

Schlussbericht 2004, 10. Dezember 2004

# Einsatz flexibler Verbindungsleitungen aus Kunststoff in der thermischen Solartechnik

|                                  |                                                                                                                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autor und Koautoren              | Bruno Füchslin <sup>a</sup> , Stefan Brunold <sup>a</sup> , Ueli Frei <sup>a</sup> , Thomas Bürgenmeier <sup>b</sup>                 |
| Beauftragte Institution          | <sup>a</sup> ) Institut für Solartechnik SPF<br><sup>b</sup> ) Tomsol GmbH, Energie & Solartechnik, CH - 4436 Oberdorf               |
| Adresse                          | Hochschule für Technik HSR, Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil                                                                       |
| Telefon, E-mail, Internetadresse | 055 2224821, <a href="mailto:spf@solarenergy.ch">spf@solarenergy.ch</a> , <a href="http://www.solarenergy.ch">www.solarenergy.ch</a> |
| BFE Projekt-/Vertrag-Nummer      | BFE Nr. 77383, Projekt Nr. 37646                                                                                                     |
| Dauer des Projekts (von – bis)   | 01.01.2000 – 01.08.2004                                                                                                              |

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Low-Flow-Technik in Kompaktanlagen für die Wassererwärmung im Einfamilienhaus erlaubt den Einsatz von Leitungen mit kleinen Durchmessern im Bereich bis zu 5 mm. Dies begünstigt auch den Einsatz flexibler Leitungen. Anstelle von Kupferrohren sind bereits Kunststoffleitungen auf Silikonbasis im Einsatz. Damit wird eine stark vereinfachte und raschere Installation möglich. Es sind allerdings auch qualitative Nachteile gegenüber den traditionell verwendeten Kupferleitungen aufgetreten.

Neu entwickelte Materialien auf Elastomerbasis haben bereits im Labor ihre Vorteile gegenüber den Silikonleitungen bewiesen. In einem Feldversuch werden im Rahmen dieser Untersuchung Leitungen aus diesem Material eingesetzt und auf ihre Beständigkeit untersucht.

Die neuen Leitungen haben die Erwartungen vollumfänglich erfüllt und könnten damit eingesetzt werden. Die benötigten Mengen sind im Moment allerdings noch zu klein um einen einheimischen Hersteller zu finden der Leitungen aus diesem Material zu marktfähigen Preisen herstellen kann.

**Abstract:**

The "Low-Flow-technique" used for conditioning of domestic hot water allows the use of piping with small diameters down to 5mm. It is therefore possible to use flexible tubes. Several systems have been installed using tubes on a silicon basis instead of copper pipes. This simplifies the installation considerably and reduces the time required. However, some quality issues have surfaced that represent a distinct drawback compared to the copper pipes.

Specially developed materials for tubes based on elastomers have proven their advantage against silicon tubes in laboratory tests. In the frame of this project the durability of these tubes is investigated in a field test.

The newly available tubes have fulfilled the expectations and may be implemented. Unfortunately the demand from the market is not yet sufficient to stimulate manufacturers to produce the material at marketable price levels.

## Inhaltsverzeichnis

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. Ausgangslage .....            | 3 |
| 2. Ziel der Arbeit.....          | 3 |
| 3. Durchführung .....            | 4 |
| 4. Resultate und Ergebnisse..... | 4 |
| 5. Beurteilung.....              | 4 |
| 6. Abbildungen .....             | 5 |

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichtes verantwortlich.

## 1. Ausgangslage

Durch den Einsatz der Low-Flow-Technik konnten die erforderlichen Durchmesser im Kollektorkreislauf massiv reduziert werden. In Kompaktanlagen für die Wassererwärmung im Einfamilienhaus, genügen Leitungsdurchmesser im Bereich von 5 mm. Dies begünstigt den Einsatz flexibler Leitungen. Stand der Technik ist der Einsatz weicher Kupferrohre, die zumindest bedingt flexibel sind. Erstmals in der Schweiz wurden für das System Solkit hochflexible, integrierte Verbindungsleitungen (Vor- und Rücklauf in einer Dämmung) entwickelt und eingesetzt. Das positive Echo von den Installateuren bezüglich der Montagefreundlichkeit hat die Erwartungen übertroffen. Die Installationszeit kann in den meisten Fällen zumindest halbiert werden. Das eingesetzte Leitungsmaterial basiert auf Silikon-Kautschuk, vergleichbar mit den bereits seit vielen Jahren eingesetzten Verbindungselementen zwischen Kollektoren. Nach nun mehr als 5 Jahren Erfahrung, haben sich eine Reihe von Schwachstellen herauskristallisiert:

