

# Anschlusssteile und Verbindungen thermischer Sonnenkollektoren

## Prüfverfahren und Anforderungen

Update: März 2010

### 1. Einführung

Die Betriebssicherheit und die Lebensdauer einer solarthermischen Anlage hängen von der Qualität aller eingesetzten Komponenten ab. Als Schwachpunkte herauskristallisiert haben sich die Verbindungen zwischen den Kollektoren, sowie die Anschlüsse der Kollektoren an die Vor- und Rücklaufleitungen. Einige der bisher verwendeten Verbindungssysteme halten den erhöhten Anforderungen durch immer leistungsfähigere Kollektoren häufig nicht mehr stand. Nach mehreren Betriebsjahren können Undichtigkeiten zum Ausfall der Anlage führen.

Mit dem folgenden speziell dafür entwickelten Prüfverfahren können Probleme an der Verbindungstechnik im Labor innert kurzer Zeit erkannt werden. Die Anforderungen an die Kollektorverbindung bzw. den Kollektoranschluss sind im Rahmen der nachfolgenden Klasseneinteilung definiert. Je nach Kollektorfeldanordnung, Anlagen, Kollektorgrösse und Anschlussweise muss der Kollektorhersteller die Einordnung seiner Anschlüsse bzw. Verbindungen vornehmen.

### 2. Test- und Randbedingungen

Die nachfolgend beschriebenen Testzyklen wurden so festgesetzt, dass die in Anlagen üblicherweise herrschenden Betriebsbedingungen abgedeckt werden. Die Testbedingungen decken auch einzelne Anlagenfehler die zur Stagnation führen ab.

- Max. Betriebsdruck der Anlage: 10 bar
- Wärmeträgerflüssigkeiten: technisch inhibierte Glykol / Wassergemische (Ethylen- oder Propylenglykol)
- Aufteilung der Belastungen in Bautoleranzen d.h. statische Belastung und in dynamische Belastungen durch Dilatationen im Einsatz.
- Die Anforderungen bezüglich Temperaturbeständigkeit entsprechen der Belastung in Kollektorfeldern mit Flachkollektoren moderner Bauweise (einfache Abdeckung, solarselektive Absorberbeschichtung).
- Starre Rohrverbindungen, Fittinge und ähnliche Bauteile werden ausschliesslich der thermischen Belastungen ausgesetzt.

Unübliche Betriebsweisen wie beispielsweise höhere Drücke, spezielle Wärmeträger, häufige Stagnation etc. verlangen entsprechend angepasste Testzyklen.

