

28. Mai 2017

Merkblatt «Stagnation sicher beherrschen»

Autoren

Ralph Eismann, ETH Zürich

Bruno Schläpfer, Ernst Schweizer AG, Metallbau

Andreas Haller, Ernst Schweizer AG, Metallbau

Andreas Bohren, SPF, Hochschule Rapperswil

Daniel Ehrbar, Solarline-Güttinger AG

Jürg Marti, Marti Energietechnik

José Martin, Swissolar

Dieses Merkblatt wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

Einleitung

Eine korrekt geplante und gut gebaute Solaranlage übersteht Stagnation ohne Schäden. Dieses Merkblatt gilt für druckbefüllte Anlagen, die mit Wasser-Glykol-Gemisch betrieben werden. Es basiert auf dem Bericht «Stagnation sicher beherrschen¹», der ebenfalls bei EnergieSchweiz bezogen werden kann, und stellt die wichtigsten Regeln für die Planung und Ausführung dar. Wasser-Glykol-Gemisch wird im Text meist abkürzend mit Flüssigkeit bezeichnet. Wichtige Begriffe sind fett gedruckt. Merksätze sind mit • markiert.

Was ist Stagnation?

Wenn die Speicher einer Solaranlage geladen sind, wird die Solarkreispumpe abgestellt und die Kollektoren können keine Nutzwärme mehr liefern. Dieser Zustand heisst Stagnation. Die Temperatur eines Absorbers steigt so lange an, bis sein Wärmeverlust gleich gross ist wie die absorbierte Strahlungsleistung. Flachkollektoren mit einfacher Abdeckung erreichen eine **Stagnationstemperatur** von rund 200 °C, Vakuum-Röhrenkollektoren (VKR) je nach Bauart bis weit über 300 °C. Das Wasser-Glykol-Gemisch beginnt jedoch bereits bei 120-140 °C zu siedeln. Der entstehende Dampf entleert die Kollektoren zum grossen Teil, indem er die Flüssigkeit in die Rohrleitungen des Solarkreislaufes verdrängt. Dabei wird ein entsprechendes Volumen Flüssigkeit aus den Rohrleitungen in das Ausdehnungsgefäss verschoben. In den Absorbern bleibt immer eine gewisse **Restmenge** Flüssigkeit zurück. Die Restmenge verdampft im Lauf der Stagnation. Diesen Zustand eines Kollektorfeldes nennt man **Leersieden**. Der Dampf breitet sich in die Rohrleitungen aus. Dort kondensiert der Dampf und heizt dabei die Rohrwand auf. Die Länge der dampfgefüllten Leitungen heisst **Dampfreichweite**. Die maximale Dampfreichweite ist erreicht, wenn in den Kollektoren gleich viel Flüssigkeit verdampft wie in den Rohren kondensiert. In diesem Zeitpunkt ist auch das **Dampfvolumen** maximal.

Partielle Stagnation – ein gefährlicher Zustand

Bei partieller Stagnation befindet sich nur ein Teil des Kollektorfeldes in Stagnation. Der andere Teil ist in Betrieb und wird bei laufender Solarkreispumpe durchströmt. Die wichtigsten Ursachen sind

- Luft im Kreislauf
- Druckabfall durch Leck.
- Falsche Position des Kollektorfühlers

Partielle Stagnation ist daher etwas völlig anderes als normale Stagnation. Bei einer partiellen Stagnation ist die Gefahr gross, dass Dampfblasen aus dem stagnierenden Bereich in den durchströmten Bereich des Kollektorfeldes verschoben werden. Dort kondensieren die Dampfblasen schlagartig. Dabei entstehen **Druckstösse** mit weit über 10 bar. Partielle Stagnation lässt sich durch regeltechnische Massnahmen¹ vermeiden.

¹ Eismann, R. et al. (2017) Stagnation sicher beherrschen. Schlussbericht, EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Bern

Regeln für ein günstiges Stagnationsverhalten

Je besser der entstehende Dampf die Flüssigkeit aus den Kollektoren verdrängen kann, desto kleiner ist die **Restmenge** Flüssigkeit, die in den Kollektoren zurückbleibt. Diese Eigenschaft des Kollektorfeldes heisst **Entleerbarkeit**. Je kleiner die Restmenge ist, desto kleiner ist das maximale Dampfvolumen.

