflankenspiegel. Bei dem als Beispiel gewählten Elevationswinkel von 50 Grad gibt es Beiträge von beiden Spiegeln, einen direk-

ten Beitrag, einen doppelt gespiegelten Beitrag und einen in den Weltraum zurückgeworfenen Teil des Lichtes.

zielt, denn der Absorber in der Röhre muß eine Oberfläche haben, die gleich der Eintrittsfläche ist, wenn er die Strahlung aus allen möglichen Richtungen und von allen Orten auf der Rohroberfläche aufnehmen soll. Der außergewöhn-

liche Wirkungsgrad beruht vielmehr auf der hervorragenden Isolation des Absorbers. Da noch keine interne Konzentration benutzt wird, könnte auch beim Röhrenkollektor jeder zweite durch einen Spiegel ersetzt werden. Die dann

erreichbaren Temperaturen können jedoch nur in Sonderfällen genutzt werden. – Bei jeder Anwendung von Spiegeln bei Solaranlagen besteht eine erhöhte Gefahr der Überhitzung. Spiegel dürften deshalb erst dann angebracht werden, wenn eine ausreichende Temperaturfestigkeit unter allen Betriebsbedingungen nachgewiesen ist.

Leider kann das gestreute Licht, das im Mittel mehr als die Hälfte der Solarenergie bringt, nicht konzentriert werden. Der Kollektor mit Spiegeln in der vorgeschlagenen Anordnung hat bezüglich des Streulichtes etwa die gleiche Leistung wie ein Kollektor ohne Spiegel. Der Absorber sieht direkt oder über die Spiegel nur den Südhimmel, dafür ist die wirksame Fläche verdoppelt. – Die Spiegelverluste wurden bei der Darstellung bisher nicht berücksichtigt. Tatsächlich gehen bei jeder Reflexion 10 % des Lichtes verloren.

Spiegel können auch benutzt werden, um die Leistung von Solarzellen zu erhöhen. Dabei ist eine Kombination mit Flachkollektoren angebracht, um die Zellen zu kühlen. Alle hintereinander geschalteten Zellen eines Stranges müssen dabei gleich beleuchtet werden. Sie müssen deshalb in einer Reihe entlang der Absorberkante liegen. Außerdem darf auf keine der Zellen ein Schatten fallen.

Müll als Wertstoffquelle und Energieträger

Tendenzen bei der Hausmüllentsorgung

Die Helmut Kaiser Unternehmensberatung, Philosophenweg 2, 7400 Tübingen, arbeitet an einer großen Marktanalyse, die den Bereichen Abfallbeseitigung und Wertstoffrückgewinnung, Umweltschutz, Energieeinsparung und anderem gewidmet ist. Damit sollen die entsprechenden Märkte transparent gemacht und Prognosen bis zum Jahre 2000 vorgelegt werden. Insbesondere will man auch neue Technologien darstellen und bewerten. In Sachen Hausmüll, der auch als bedeutender Energieträger anzusehen ist, liegt das Ergebnis einer Kurzerhebung bereits vor. Der nachfolgende Text stammt von der Unternehmensberatung Kaiser, mit der sich diejenigen in Verbindung setzen können, die an der Gesamtanalyse oder an Teilaspekten interessiert sind.

In der Bundesrepublik Deutschland fielen 1982 rund 25 Mill. t Hausmüll an, entsprechend etwa 400 kg je Einwohner. Neueren Schätzungen zufolge ist diese Menge annähernd konstant geblieben. Die Zahlen sind allerdings nicht sehr aussagekräftig. Zum einen wird unter Hausmüll auch der hausmüllähnliche Abfall der Gewerbebetriebe verstanden (aus privaten Haushaltungen stammten 1982 nur 15 Mill. t plus 2,2 Mill. t Sperrmüll), zum anderen sind sowohl anfallende Mengen als auch Zusammensetzung je nach Ballungsdichte und Umweltbewußtsein sehr unterschiedlich.

Der Hausmüll setzt sich im Bundesdurchschnitt wie folgt zusammen:

31,4 % organische Stoffe (beim reinen Hausmüll 42 %, in ländlichen Gegenden und bei Gartenbesitzern erheblich weniger, dafür in Ballungsgebieten mehr)

- 24 % Papier
- 13 % mineralische Stoffe (Feinmüll)
- 8,8 % Kunststoffe und Textilien
- 8,7 % Holz, Leder, Gummi, Knochen
- 8,0 % Glas
- 5,6 % NE- und FE-Metalle
- 0,8 % Verbundmaterialien

Diese 25 Mill. t Hausmüll wurden 1982 wie folgt entsorgt:

- ca. 65 % landeten unbehandelt auf Deponien,
- ca. 30 % wurden verbrannt; die 25 % Schlacke, die hierbei anfielen, wurden zu 95 % deponiert (nur etwa 5 % fanden, vorwiegend im Straßenbau, eine weitere Verwendung)
- ca. 5 % wurden sortiert und recycelt.

Deponien

Die Zahl der Deponien hat sich in den letzten Jahren drastisch verringert,

1970 waren noch rund 50 000 geöffnet. Ende 1984 konnten nur noch 3118 Deponien gezählt werden, von denen lediglich 385 für die Aufnahme von Hausmüll zugelassen waren. Die Entwicklung zu immer weniger Deponien wird auch in den nächsten Jahren unverändert anhalten, da Neuanlagen politisch kaum noch durchzusetzen sind.

Verbrennung

Mitte 1986 waren, Statistiken des Umweltbundesamtes zufolge, 34 % der bundesdeutschen Bevölkerung an 47 Müllverbrennungsanlagen (MVAs) mit einer Jahrestonnenleistung von etwa 9 Millionen angeschlossen. Bis 1985, so Dipl.-Ing. Lothar Barniske vom Umweltbundesamt auf dem 4. Internationalen Recycling Congress in Berlin, ist mit weiteren 21 MVAs mit einer Leistung von 4 Mill. t/j zu rechnen. Neuere Planungen sehen einen Zubau von lediglich 10 MVAs vor.

Die Verbrennung unbehaltener Mülls weist mehrere gravierende Nachteile auf, die dem Vorteil der Müllreduktion gegenüberstehen.

a) Rauchgasemissionen: Trotz kostenintensiver Rauchgasreinigungsanlagen sind die Emissionen von Giften (Dioxin), Schwermetallen (Cadmium und Zink) sowie CO₂, Stickoxiden und