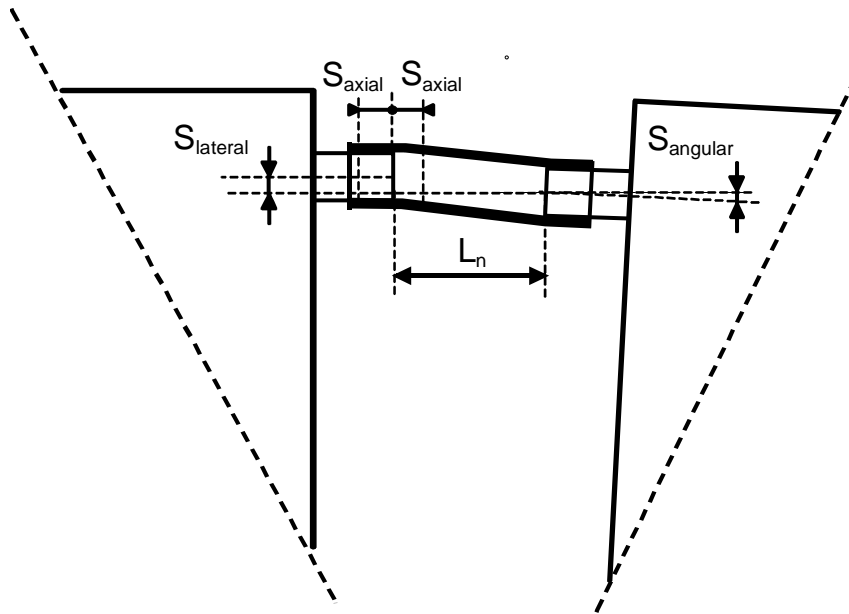


Abbildung 1: Definition Montagefehler

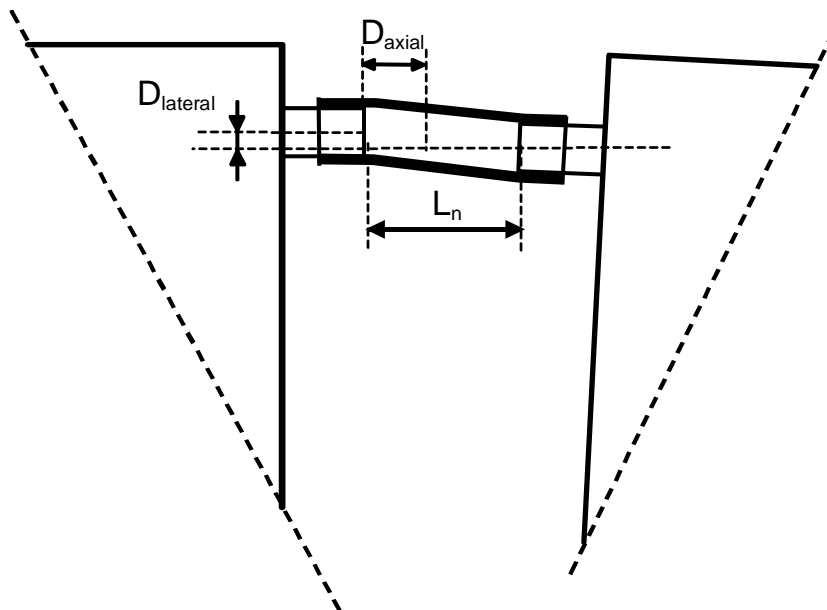


Abbildung 2: Definition dynamische Belastung

**Nomenklatur:**

- $L_n$  : Nenneinspannlänge
- $S_{axial}$  : axiale Bautoleranz (in beiden Richtungen möglich)
- $S_{lateral}$  : laterale (radiale) Bautoleranz
- $S_{angular}$  : Winkelfehler Bautoleranz
- $D_{axial}$  : axiale dynamische Belastung
- $D_{lateral}$  : laterale (radiale) dynamische Belastung

### 3. Klassenbildung

Die Anschluss- und Verbindungsteile werden unterschiedlich belastet. Folgende Faktoren spielen eine Rolle:

- Kollektortyp (Ausführung der Anschlüsse)
- Kollektorbauweise (Absorbergeometrie, Ausdehnung)
- Feldanordnung (Dehnung, Montagefehler)
- Verrohrung (Dehnung, Montagefehler)
- Installationsweise (Montagefehler)
- Materialwahl Absorber und Anschlussleitungen (Ausdehnung)
- Betriebsweise der Anlage (Druck, Temperatur)

Die Anforderungen an Anschluss- und Verbindungsteile können dementsprechend den nachfolgenden Klassen zugeordnet werden. Die Bandbreite der Klassen wurden so angelegt, dass die üblichen Anwendungen enthalten sind.

Es sind beliebige Kombinationen der Klassen statischer bzw. dynamischer Belastung möglich. Für Spezialfälle können die Anforderungen kundenspezifisch festgelegt werden. In den Testresultaten werden diese sowohl beschrieben als auch begründet.