- Die mechanischen Eigenschaften von Silikon-Kautschuk sind sehr limitiert, beispielsweise die mechanische Verletzungsgefahr oder Abriebfestigkeit.
- Die Langzeitbeständigkeit gegenüber reinem Glykol, wie es beim überhitzungsbedingten Abstellen der Anlage auftritt, ist kritisch.
- Die Diffusionsdichtigkeit ist ungenügend! Das heisst, nicht der Sauerstoff der in die Anlage gelangt ist problematisch, sondern die Flüssigkeit (>Wasser als Teil des Wärmeträgers), die im Laufe der Zeit entweicht. Je nach Betriebsweise und Länge der Leitung, beträgt der jährliche Verlust bis zu 4 Liter.

Im Auftrag des damaligen Lizenznehmers des Systems Solkit wurde nach neuen Elastomeren geforscht. In Zusammenarbeit mit einem Schweizer Unternehmer wurde eine neuartige Lösung gefunden. Das Elastomer hat in jeder Beziehung deutlich bessere Eigenschaften als Silikon. In aufwändigen Laborversuchen konnte dies bewiesen werden:

- Die Diffusionsrate liegt ca. ein Faktor 15 unter derjenigen für Silikonkautschuke. Damit liegen die langfristigen Verluste am Wärmeträger im unkritischen Bereich.

Die mechanischen Eigenschaften sind wesentlich besser! Insbesondere sind Abriebfestigkeit und Zähigkeit deutlich gesteigert.

## 2. Ziel der Arbeit

Im Rahmen eines Feldversuchs sollen die im Labor gewonnenen Erkenntnisse überprüft werden. Insbesondere soll sichergestellt werden können, dass die neuartigen Elastomerkunststoffe für den Einsatz als Leitungen in solarthermischen Anlagen geeignet sind. Dazu muss einerseits die Beständigkeit gegenüber Wärme und UV-Strahlung gewährt sein. Andererseits muss das Material auch chemisch gegenüber den eingesetzten Wärmeträgerfluiden beständig sein und auch die mechanischen Anforderungen erfüllen.

Diese Eignungen wird durch den Einsatz und die periodische Überprüfung von Musterleitungen bei 15 Solkit-Anlagen im Feld überprüft.

### 3. Durchführung

Im Rahmen dieses Feldtests wurden in den Jahren 2000-2002 15 Solkit-Anlagen mit den Musterverbindungen „Flextube“ versehen. Diese Anlagen wurden zuvor mit konventionellen flexiblen Silikon-Kautschuk Leitungen betrieben (Abb. 1). Die neuen Leitungen wurden durch Mitarbeiter des SPF und der Firma Tomsol GmbH eingesetzt. Die Installationen wurden so vorgenommen, dass eine spätere Probenentnahme möglich ist.

Alle Betreiber der Anlagen wurden spätestens nach 2 Jahren kontaktiert um den Zustand der Leitungen zu überprüfen. Insgesamt 7 Anlagen wurden durch das SPF einer genaueren Untersuchung unterzogen und die vorgesehenen Proben entnommen.

### 4. Resultate und Ergebnisse

- Durch die Montagefreundlichkeit dieser Leitungen war die Installation einfach und schnell.
- Während der gesamten Laufzeit des Feldtestes wurde von keinem der Anlagenbetreiber ein Problem im Zusammenhang mit den Leitungen festgestellt.
- Von verschiedenen Betreibern wurde eine deutliche Verringerung der Verluste des Wärmeträgermediums gegenüber vorher festgestellt. Bei keiner Anlage musste zwischenzeitlich je Flüssigkeit nachgefüllt werden.
- Bei keiner der vom SPF untersuchten Anlagen wurden Veränderungen der Leitungen ähnlich zu den Silikon-Kautschuk Leitungen festgestellt (Abb. 2,3,4).
- Die entnommenen Proben sind alle in einem tadellosen Zustand. Es konnte keine der beschriebenen Alterungserscheinungen festgestellt werden. Aufgrund dessen wurde auf weitere analytische Untersuchungen verzichtet.

