

Produktionsverfahren für Solarkollektoren – von der Manufaktur zur Automatisierung

Dipl.-Ing.
Helmut Jäger
SOLVIS GmbH & Co KG
info@solvis-solar.de

Dipl.-Ing. Klaus-
Henning Terschüren
SOLVIS GmbH & Co KG
info@solvis-solar.de

1. Kostenanalyse und Preisentwicklungen

Die Kosten von Solarkollektoren werden wesentlich von der Preisentwicklung der eingesetzten Materialien bestimmt. In der *Abbildung 1* ist die Preisentwicklung der wichtigsten Materialien in den letzten vier Jahren dargestellt. Metalle steigen stärker im Preis als Kunststoffe. Besonders auffällig sind die starken Preissteigerungen bei Kupfer, die dazu führen werden, dass Kupferblech als Absorbermaterial in Zukunft durch Aluminium abgelöst wird.

Aus der Kostenanalyse für Flachkollektoren (*Abbildung 2*) ist ersichtlich, dass die Personalkosten bei industrieller Fertigung unter 5 Prozent liegen und der wesentliche Kostenhebel in den Materialkosten zu sehen ist.

Mit über 40 Prozent Anteil ist der Solarabsorber die wichtigste Kostenkomponente. Da die Beschichtung der hochselektiven Schichten heute in vollautomatischen Durchlaufanlagen

erfolgt, können Kostensenkungen praktisch nur durch Optimierung des Basismaterials erfolgen.

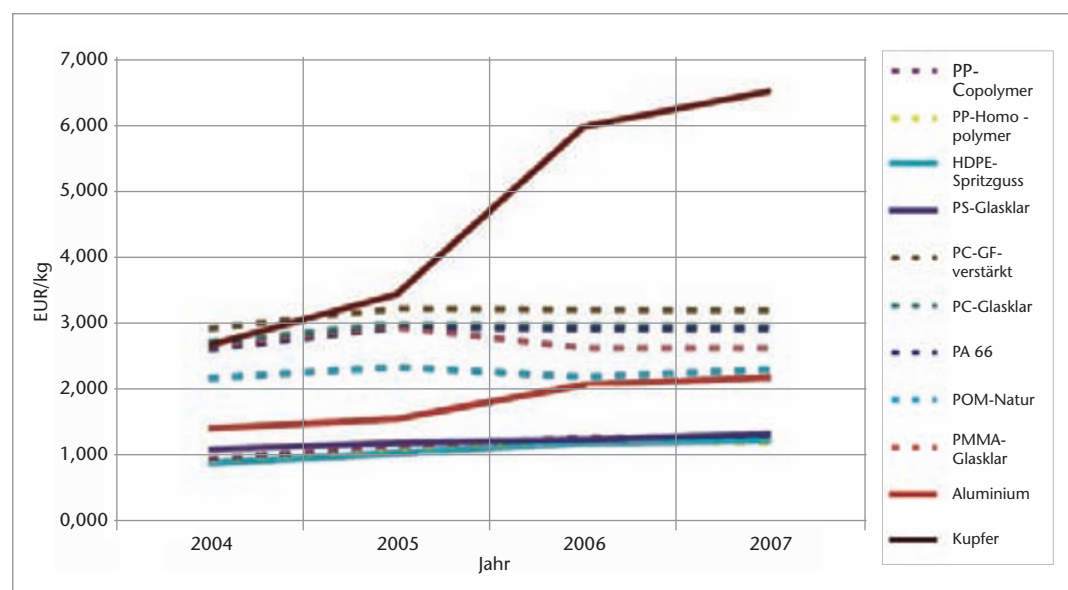
Eine Fertigungslinie für kostengünstige Kollektormontage zeigt *Abbildung 3*.

Die Investitionskosten für eine Kollektorlinie (*Abb. 3*) mit einer Kapazität von 200.000 m² jährlich betragen ca. 4 Mio. € zuzüglich Gebäudkosten von ca. 3 Mio. € und sind in *Tabelle 1* wiedergegeben. Daraus ergeben Kapitalkosten für Fertigungsanlagen bei einer Laufzeit von vier Jahren von ca. 5,50 € pro m² Kollektorfläche.

