

Kupferband und Kupferrohre als Basis für langzeitstabile und hocheffiziente Thermosolar-Anlagen

Naumann U. (1)

Die bequeme Nutzung des Wärmeinhalts der Sonnenstrahlen für die Gebäudeheizung und Brauchwassererwärmung ist ein uralter Wunsch des Menschen. Dazu kommt aktuell die Notwendigkeit, CO₂-Emissionen zu verringern. Langsam dringt ins öffentliche Bewusstsein, dass dieser Wunsch bereits seit einiger Zeit in handelsübliche und bewährte Technik umgesetzt wurde und inzwischen in Deutschland zum Alltag gehört.

Erst der seit ca. 30 Jahren vorhandene technische Entwicklungsstand ermöglichte es, dass die Thermosolar-Nutzung erfolgreich in die Wärmebereitstellung im Wohnbereich Einzug hielt.

Heute sind europäische Thermosolarnutzungen anerkannt als modern, ökologisch, wirtschaftlich vorteilhaft, bezahlbar, sicher und langlebig sowie zukunftsgerecht.

Die Solarthermie nutzt die physikalische Gegebenheit, dass das von der Sonne ausgehende Strahlungsspektrum neben dem sichtbaren Licht immer zugleich auch thermische Energie enthält. Trifft diese Sonnenstrahlung auf feste Oberflächen, dann wird ein Teil ihrer Energie absorbiert, also vom besonnten Körper aufgenommen. Der restliche Teil der solaren Strahlung wird reflektiert

oder emittiert und steht für die Energienutzung in der Thermosolaranlage nicht mehr zur Verfügung. Die einmal aufgeheizte Oberfläche von Solarabsorbern soll die Wärme dann verlustarm an einen Flüssigkeitskreislauf

abgeben. Dieser transportiert die Wärme zur Bedarfsstelle (Raumheizkörper, Brauchwassererhitzer), und bei fehlendem Bedarf zum Wärmespeicher. Die an vielen Stellen möglichen ungewollten Wärmeverluste müssen durch gute Isolation auf ein Minimum begrenzt werden.

Aus dem Vorgenannten leiten sich wichtige Konstruktionsziele ab:

- Im Absorber maximale Absorption, minimale Reflexion und beste Wärmeleitung,
- an allen potentiellen Wärmeverlustflächen sehr gute Isolierung,
- optimaler Wärmeübergang vom Absorber an das Wärmeträgermedium und
- Langlebigkeit und Recyclingfreundlichkeit.

Um den Absorptionsgrad zu erhöhen und den Reflexionsgrad zu verringern, erhalten die zunächst metallisch blanken Bänder einseitig eine spezielle Oberflächenbeschichtung.

Üblich sind sowohl eine Schwarzschiebeschichtung als auch eine blaue Selektivschicht.

Gut bekannt ist dieses Aussehen von den fertig installierten Solarkollektoren (Bild 1), die überwiegend auf Dächern, teilweise aber auch an günstig positionierten Hauswänden, befestigt sind. Entscheidend ist die bestmögliche Ausrichtung zur Sonne, um bei möglichst langer Besonnungsdauer und günstigem Auftreffwinkel viel Wärme aufnehmen zu können.

Einer der Gründe für den Aufschwung und die positive Akzeptanz der Thermosolar-Anlagen ist die Tatsache, dass mit dem Werkstoff Kupfer ein sehr gut geeigneter und bestens bearbeitbarer Werkstoff für wesentliche Funktionselemente bereitsteht, und dass durch mehrere industrielle Halbzeughersteller geeignete Kupfer-Bauteile in Solarqualität kostengünstig verfügbar sind. So werden neben den bereits aus der Hausinstallationstechnik bewährten Kupfer-Installationsrohren vor allem Absorber als Kombinationen aus Kupfer-Industrierohren mit Kupfer-Industriebändern für die Aufnahme und Weiterleitung der solarthermischen Energie hergestellt.

Die dabei verwendete Kupfersorte ist das Cu-DHP - ein phosphordesoxidiertes Kupfer, welches seit über hundert Jahren bevorzugt und erfolgreich für Rohre, Bänder und Profile eingesetzt wird.

Kupfer hat im Vergleich zu anderen industriell genutzten Werkstoffen nach Gold und Silber die beste thermische Leitfähigkeit. In den als Flachkollektor oder Röhrenkollektor konstruierten Absorbern ist das eine unverzichtbare Eigenschaft. Zugleich ist eine gute Formbarkeit gefragt. Biegen, Aufweiten, Stauchen, Drücken, Reduzieren sowie Bördeln bzw. Sicken sind zusammen mit den Fügeverfahren (Löten, Schweißen) bei Solarrohren notwendige Bearbeitungen, die bei Kupfer besonders gut gelingen.