- Die Herstellerangaben zur Kollektormontage und zur Anschlussverrohrung müssen beachtet werden.
- Der Einsatz von Kollektoren ausserhalb der Spezifikation ist nicht zulässig.

Verschaltung von Kollektoren

- Die Entleerbarkeit ist nach Abbildung 1 abhängig von der hydraulischen Verschaltung der Kollektoren.
- Bei Kollektoren mit integrierten Sammelleitungen muss man darauf achten, dass **alle** Verteil- und Sammelleitungen durchströmt sind, d.h. **keine toten Leitungen** vorkommen.

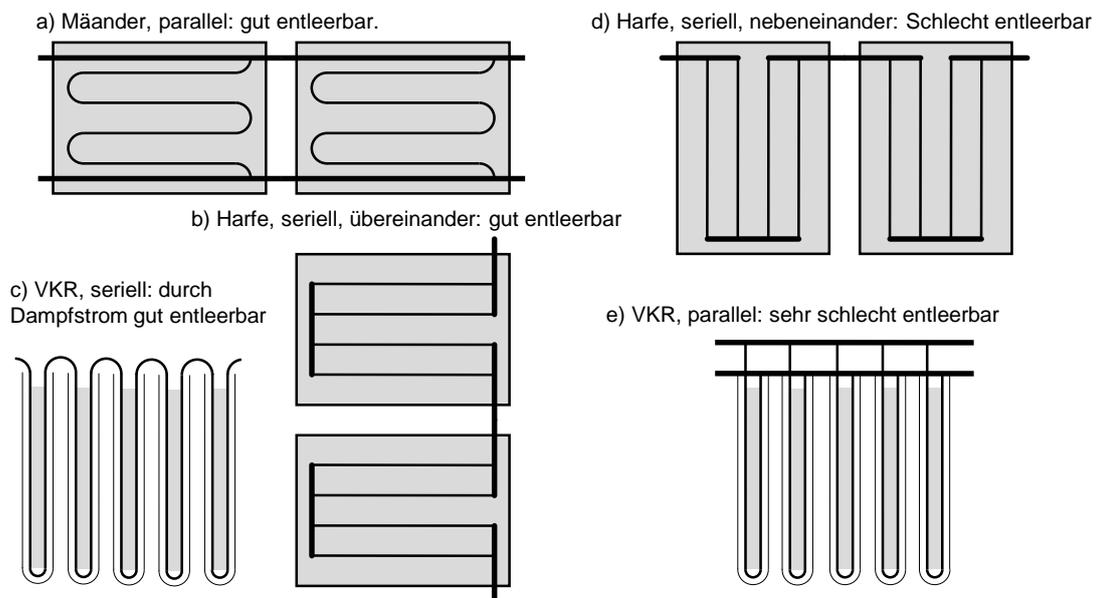


Abbildung 1 Entleerbarkeit verschiedener Kollektorfelder

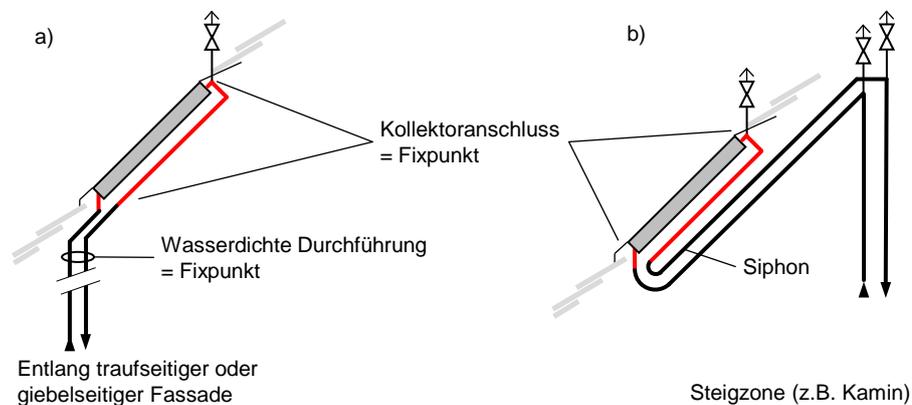


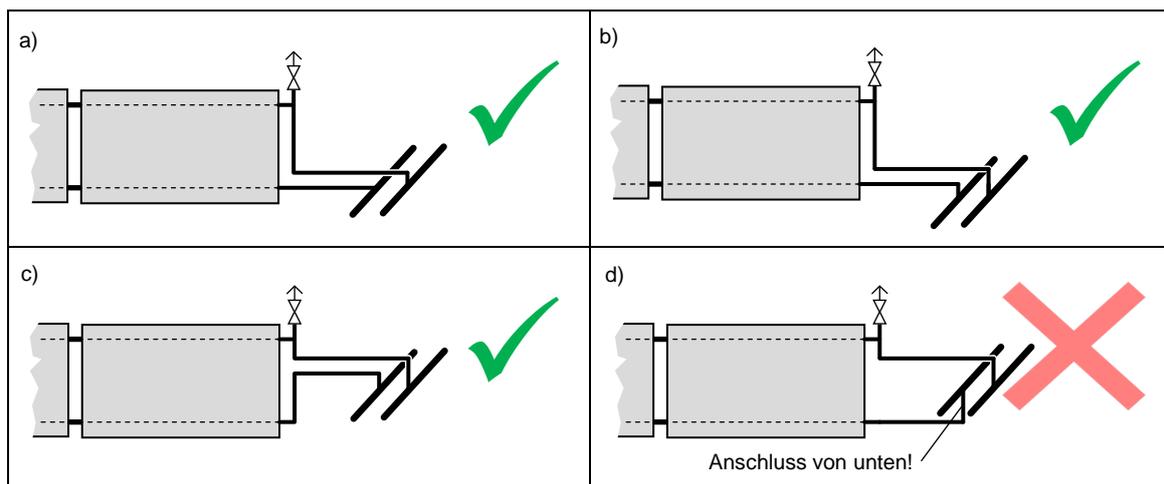
Abbildung 2 Rohrführung bei dachintegrierten Kollektorfeldern.