2. Produktions- und Prüfverfahren

In *Abbildung 4* ist eine moderne Absorberfertigung mit Laserschweißanlage dargestellt. Mit diesem Verfahren werden Alu-Absorber und Kupferrohre wirtschaftlich und dauerhaft verbunden.

Abbildung 1
Weltmarktpreis-
entwicklung der
Ausgangsmaterialien
für Solarkollektoren



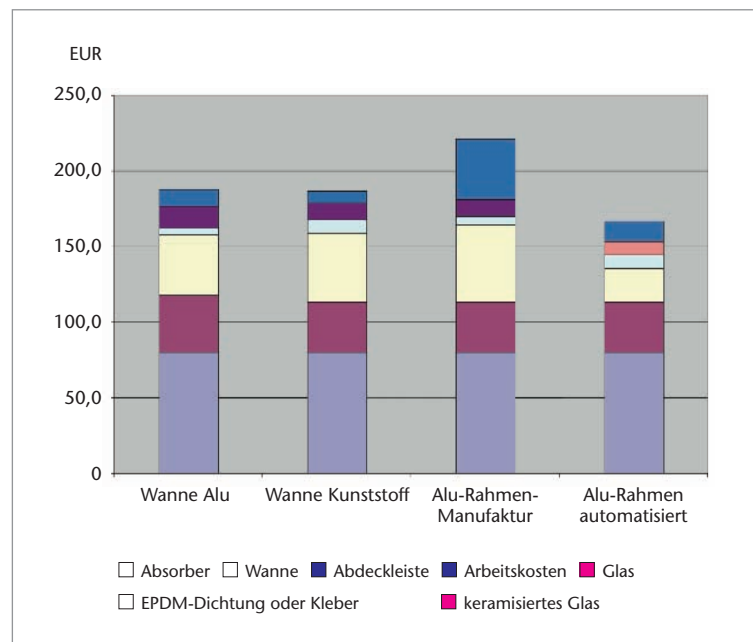


Abbildung 2
Kostenanalyse für
Flachkollektoren

- Beispiel 2:
- Ausbringung 75.000 E/a
 - Taktzeit 150 s
 - 4 Werker/Schicht

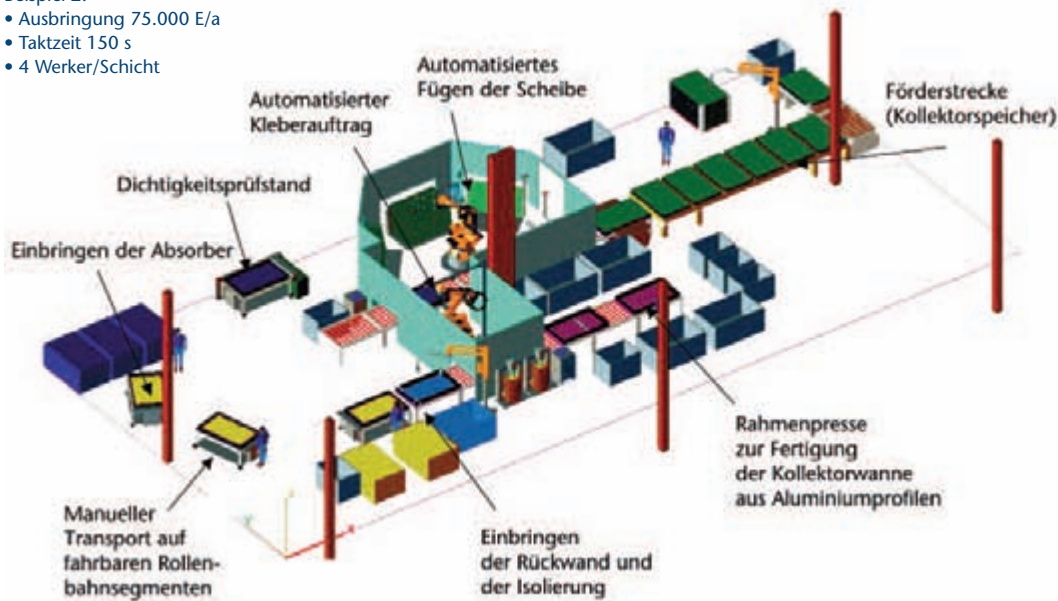


Abbildung 3
Montagelinie für
Sonnenkollektoren

Quelle:
Planungsunterlagen
Fa. KUKA Systeme
GmbH

Kapazität ca. 200.000 m ² /a	
Rohrbiegeanlage:	1,0 Mio. €
Absorberlaserschweißanlage:	1,2 Mio. €
Kollektormontage und Verpackung:	1,8 Mio. €
Gebäude (4.000 m ²) mit Infrastruktur	3,0 Mio. €
	7,0 Mio. €

Tabelle 1
Kosten für
Kollektorproduktion