Da es gegenwärtig noch keine speziell auf Solaranwendungen ausgerichtete Norm gibt, werden üblicherweise die nächstliegenden passenden EN-Normen EN 12449 (nahtlose Rohre aus Kupfer und Kupferlegierungen für allgemeine Anwendungen) und EN 1652 (Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen zur allgemeinen Verwendung) zum Beschreiben der



Bild 1: Solarabsorber-Flachpaneel auf Hausdach (ESTIF)

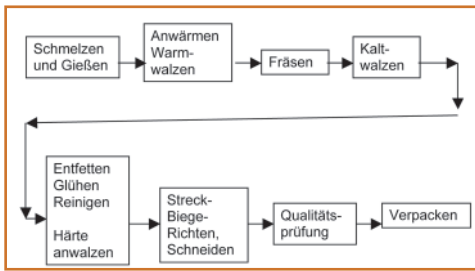


Bild 2: Herstellprozess für Kupfer-Solarband bei KME

Eigenschaften sowie der Prüf- und Lieferbedingungen herangezogen. Die typischen Festigkeitsstufen des Cu-DHP sind weich, halbhart oder hart und erreichen dabei einen Bereich der Zugfestigkeit von ca. 220 MPa bis ca. 480 MPa.

Für Bänder kommt überwiegend eine als „Anwalzqualität“ bezeichnete halbharte Lieferqualität zur Anwendung. Neben der Festigkeit hat die Oberfläche des Bandes entscheidenden Einfluss auf das Beschichtungsergebnis und die thermische Gesamtleistung. Bei Kupferrohren sind sehr unterschiedliche spezielle Solarqualitäten im Einsatz, die mit den vorgenannten typischen Festigkeitsstufen nur unzureichend beschrieben werden können. Hier ist es erforderlich, dass der Kupfer-Halbzeughersteller sehr genau die Verarbeitungsbedingungen seiner Solarabsorber-Kunden ermittelt und daraufhin die angepasste Lieferqualität empfiehlt. Diese Anpassungen berücksichtigen, dass nicht nur Festigkeitsanforderungen, sondern auch die Oberflächen-sauberkeit und die Wirtschaftlichkeit der Rohrherstellung, des Transports und der Verarbeitung wesentliche Ziele sind, die sinnvoll kombiniert werden müssen. Nur durch gemeinsame Vorklärung zwischen Absorberhersteller und Halbzeuglieferant wird eine optimierte Wirtschaftlichkeit und hohe technische Leistung erreicht. Genau darin hat KME besondere Stärken. Der Anbieter bei Kupfer-Halbzeugen achtet besonders darauf, dass gerade in der Klärungsphase vor Beginn einer Erstlieferung die vorhandenen umfangreichen und langjährigen Erfahrungen in Bestellentscheidungen mit einfließen.

Auch die Abmessungen der Bänder und Rohre sind solarspezifisch ausge-

legt. Bei Solarband dominiert derzeit eine Banddicke von 0,20 mm. Die Bänder werden als kompaktes Coil aufgewickelt an Beschichter geliefert. Mit Solar-Breitband von max. 1.200 mm Breite kann KME besondere Wirtschaftlichkeitsvorteile für den nachfolgenden Beschichtungsprozess und für besonders große Absorber bereitstellen.

Die Bilder 2 und 3 zeigen den schematisierten Herstellablauf für Solarbänder und Solarrohre bei KME.