Dachintegrierte Kollektorfelder

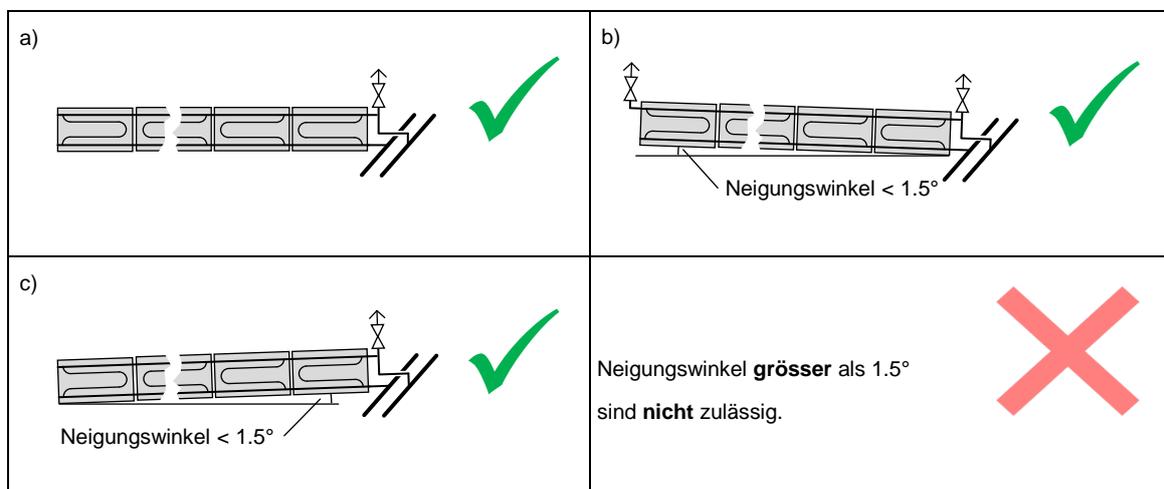
- Die Leitung vom oberen Kollektoranschluss muss nach Abbildung 2 a) und b) auf möglichst kurzem Weg auf das Niveau des unteren Kollektoranschlusses geführt werden.
- Falls das obere Ende der Steigleitungen über dem unteren Kollektoranschluss liegt, muss der obere Kollektoranschluss nach Abbildung 2 b) über einen **Siphon** mit der Steigleitung verbunden werden.
- Der Leitungsquerschnitt des Siphons muss so gewählt werden, dass die Fließgeschwindigkeit im Betrieb mindestens 1 m/s beträgt. Gut geeignet sind Stahl- und Edelstahlrohre. Ungünstig sind Welschläuche (Schwingungen) und Kupfer (Erosionskorrosion) bei Fließgeschwindigkeiten über 1 m/s.