Abbildung 4
Absorber von Solvis –
weltweit im Einsatz



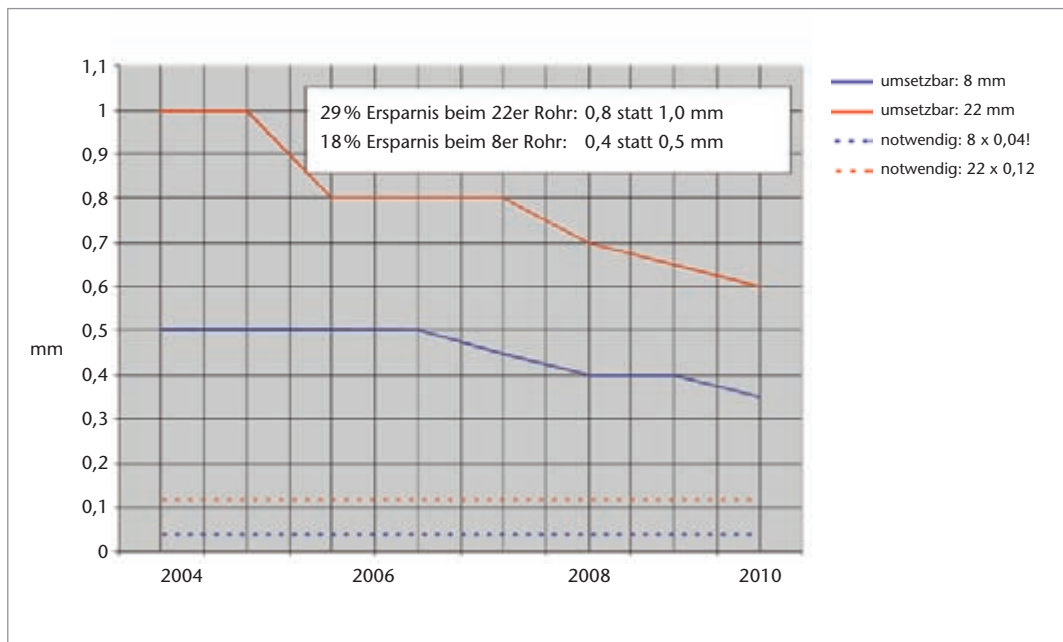
Laser-
schweiß-
anlage

Mäander-
Rohrbiege-
maschine

Absorber nach Wunsch aus der Braunschweiger Nullemissionsfabrik

- Qualitativ hochwertige Absorber und sehr wirtschaftliche Herstellung
- Ausstattung: eine Mäander-Biegemaschine (Biegung bis 6 m Länge) und zwei Laserschweißanlagen
- Jährliche Gesamt-Produktionskapazität von rund 350.000 m² – (Spitze in Europa!)
- Technologieführer in der Absorberproduktion – europaweit
- große Anzahl zufriedener Kunden – weltweit
- 20-jährige Erfahrung bei der Herstellung von Kollektoren und Heizungsanlagen

Abbildung 5
Entwicklung
Materialeinsparung
bei Kupferrohren



Die starken Kupferpreissteigerungen und die gestiegenen Bedarfsmengen haben zu speziellen dünnwandigen Rohrdimensionen für Solarabsorber geführt (Abb. 5).