Solarrohre haben einen Durchmesser von 6, 8, 9, 10, 11, 12, 18, und 22 mm mit Wanddicken von 0,4 bis 1,0 mm. Während in der Anfangsphase des Solarabsorberbaus fast ausschließlich gerade Rohre als Herstelllängen von ca. 6 m oder als Fixlängen von 1 m bis 2,80 m zugekauft wurden, begann seit etwa acht Jahren ein spürbarer Trendwechsel zu lagengewickelten Solar-Rohrcoils. Diesen Prozess hat KME maßgeblich forciert und mitgestaltet, inzwischen sind die Rohrcoils die dominierende Lieferform. Diese Rohrcoils haben Einzelgewichte von ca. 100 kg bis ca. 450 kg und ermöglichen dem Rohrhersteller die Nutzung einer hocheffektiven Herstelltechnologie mit einer optimalen logistischen Schnittstelle für den Weitertransport zum Kunden. Zusätzlich zu den daraus entstehenden Kostenvorteilen haben die Verarbeiter mit diesen Rohrcoils nun die Möglichkeit, aus Rohren mit standardisierten Außendurchmessern tagesgenau die jeweils gewünschten und ggf. häufig wechselnden Fixlängen selbst herzustellen. Vor allem Solarkunden mit größeren Bedarfsmengen erkennen sehr schnell, dass besonders mit dieser logistischen Arbeitsteilung die gewünschte Kombination aus niedrigen Lagerbeständen und schneller Verfügbarkeit bzw. Reaktionsfähigkeit auf ggf. ständig wechselnde Produktionsmengen wirtschaftlich erreichbar ist. Voraussetzung für die Verarbeitung von Rohrcoils ist das Vorhandensein einer qualifizierten Decoiling-Anlage für das Abwickeln, Geraderichten und für ein spanloses Abtrennen zu Fixlängen – natürlich einschließlich geeigneter Vorrichtungen für das Coilhandling von der Lieferpalette zur Abwickelanlage.

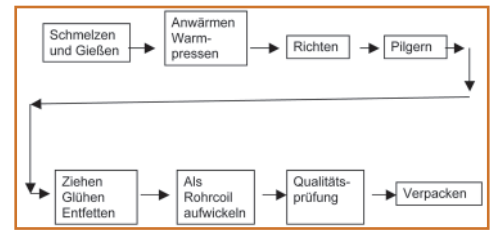


Bild 3: Herstellprozess für Kupfer-Solarrohr bei KME

Das schließt eine aktive Unterstützung bei der Auswahl von Maschinenlieferanten ein. KME empfiehlt dabei nur solche Anbieter, deren Referenzen und technische Eignung sich in gemeinsamen Projekten als zuverlässig herausgestellt haben.

Mit unterschiedlichen Löt- und Schweißverfahren stehen vielfältige ausgereifte Verbindungstechniken zur Verfügung, die von der Einzelfertigung bis zur Großserienfertigung bei Verarbeitern jeglicher Firmengröße ihre besondere Eignung bewiesen haben.

Auf der unbeschichteten Unterseite der Solarbänder werden die Kupferrohre durch Löten oder Schweißen befestigt. Das Löten wurde inzwischen weitestgehend durch das Ultraschall-Schweißen verdrängt.

Das Fügen von Kupferrohr und Kupferband ergibt dabei eine dauerfeste, hochwärmeleitende Verbindung, die anderen Werkstoffkombinationen überlegen ist.

Die dafür erforderliche Fettfreiheit auf der Oberfläche der Kupferrohre und -bänder ist ein wesentliches Element der Solarqualität dieser Halbzeuge.

Dafür wurden bei KME verschiedene Bearbeitungsprozesse optimiert oder neu gestaltet.

Seit wenigen Jahren ist ein beginnender Einsatz von Laserschweißanlagen festzustellen.

Damit können Schweißungen von Kupferrohr auf Kupferband, aber auch Verbindungen der Kupferrohre mit anderen Metallen erzeugt werden. Begrenzend wirkt dabei, dass bei Werkstoffkombinationen außerhalb des Systems Kupfer-Kupfer die vergleichbaren Langzeiterfahrungen für Bauteil-Lebensdauerzyklen von ca. 30 Jahren noch fehlen. Einer breiten Anwendung der Laserschweißungen



Bild 4: Kupferrohr-Mäander für Solarabsorber (Foto: KME)

steht derzeit auch der noch deutlich höhere Anschaffungspreis entgegen. Renommierte Fittinghersteller wie z.B. Viega bieten seit einiger Zeit auch Pressverbindungen als Kupfer-Pressfittings mit solarspezifischen Dichtringen an.

Sobald die Vorteile von vorisolierten Rohrbündeln in quasi-endloser Länge (aufgewickelt auf Holz-Kabeltrommeln) gefragt sind, kommen die Osnasol-Rohrbündel von KME zum Einsatz (Bild 7).

Darin sind die Kupfer-Vorlaufleitung, die Kupfer-Rücklaufleitung und ein hitzebeständiges Steuerkabel zusammengefasst, wärmeisoliert, schutzummantelt und somit baustellenfertig vorbereitet. Für die Verbindung von den Solarabsorbern auf dem Dach bis zum Wärmespeicher im Keller sind diese Verbindungsleitungen eine nützliche Vereinfachung und Beschleunigung des Installationsablaufs.