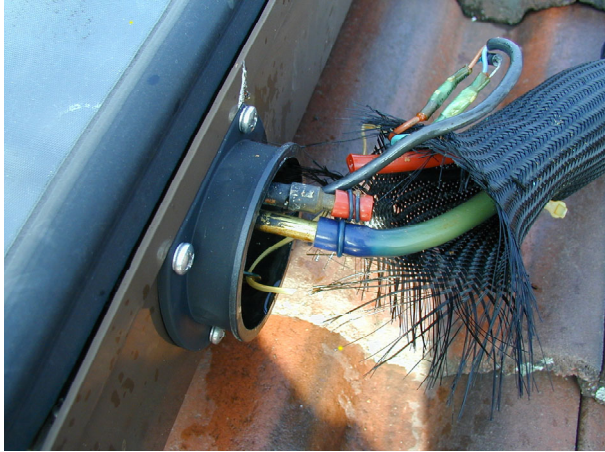
### 5. Beurteilung

Die neuartigen Leitungen erfüllen die Erwartungen punkto Flexibilität, Stabilität und Haltbarkeit vollumfänglich. Insofern entsprechen sie dem Bedürfnis nach einfach installierbaren Leitungen, die aber trotzdem die Haltbarkeit traditioneller Kupferleitungen bieten.

Potentielle Hersteller dieser Verbindungen für den inländischen Markt wurden kontaktiert. Aufgrund des beschränkten Marktvolumens werden die zu erwartenden Kosten für die Verbindungen um rund einen Faktor 5 höher als für konventionelle Kupferleitungen angegeben. Damit können die Einsparungen durch den reduzierten Installationsaufwand aber kaum realisiert werden.

Der Feldtest hat gezeigt, dass geeignete Materialien für flexible Verbindungen in solarthermischen Anlagen verfügbar sind. Diese werden jedoch vorderhand aus wirtschaftlichen Gründen nicht eingesetzt werden.

## 6. Abbildungen



**Abbildung 1**  
(Anlage P14, Effretikon)

Fehlerhafte Silikonleitung:  
Durch die hohen thermischen Belastungen bei Stillstand der Anlage verdampft der Wärmeträger im Absorber und kondensiert in den Leitungen im Anschlussbereich des Kollektors. Dies führt bei Silikonschläuchen zur Verfärbung und Aushärtung bzw. Versprödung. Auf diesem Bild ist diese Verfärbung deutlich erkennbar. Der rote Schlauch wurde für die Leitungsentleerung von uns durchgeschnitten.



**Abbildung 2**  
(Anlage P08, Riehen)

Neuartige Elastomerleitung:  
Eingesetzte Flextube vor der Probenentnahme nach 2 Betriebsjahren. Die hohen thermischen Belastungen liegen im Bereich der ersten 30 cm. Von aussen sind keine der beschriebenen Verfärbungen und Aushärtungen des Schlauches feststellbar.



**Abbildung 3**  
(Anlage P03, Riehen)

Neuartige Elastomerleitung:  
Probenentnahme der ersten 30 cm nach dem Kollektor. Aus 7 der umgerüsteten 15 Solkit-Anlagen wurden Proben entnommen. Alle dieser Proben sind in tadellosem Zustand. Es konnten keine der bei den Silikonleitungen beschriebenen Mängel festgestellt werden.



**Abbildung 4**  
(Anlage P10, Kastanienbaum)

Neuartige Elastomerleitung:  
Auf dieser Abbildung ist die Leitungsverbindung zur Pumpe und dem Warmwasserspeicher ersichtlich. Die Anschlussfreundlichkeit und Leitungsverlegung in engen Radien ist ebenfalls gewährleistet. Nach 2 Jahren Einsatz wurden diesbezüglich keine Mängel festgestellt.

Rapperswil, 06.12.2004

Stefan Brunold  
Leiter STV Institut für Solartechnik SPF

Bruno Fuchsli  
SPF Mess- und Kollektortechnik