Bei Verteilerrohren wird heute überwiegend 22 x 0,8 mm Rohr eingesetzt und beim Absorberrohr werden Wandstärken von 0,4 mm eingesetzt.

Damit liegen die Wandstärken aber noch um das 6–10 fache höher als hydraulisch notwendig. Hier liegt also noch ein erhebliches Einsparpotenzial, das aber nur umgesetzt werden kann, wenn über Ausweitung der Prüfverfahren und entsprechender Langzeittests die Betriebssicherheit für mindestens 25 Jahre gewährleistet werden kann. In der Tabelle 2 sind die heutigen Prüfverfahren als Übersicht dargestellt.

Hochtemperaturzyklen	
Aufheizen auf 180°C	22 min
Ruhen lassen	4 min
Erreichen von 200°C	
Kühlen auf 30°C, 4 l/min	4 min
Laufzeit ges.	30 min
Zyklen ges.	20 x

Niedertemperaturzyklen	
Aufheizen auf 65°C	3 min
Ruhen lassen	1,5 min
Erreichen von 110°C	
Kühlen auf 40°C, 4 l/min	3 min
Ausblasen mit Druckluft	0,5 min
Laufzeit ges.	8 min
Zyklen ges.	3000 x

Tabelle 2

Testablauf für einen Absorber-Belastungstest (Simulation 20 Jahre und 95 % Schweißpunkt)

Die Prüfverfahren entsprechen folgenden Normen und Branchenvereinbarungen:

- Solar Keymark/EN 12975 und
- ISO CD 12952.2 (Task X)

Hinzu kommen die herstellereigenen Tests:

- Zugversuche an der Schweißnaht
- Prüfung der Metallverbindungsqualität durch optische Materialprüfung (Schliffbilder)
- Temperaturschicktests mit 3000 Zyklen
- Temperaturwechseltest mit 2000 Zyklen
- Druckwechseltest

In den *Abbildungen 6 und 7* sind Schliffbilder der Verbindung von Aluminiumblech und Kupferrohr von regelmäßigen Fertigungsprüfungen zur Qualitätssicherung dargestellt.

Die Produktion von Flachkollektoren hat in Deutschland einen hohen industriellen Standard erreicht. Die Herstellung der Solargläser und Beschichtung der Absorber erfolgt in vollautomatischen Durchlaufprozessen, die weitgehend optimiert sind.

Die weiteren Kernprozesse Rohrbearbeitung und Verbindung von Absorberblech und -rohr haben ebenfalls einen hohen Automatisierungsgrad. Mit steigenden Stückzahlen werden auch die Nebenprozesse automatisiert werden.

Weitere Kostenreduzierungen lassen sich in Zukunft durch Reduzierung des Materialeinsatzes erreichen. Je näher wir uns dabei den



Abbildung 6
Schliffbild einer Verbindung des Aluminiumblechs und dem Kupferrohr (50-fache Vergrößerung)

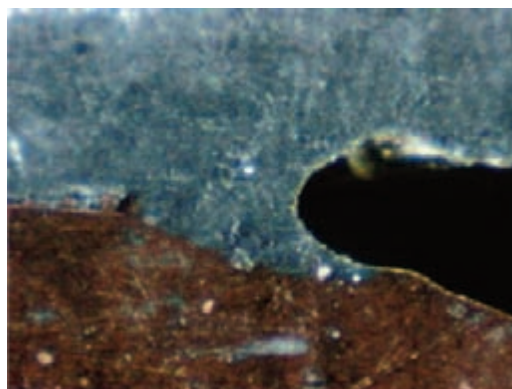


Abbildung 7
Schliffbild einer Verbindung des Aluminiumblechs und dem Kupferrohr (200-fache Vergrößerung)

physikalischen und prozesstechnischen Grenzen nähern, desto intensiver muss die Betriebssicherheit für 25 Jahre über Langzeittests und

Onlineüberwachung in der Produktion abgesichert werden. Diese kostenintensive Aufgabe kann nur gemeinsam von Forschungsinstituten und Industrie mit Unterstützung durch die Forschungsförderung erfolgen.