Das bereits sehr frühzeitige Bekenntnis für eine hochwertige spezielle Solarqualität bei Kupferhalbzeugen wurde von KME durch anwendungs-



Bild 5: Prinzipskizze eines Solar-Flachkollektors (Mäandertyp)

bezogene eingetragene Warenzeichen sichtbar gemacht. Für KME-Bänder ist TECSTRIP-solar, für KME-Rohre ist TECTUBE-solar seit vielen Jahren bei den Solarkunden bekannt und geschätzt. Die unterschiedlichen Anforderungskombinationen an die Solarrohre wurden aus anfänglich zwei auf inzwischen vier verschiedene Qualitätsvarianten ausgebaut. Damit gibt es für jede Anforderung eine technisch optimale und zugleich wirtschaftliche Lösung.

Je nach dem strömungstechnischen Konzept variiert die Anordnung der Kupferrohre. So unterscheidet man bei Flachkollektoren zwischen einem „Mäandertyp“ und einem „Harfentyp“. Auch bei den Röhrenkollektoren gibt es unterschiedliche Bauformen.

Die im Anlagenbetrieb möglichen Maximaltemperaturen von ca. 230 °C sind eine beachtliche Herausforderung an alle beteiligten Werkstoffe. Kupfer besteht diese Herausforderung dauerhaft. Jedoch müssen bei Konstruktion und Design von Kollektor-Absorbern konsequent die Auswirkungen dieser hohen Temperaturen berücksichtigt werden.

Die besonders gute Eignung und umfangreiche Nutzung von Kupferbauteilen in Thermosolaranlagen führte dazu, dass für diesen Werkstoff inzwischen 30 Jahre gesicherte und durchweg erfolgreiche industrielle Langzeiterfahrungen vorliegen. Das ist für Hersteller von Solaranlagen eine äußerst wertvolle Sicherheit, denn die Erwartungen der Endkunden an die Lebensdauer der Gesamtanlage sind sehr hoch. Das wird besonders gut verständlich, wenn man berücksichtigt, dass Thermosolar-Anlagen nicht nur wegen der ökologischen, sondern besonders auch wegen der berechneten Einsparungen im Energieverbrauch gekauft werden. Die wirtschaftlichen Vorteile werden umso deutlicher, je länger die Anlage störungsfrei in Betrieb ist.

Nicht zu vergessen ist, dass die Solarabsorber nur eines von mehreren Bauteilen innerhalb des Heizkreislaufs der Gebäude- und Brauchwassererwärmung sind. Der notwendige Ausgleich bei zu geringem Solarwärmeangebot im Vergleich zum tatsächlichen

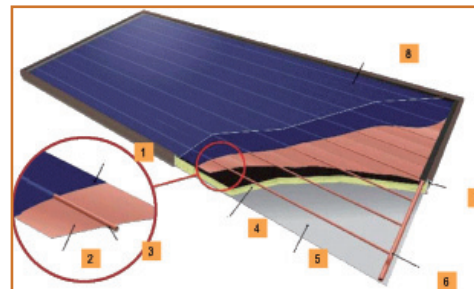


Bild 6: Prinzipskizze eines Solar-Flachkollektors (Harfentyp);
1 – Absorberbeschichtung,
2 – Kupferband, 3 – Kupferrohr,
4 – Kollektor- Isolierung, 5 – Kollektorrückwand, 6 – Verteilerrohr aus Kupfer, 7 – Kollektorrahmen,
8 – eisenarmes Glas

aktuellen Wärmebedarf wird häufig durch wandhängende Wärmeerzeuger gedeckt, die durch Gas, Öl oder Holzpellets befeuert werden. Auch bei diesen meist als Heizkessel, Boiler oder Therme bezeichneten Geräten sind Kupferrohre und -bänder seit Jahrzehnten im Einsatz. Das gesamte Wärmekreislauf-System unter Nutzung von Kupferrohren in allen Baugruppen sowie Kupferband und Kupferrohren im Solarabsorber ist ein bewährter Standard, der den wachsenden Anforderungen immer mit innovativen Lösungen folgen konnte und darüber hinaus noch ein erhebliches Entwicklungspotential besitzt.

(1) Dipl.-Ing. Ulrich Naumann, KME Germany AG, Technische Kundenbetreuung und Produktentwicklung, Kupfer-Industrierohre



Bild 7: Osnasol-Rohrbündel