Frei aufgeständerte Kollektorfelder

- Die Verbindungsleitung zwischen der Feldleitung und dem Kollektoranschluss muss so verlaufen, dass keine Flüssigkeit aus der Feldleitung in den dampfgefüllten Kollektor fließen kann.

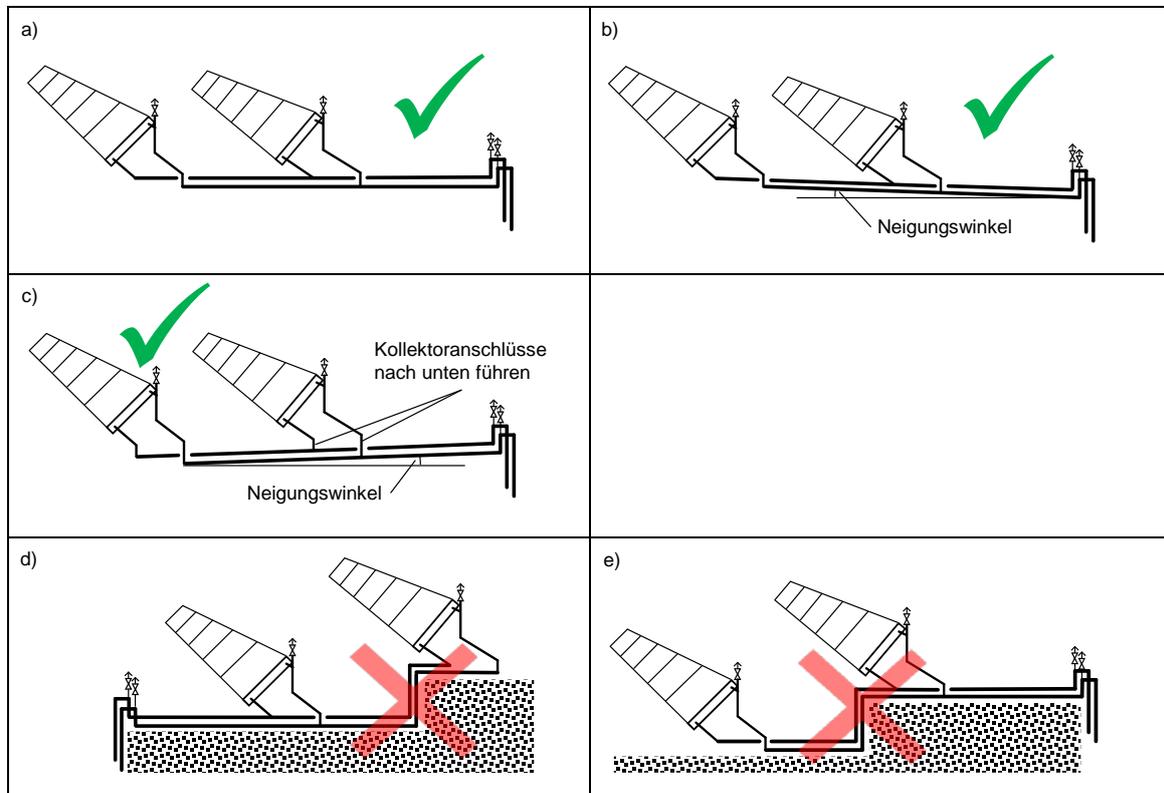


- Das Gefälle von Kollektorreihen darf maximal +/- 1.5° betragen.



Mehrreihige Kollektorfelder

- Bei Mehrreihigen Kollektorfeldern müssen die Kollektoren in einer Ebene angeordnet werden.
- Die Neigung der Feldverrohrung darf maximal +/- 1.5 Grad betragen.



Luftabscheider im Dampfbereich

- Luftabscheider müssen durch einen Absperrhahn vom Kreislauf getrennt werden
- oder automatisch schliessen, bevor die Temperatur 100 °C erreicht.

