

## Wärmeträger für Solarwärme-Anlagen

**Wasser ist ein ideales Fluid für den Transport von Wärme. Es besitzt eine hohe Wärmekapazität und eine geringe Viskosität. Da Wasser bereits bei 0° C gefriert, muss dieses in Aussenanwendungen mit speziellen Frostschutzmitteln vor der Eisbildung geschützt werden. Diese Zusätze dürfen nicht giftig und sollten biologisch gut abbaubar sein, sowie die in einem Kollektorkreis auftretenden Materialien nicht angreifen. Wärmeträger in thermischen Solaranlagen sollten zudem den maximal auftretenden Temperaturen schadlos widerstehen und langzeitstabil sein.**

**Auf dem Markt sind heute 3 Arten von Wärmeträgern für thermische Solaranlagen: Fluide auf Basis Monoethylenglykol (MEG), von Propylenglykol (MPG) und von höher siedenden Glykolen.**

**Ethylenglykol verursacht bereits in geringen Mengen schwere gesundheitliche Schäden, weshalb sich Ethylenglykol trotz besser physikalischer Eigenschaften als Propylenglykol meist nur noch in bestehenden Altanlagen oder in Anlagen mit Heizungswasser als Speichermedium findet. Im Anwendungsbereich für Lebensmittel, was Trinkwasser darstellt, darf Ethylenglykol heute nicht mehr verwendet werden.**

**Wärmeträger auf Basis Propylenglykol sind heute der Standard in thermischen Solaranlagen. Dieser Wärmeträger wird am Markt unter verschiedenen Markennamen angeboten.**

**Für Hochleistungs-Flach- und Vakuumröhrenkollektoren mit höheren Stagnationstemperaturen wurden Fluide auf Basis von höher siedenden Glykolen entwickelt. Diese weisen allerdings bei gleicher Frostsicherheit eine geringere Wärmekapazität und eine höhere Viskosität als Propylenglykol –Wassergemische auf. Daher muss, um die gleiche thermische Leistung der Anlage zu erreichen, der Fluidvolumenstrom und folglich die Pumpleistung erhöht werden. Bei der Dimensionierung der Rohrleitungen ist darauf Rücksicht zu nehmen. Als Faustformel wird hier für den gleichen Druckverlust im Kollektorkreis eine Rohrinnenweite grösser benötigt.**

### Empfehlungen

- Kollektoren und Kollektorverschaltungen wählen, welche sich leicht durch Schwerkraft oder im Stagnation fall entleeren. Je weniger Frostschutz bei Stagnation im Kollektor verbleibt, desto länger ist die Standzeit des Wärmeträgers.
- Sauerstoff wirkt sich, wie auch zu hohe Temperaturen, nachteilig auf die Lebensdauer von Glykol-basierten Wärmeträgern aus. Es sind entsprechende Entlüftungsmöglichkeiten im Kollektorkreis vorzusehen. Ausserhalb der Dampfreichweite von Kollektoren sind auch automatische Entlüfter sinnvoll.
- Für Kollektoren mit Stagnationstemperaturen deutlich über 200 °C sind vorzugsweise Wärmeträger auf Basis höher siedender Glykole zu verwenden. Zusätzlich müssen hier zwingend Massnahmen zur Verhinderung von Stagnation getroffen werden (Stagnationskühler, Wärmeabfuhr in Erdsonden und dgl.)
- Wärmeträger benötigen eine periodische Kontrolle. Die Kontrollintervalle sollen wie folgt angesetzt werden:
  - Alle 3 – 5 Jahre: Systeme mit maximalen Kollektortemperaturen von < 160 °C
  - Alle 2 Jahre: Systeme mit Flachkollektoren mit Stagnationstemperaturen > 160 °C, Vakuumröhrenkollektoranlagen < 260 °C und Wärmeträgern auf Basis höher siedender Glykole, selbstentleerenden Systeme
  - Jährlich: Systeme mit Vakuumröhren-Kollektoren > 260 °C
- Minimale Kontrolle: pH-Wert, Trübung und Frostsicherheit. Im Zweifelsfall und bei grösseren Anlagen ist zusätzlich die Alkalireserve zu messen und ein Korrosionstest durchzuführen (I.d.R. durch den Fluid-Lieferanten).

### Physikalische Eigenschaften

Wärmeträger auf Glykolbasis weisen schlechtere physikalische Eigenschaften als Wasser auf. Die Wärmekapazität ist geringer. Entsprechend muss mehr Medium umgewälzt werden um die Energie zu transportieren. Nachteilig wirkt sich auch die höhere Viskosität aus, welche den Druckverlust im System zusätzlich erhöht. Wärmeträger auf Basis höherer Glykole unterscheiden sich von Propylen- und Ethylenglykol-Gemischen durch nochmals schlechtere Werte. Dies führt in der Regel zu grösseren Rohrdurchmessern und entsprechend grösseren Fluidinhalten und Wärmeverlusten. Mit steigenden Temperaturen nimmt die Viskosität ab, was zu einer erhöhten Förderleistung oder bei drehzahlgeregelten Anlagen zu einer geringeren Stromaufnahme der Umwälzpumpe führt.

