

SPF Prüfvorschrift Nr. 14

Kompensatoren und Anschlüsse für solarthermische Anwendungen

Version 1.7, Januar 2023

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Allgemeines	2
1.1 Einleitung	2
1.2 Geltungsbereich	2
2 Test- und Randbedingungen	2
2.1 Prüfzyklen	2
3 Klassifizierung	3
3.1 Statische Belastungsklassen	4
3.2 Dynamische Belastungsklassen	4
4 Prüfprogramm	4
4.1 Einbau des Prüfmusters	4
4.2 Prüfprogramm	5
4.3 Bewertung der Ergebnisse	6
5 Zertifikat	6

1 Allgemeines

1.1 Einleitung

Die Betriebssicherheit und die Lebensdauer einer thermischen Solaranlage hängen von der Qualität aller verwendeten Komponenten ab. Die Verbindungen zwischen den Kollektoren sowie die Anschlüsse der Kollektoren an die Vor- und Rücklaufleitungen wurden als eine der potenziellen Schwachstellen identifiziert. Einige der verwendeten Anschlusssysteme sind den mechanischen und thermischen Belastungen moderner effizienter Kollektoren nicht gewachsen. Nach mehreren Betriebsjahren können dann Leckagen zum Ausfall des Systems führen.

Mit dem folgenden Prüfverfahren, das speziell für diesen Zweck entwickelt wurde, können Probleme mit Verbindungstechniken im Labor in kurzer Zeit aufgedeckt werden. Das Prüfverfahren besteht aus drei sich überlagernden Elementen:

- Statische Belastung: Einbaufehler/Toleranz und Ausrichtungsfehler (Abbildung 1).
- Dynamische Belastung: Ausdehnung aufgrund von Wärmeausdehnung (Abbildung 2).
- Thermische Belastung: Wärmeschocks, die in Stagnationsphasen auftreten.

Verschiedene Prüfklassen, wie später beschrieben, sind definiert und können für die Prüfung ausgewählt werden. Abhängig von der Auslegung des Kollektorfeldes, der Größe des Kollektors und der Anlusstechnik sollten der Kollektorhersteller und der Installateur geeignete Anschlusssysteme wählen.

1.2 Geltungsbereich

Dieses Prüfverfahren gilt für alle Arten von hydraulischen Kompensatoren und Anschlusssystemen im solarthermischen Kreislauf, wie z. B. Verschraubungen, Stecksysteme, Klemmringverschraubungen oder andere Verbindungselemente.

Starre Rohrverbindungen, Fittings und ähnliche Bauteile sind nur den thermischen Belastungen ausgesetzt.

2 Test- und Randbedingungen

2.1 Prüfzyklen

Die im Folgenden beschriebenen Prüfzyklen wurden so definiert, dass die in solarthermischen Anlagen üblicherweise anzutreffenden Betriebsbedingungen (einschließlich Stagnation) berücksichtigt werden.

- Maximaler Betriebsdruck: 10 bar
- Wärmeträgerflüssigkeiten: Technisch inhibierte Glykol-Wasser-Gemische (Ethylen- oder Propylenglykol)
- Die angewandten Belastungen werden unterschieden in Einbaufehler/Installationstoleranzen (statische Lasten) und dynamische Lasten aufgrund von Ausdehnungen durch die thermische Ausdehnung im Betrieb.
- Die Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit entsprechen der Belastung in Kollektorfeldern mit Flachkollektoren modernster Bauart (Einfachverglasung, selektive Absorberbeschichtung).

Nicht genormte Betriebsarten wie höhere Drücke, spezielle Wärmeträger, häufigere Stagnation usw. erfordern entsprechend angepasste Prüfzyklen.

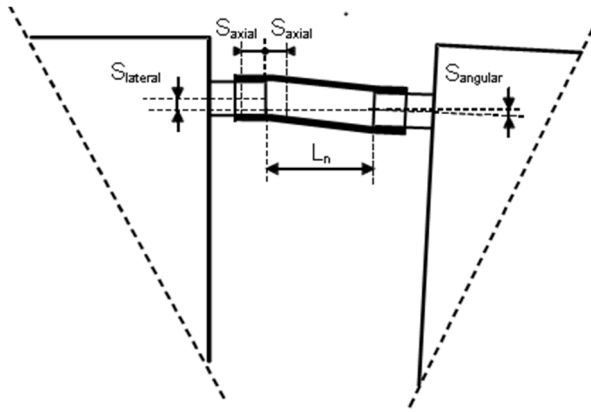


Abbildung 1: Definition der statischen Belastung

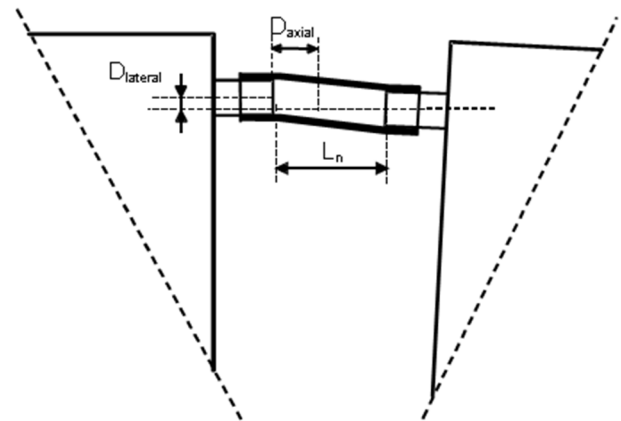


Abbildung 2: Definition der dynamischen Belastung

Bezeichnungen:

- L_n : Nominelle Einbaulänge
- S_{axial} : Axialer Einbaufehler (in beide Richtungen möglich)
- $S_{lateral}$: Seitlicher (radialer) Einbaufehler
- $S_{angular}$: Winkelfehler
- D_{axial} : Axiale dynamische Belastung
- $D_{lateral}$: Seitliche (radiale) dynamische Belastung

3 Klassifizierung

Die Kompensatoren und Anschlusssteile sind unterschiedlichen Belastungen ausgesetzt. Die folgenden Faktoren sind wichtig:

- Kollektortyp (Ausführung der Anschlüsse)
- Auslegung des Kollektors (Absorbergeometrie, Ausdehnung)
- Auslegung des Feldes (thermische Ausdehnung, mögliche Ausrichtungsfehler)
- Verrohrung (Dehnung, Montageprobleme)
- Installationsverfahren (Montagefehler)
- Auswahl des Absorbermaterials und der Anschlussleitungen (Wärmedehnung)
- Betriebsweise der Anlage (Druck, Temperatur)

Die Anforderungen an Steckverbinder und Verbindungsteile lassen sich entsprechend den folgenden Klassen zuordnen. Das Spektrum der Klassen ist so ausgelegt, dass die üblichen Anwendungen abgedeckt sind.

Eine beliebige Kombination von statischen und dynamischen Belastungsklassen ist möglich.

Für spezielle Fälle können die Anforderungen kundenspezifisch definiert werden. Diese werden in den Prüfergebnissen beschrieben und begründet.

3.1 Statische Belastungsklassen

Die definierten statischen Lasten sind im Wesentlichen von den Montagebedingungen bzw. dem Montagesystem abhängig. Die Montagetoleranz kann durch ein entsprechend ausgelegtes Montagesystem reduziert werden. Toleranzen, wie sie in den Klassen A bis C (Tabelle 1) definiert sind, liegen aber durchaus im Rahmen der üblichen Einbautoleranzen.

	S _{axial}	S _{lateral}	S _{angular}
Class A	< 5 mm	< 4 mm	< 1°
Class B	< 10 mm	< 5 mm	< 2°
Class C	< 20 mm	< 10 mm	< 5°

Tabelle 1. Definition der statischen Belastungsklassen

3.2 Dynamische Belastungsklassen

Die maximale dynamische Belastung wird erwartet, wenn sich das System im Stagnationszustand befindet. Die maximale Ausdehnung ist proportional zur Temperaturdifferenz zwischen der maximal erreichbaren Temperatur (Stagnation) und der minimalen Umgebungstemperatur. Flachkollektoren erreichen Stagnationstemperaturen in der Größenordnung von bis zu etwa 220°C. Unter Berücksichtigung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten für Kupfer ($\alpha \approx 17 \text{ K}^{-1}$) oder Aluminium ($\alpha \approx 23 \text{ K}^{-1}$) ist eine Ausdehnung von bis zu 4 mm pro Meter möglich, die vom Kompensator aufgenommen werden muss.

	D _{axial}	D _{lateral}
Class 1	< 8 mm	< 4 mm
Class 2	< 8 mm	< 8 mm
Class 3	< 20 mm	< 20 mm

Tabelle 2. Definition der dynamischen Belastungsklassen

4 Prüfprogramm

Das Prüfprogramm soll die Beanspruchung von Verbindungen und Verbindungsteilen über einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren abbilden. Die thermischen Belastungen beziehen sich jedoch nur auf das Wärmeträgermedium im flüssigen Zustand! Wichtig ist, dass neben den mechanischen Belastungen auch die thermischen Belastungen der Dichtungsmaterialien (Elastomerkunststoffe etc.) berücksichtigt werden müssen. Alle Einwirkungen durch Dampf oder kondensierende Wärmeträger sind im Rahmen dieser Prüfung nicht berücksichtigt. Für die Auswirkungen von Verdampfung und Kondensation auf Verbindungselemente (O-Ringe und Dichtungen) ist ebenfalls ein spezielles Prüfverfahren verfügbar (SPF-TP31).

4.1 Einbau des Prüfmusters

Montage des Probekörpers nach der Montageanleitung unter Einhaltung der nominalen Montagelänge ohne Berücksichtigung der Montagetoleranz.

Die maximale Einbautoleranz wird entsprechend der angegebenen Klasseneinteilung (A, B oder C) so angelegt, dass sich die maximale Belastung in Kombination mit der dynamischen Belastung ergibt (siehe Abbildung 3).