Rohrführung und Armaturen im Technikraum

- Falls der Dampf bis in den Technikraum vordringen kann, muss die Dampfreichweite nach Abbildung 3 a) durch einen Kondensator oder b) durch ein Vorschaltgefäß (VSG) begrenzt werden. Zum Schutz der Pumpe muss die Ausdehnungsleitung **auf der Druckseite** angeschlossen sein.
- Das Ausdehnungsgefäß darf nach Abbildung 3 c) **nur dann** auf der Saugseite der Pumpe an den Kreislauf angeschlossen werden, wenn weder Dampf noch heisses Kondensat die Pumpe erreichen kann.
- Rückschlagventile müssen so angeordnet sein, dass der Dampf das Kollektorfeld gleichzeitig über den Vorlauf **und** den Rücklauf entleeren kann.

Druckhaltung

- Das Volumen des Membran-Druckausdehnungsgefäßes (MAG), der Vordruck und der Systemdruck müssen bereits in der Ausführungsplanung festgelegt werden.

- Beim druckseitigem Anschluss (Standard bei Solaranlagen) muss der Fülldruck um den Pumpendruck höher sein als beim saugseitigem Anschluss.
- Ein grosszügig gewähltes MAG Volumen erhöht die Betriebssicherheit.
- Bei einer Kompressordruckhaltung muss der Druck 2 bar höher sein als der minimale Anfangsdruck bei einer Druckhaltung mit MAG. Geringere Drücke führen zu grösseren Dampfreichweiten als bei MAG.
- Falls das VSG nicht rechnerisch dimensioniert werden kann, soll das Volumen des VSG mindestens dem Volumen der Kollektoren entsprechen.
- Der obere Anschluss des VSG wird mit dem Kreislauf verbunden, der untere Anschluss mit dem Ausdehnungsgefäss.
- Die Gasdurchlässigkeit der Membran steigt mit zunehmender Temperatur. Daher soll die Fluidtemperatur im MAG unter 50 °C bleiben.

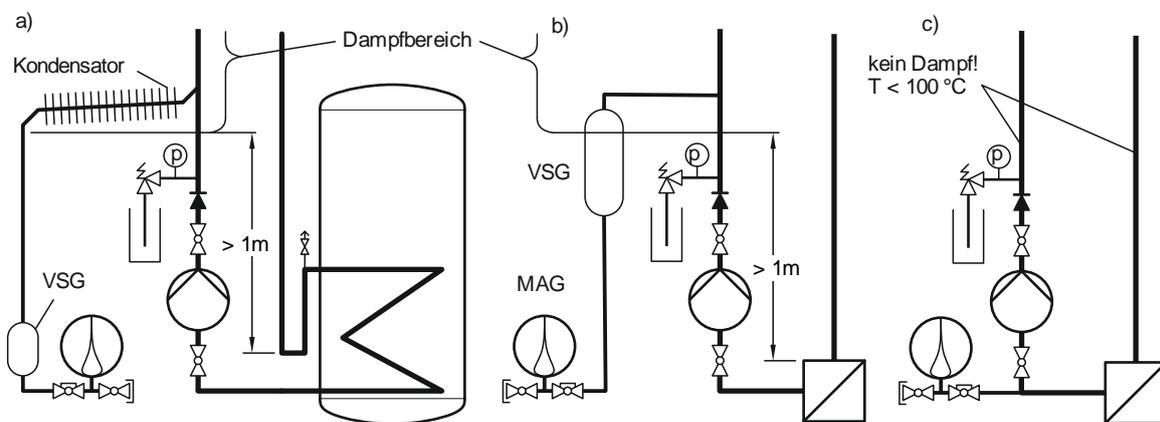


Abbildung 3 Rohrführung und Armaturen im Technikraum.

Wasser-Glykol-Gemisch

- Nur Wasser-Glykol Gemische verwenden, die für Solaranlagen zugelassen sind.
- Zulässige Betriebs- und Maximaltemperaturen nach Datenblatt beachten.
- Bei direkt durchströmten VKR muss Stagnation möglichst vermieden, beispielsweise durch Kühlmassnahmen im Normalbetrieb.

Literatur: Eismann, R. et al. (2017) Stagnation sicher beherrschen. Schlussbericht, Energie-Schweiz, Bundesamt für Energie, Bern – <https://www.energieschweiz.ch/home>