#### **Klassenbildung statische Belastung:**

$S_{axial}$  : axiale Bautoleranz (in beiden Richtungen)

$S_{lateral}$  : laterale (radiale) Bautoleranz

$S_{angular}$  : Winkelfehler Bautoleranz

	$S_{axial}$	$S_{lateral}$	$S_{angular}$
<b>Klasse A:</b>	< 5 mm	< 4 mm	< 1°
<b>Klasse B</b>	< 10 mm	< 5 mm	< 2°
<b>Klasse C</b>	< 20 mm	< 10 mm	< 5°

#### **Klassenbildung dynamische Belastung:**

$D_{axial}$ : axiale dynamische Belastung

$D_{lateral}$ : laterale (radiale) dynamische Belastung

	$D_{axial}$	$D_{lateral}$
<b>Klasse 1</b>	< 8 mm	< 4 mm
<b>Klasse 2</b>	< 8 mm	< 8 mm
<b>Klasse 3</b>	< 20 mm	< 20 mm

Die definierten statischen Belastungen sind wesentlich von den Montagebedingungen bzw. dem Montagesystem abhängig. Die Montagetoleranz kann durch ein entsprechend ausgebildetes Montagesystem reduziert werden. Allerdings sind Toleranzen wie in den Klassen A bis C festgelegt durchaus im Rahmen üblicher Bautoleranzen.

Die grösste dynamische Belastung tritt bei Stillstand der Anlage auf. Die maximale Dilatation ist proportional zur Temperaturdifferenz zwischen der höchsten erreichbaren Temperatur und der minimalen Umgebungstemperatur. Flachkollektoren erreichen Stagnationstemperaturen in der Grössenordnung von 200°C. Kupfer erreicht, unter diesen Bedingungen, pro Meter eine Dilatation von ca. 4 mm. Bei der Wahl eines Kompensators müssen die maximal möglichen Dilatationen im Einsatz bestimmt werden, um die richtige Klasse der dynamischen Belastung zu wählen.

## 4. Testprogramm

Das Testprogramm soll die Belastungen repräsentieren, die während 20 Jahren auf Verbindungen und Anschlusssteile einwirken. Neben den mechanischen sollen auch thermischen Belastungen an Dichtungsmaterialien (Elastomermaterialien etc.) berücksichtigt werden. Allerdings beziehen sich die thermischen Belastungen nur auf den Wärmeträger in flüssigem Zustand; Einwirkungen durch Dampf bzw. durch kondensierenden Wärmeträger wird im Rahmen dieser Prüfung nicht abgedeckt.

### **Einbau des Prüflings:**

Einspannen des Prüflings entsprechend den Einbauvorschriften unter Einhaltung der minimalen Einbaulänge ohne Berücksichtigung der Montagetoleranz.

Die maximale Montagetoleranz wird entsprechend der vorgegebenen Klasseneinteilung (A, B oder C) so beaufschlagt, dass sich in Kombination mit der dynamischen Last die maximale Belastung ergibt (siehe Abbildung 3).

### **Prüfprogramm:**

Während der gesamten Lebensdauer des Anschluss- bzw. Verbindungsteils werden in einer Solaranlage 5000 Betriebszyklen Normalbetrieb und 500 Betriebszyklen Stagnation erwartet. Im Stagnationsfall also bei maximaler Temperatur des Verbindungsteils wird ein „Vollhub“ gefahren. Das heisst entsprechend der gewählten Klasse dynamischer Last (1, 2 oder 3) wird zusätzlich zur statischen, die dynamische Belastung gefahren und zwar so, dass sich die höchste Gesamtbelastung ergibt (siehe Skizze). Bei den 5000 Betriebszyklen Normalbetrieb wird die Hälfte der dynamischen Last (Halbhub), in der selben Art wie der Vollhub, gefahren. Während der Prüfung wird das Verbindungsteil zusätzlich hohen Temperaturen und Temperaturschocks ausgesetzt. Der Zyklus „Vollhub“ wird gestartet, wenn die Temperatur des Prüflings 180°C erreicht hat. Bei maximaler Belastung (entspricht dem maximalen Verfahrensweg) wird der Prüfling einem Temperaturschock ausgesetzt. Dabei wird die Temperatur von 180°C auf unter 80°C für die Dauer von 5 Sekunden reduziert. Ein ganzer Vollhub (Vor- und Rückbewegung) dauert 900 Sekunden. Während den Halbhüben wird mit Umgebungstemperatur gearbeitet. Ein kompletter Halbhub dauert ca. 15 Sekunden.

Starre Rohrverbindungen, Fittings und ähnliche Bauteile werden ausschliesslich der thermischen Belastungen ausgesetzt.