4.2 Prüfprogramm

Während der gesamten Lebensdauer des Anschlusssteils sind in einer solarthermischen Anlage ca. 5000 Zyklen bei Normalbetrieb und 500 Zyklen bei Stagnation zu erwarten. Im Falle der Stagnation bei maximaler Temperatur des Anschlusssteils wird ein "Vollhub" durchgeführt. Das bedeutet, dass je nach gewählter Klasse der dynamischen Belastung (1, 2 oder 3) die dynamische Belastung zusätzlich zur statischen Belastung so aufgebracht wird, dass sich die maximale Gesamtbelastung ergibt (siehe Abbildung 3). Während der 5000 Zyklen des Normalbetriebs wird die Hälfte der dynamischen Last ("Halbhub") auf die gleiche Weise aufgebracht wie die statische Last.

Während der Prüfung wird die Probe auch hohen Temperaturen und Temperaturschocks ausgesetzt. Der "Vollhub"-Zyklus wird gestartet, wenn die Temperatur des Prüflings eine Temperatur von 180°C erreicht hat. Bei maximaler Belastung (entsprechend der maximalen Ausdehnung) wird die Probe dann einem Temperaturschock ausgesetzt. Die Temperatur wird innerhalb von 5 Sekunden von 180°C auf unter 80°C gesenkt. Ein kompletter Vollhub (Vorwärts- und Rückwärtsbewegung) dauert ca. 900 Sekunden. Während der Halbhübe laufen die Zyklen bei Umgebungstemperatur. Ein kompletter Halbhub dauert ca. 15 Sekunden.

Starre Rohrverbindungen, Fittings und ähnliche Bauteile werden nur den thermischen Belastungen ausgesetzt.

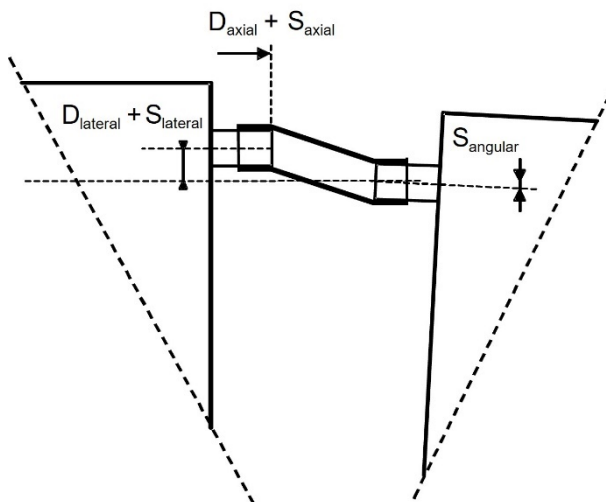


Figure 1: Die maximale Belastung ist die Summe aus Installationsfehler und dynamischer Belastung

Parameter	wert
Nominale Einbaulänge	Herstellerangabe

Einbaufehler	Abhängig von der gewählten Klasse (A, B, C) oder nach der Kundenspezifikation
Prüfdruck	10 (- 0,5 / + 0,5) bar oder wie vom Kunden angegeben
Dynamische Belastung	Je nach Klasse (1, 2, 3) oder wie vom Kunden angegeben
Anzahl der Vollhübe	500
Anzahl der Halbhübe	5000
Prüfprogramm	450 Vollhübe, dann 5000 Halbhübe, dann 50 Vollhübe
Dauer	Vollhub ca. 900 Sekunden Halbhub ca. 20 Sekunden Gesamtdauer des Tests ca. 7 Tage
Temperaturbelastung bei vollem Hub	Vollhub 180 °C (+/- 5°C)
Temperaturschock bei maximaler Belastung bei vollem Hub	Von 180°C auf unter 80°C in 5 Sekunden
Temperaturbelastung bei halbem Hub	Umgebungstemperatur

Tabelle 3. Zusammenfassung der Parameterinformationen zum Test

4.3 Bewertung der Ergebnisse

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn während der gesamten Prüfung keine Undichtigkeiten festgestellt werden.

5 Zertifikat

Für erfolgreich getestete Anschlusssteile wird ein Zertifikat ausgestellt und veröffentlicht, welches die folgenden Informationen enthält:

- Prüfnummer bestehend aus einem J ("Joint") mit einer fortlaufenden Prüfnummer.
- Gültigkeitsdauer des Zertifikats: 5 Jahre ab dem Datum der Ausstellung.
- Beschreibung des Prüfmusters: Materialien, Prinzip der Abdichtung, Abmessungen, Abbildung.
- Angabe der Nennlänge.
- Ausgewählte Prüfklasse für statische und dynamische Belastung.
- Bei Probekörpern, die nur thermisch beansprucht wurden (z. B. Fittings), wird darauf hingewiesen, dass die Dehnungen durch zusätzliche Elemente wie Kompensatoren, Bögen oder Schläuche aufgenommen werden müssen.
- Bei anwenderspezifischen Prüfbedingungen wird im Prüfbericht darauf hingewiesen und die Bedingungen werden aufgeführt.

Rapperswil, 1. Januar 2023