### **Bewertung der Prüfung:**

Die Prüfung ist bestanden, wenn während der ganzen Prüfung keinerlei Lecks auftreten.

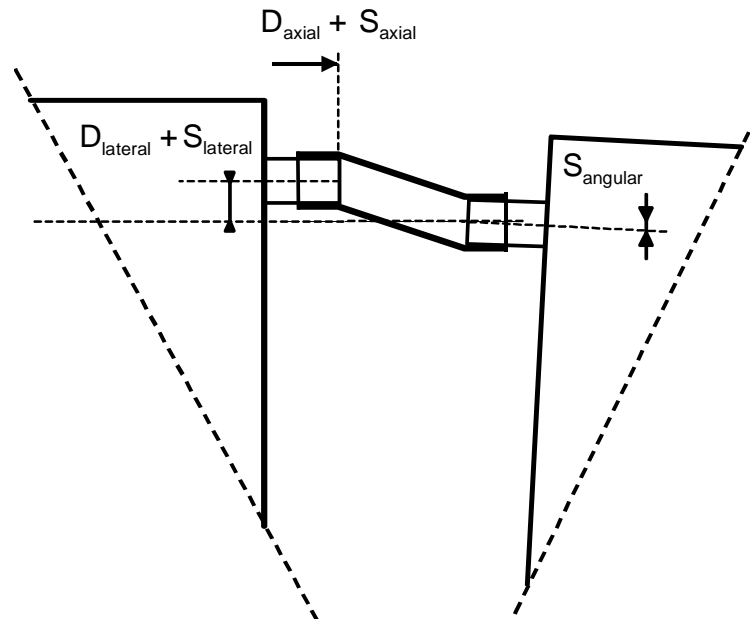


Abbildung 3: Maximale Belastung als Summe aus Montagefehlern und dynamischer Last

Vorgabe	Wert
Nenneinspannlänge	Herstellerangabe
Montagefehler	Je nach Klasse (A, B, C) oder nach Vorgabe des Auftraggebers
Testdruck	10 (- 0.5 / + 0.5) bar oder nach Vorgabe des Herstellers
Dynamische Belastung	Je nach Klasse (1, 2, 3) oder nach Vorgabe des Auftraggebers
Anzahl Vollhübe	500
Anzahl Halbhübe	5000
Ablauf	450 Vollhübe dann 5000 Halbhübe dann 50 Vollhübe
Dauer	Vollhub ca. 900 Sekunden Halbhub ca. 20 Sekunden Gesamtdauer der Prüfung ca. 6.5 Tage
Temperaturbelastung beim Vollhub	Vollhub 180 °C (+/- 5°C)
Temperaturschock während max. Last bei Vollhub	Von 180°C auf unter 80°C für 5 Sekunden
Temperaturbelastung bei Halbhub	Umgebungstemperatur

Tabelle 1: Zusammenstellung Angaben zur Prüfung

## 5. Zertifikat

Das Zertifikat für erfolgreich geprüfte Anschluss- und Verbindungsteile, beinhaltet folgende Angaben:

- Prüfnummer bestehend aus einem J (engl. „Joint“) mit einer fortlaufenden Testnummer.
- Gültigkeitsdauer des Zertifikats: 5 Jahre ab Ausstellungsdatum
- Beschreibung des Prüflings: Materialien, Dichtungsprinzip, Masse, Abbildung
- Angabe der Nenneinspannlänge
- Angabe der Klassen Bautoleranz und dynamische Belastung
- Bei Prüflingen die nur der thermischen Belastung ausgesetzt wurden (z.B. Fittings) wird im Zertifikat vermerkt, dass die Dilatationen durch zusätzliche Elemente (Kompensatoren, Schläuche) aufgenommen werden müssen.
- Bei anwenderspezifischen Testbedingungen wird im Prüfbericht darauf verwiesen und die Bedingungen aufgelistet.

Rapperswil, 1. März 2010

Kontakt

Tel.: +44 2224821

[testing@solarenergy.ch](mailto:testing@solarenergy.ch)