	Propylenglykol 35%-Wasser (Mittelland)	Propylenglykol 45%-Wasser (Berggebiet)	Ethylenglykol 30%-Wasser (Mittelland)	Höhere Glykole- Wasser (Fertigmischung)
Sprengwirkung unterhalb	- 27° C	- 40° C	- 24° C	ca. - 30° C
Spezifische Wärmekapazität ( 40° C)	3,8 kJ/kg*K	3,7 kJ/kg*K	3,8 kJ/kg*K	3,2 kJ/kg*K
Kinematische Viskosität (40°C)	2,2 mm <sup>2</sup> /S	3,1 mm <sup>2</sup> /S	1,5 mm <sup>2</sup> /S	3,7 mm <sup>2</sup> /S
Relativer Druckverlust zu Wasser (40° C) bei gleicher transportierter Wärmemenge	1.6	1.8	1.4	2.4

Tabelle 1: Fluideigenschaften verschiedener Wärmeträger

### Frostschutz

Die verschiedenen Wärmeträger weisen leicht unterschiedliche Frostschutzeigenschaften auf. Ethylenglykol-Wasser-Mischungen bieten bereits bei geringen Konzentrationen eine gute Frostsicherheit. Propylenglykol muss für die gleiche Sicherheit etwas höher konzentriert werden. Diese Wärmeträger werden sowohl als Konzentrat wie auch als Fertigmischung mit vollentsalztem Wasser angeboten. Unterschieden werden müssen der Kristallisations- und der Stockpunkt. Beim Kristallisationspunkt beginnt die Eiskristallbildung und das Medium kann nicht mehr gepumpt werden. Eine Sprengwirkung kann u.U. unterhalb des Stockpunktes auftreten, welcher einige Grad tiefer liegt.

Grundsätzlich sollte der Glykolanteil der Höhenlage angepasst werden. Ein zu hoher Glykolanteil verschlechtert die physikalischen Werte. Für Mittellandstandorte unter 800 m.ü.M. genügt ein Anteil von 35% Propylenglykol, resp. 30% Ethylenglykol. In Höhenlagen muss dieser grösser sein, um eine genügende Frostsicherheit zu erlangen.

Wärmeträger auf Basis höher siedender Glykole sind nur als Fertigmischungen mit entionisiertem Wasser erhältlich. Diese sind auf eine Frostsicherheit von mindestens rund - 23° C (Kristallisation) eingestellt. Für Höhenlagen sind auf Anfrage auch Fertigmischungen mit höheren Glykol-Anteilen erhältlich.

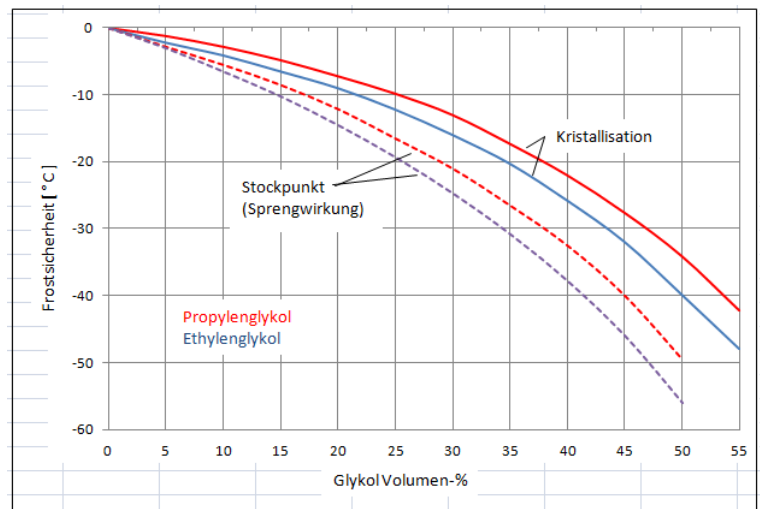


Abbildung 1: Frostsicherheit (° C) in Abhängigkeit des Glykol-Volumenanteils (vol. %) von propylen- und ethylen-basierten Wärmeträgern (Quelle Clariant)

Generell ist zu beachten, dass Kollektoren in klaren Nächten bis zu 5 K unter die Umgebungstemperatur abkühlen können.

### Korrosionsschutz

Wasser-Glykolgemische haben stärker korrosionsfördernde Eigenschaften als Wasser alleine. Diesen Wärmeträgern müssen deshalb antikorrosive Zusatzstoffe, sog. Inhibitoren zugemischt werden. Je nach Zusammensetzung werden die im Solaranlagenbau üblichen Materialien wie Stahl, Edelstahl und Kupfer gut geschützt. Es gibt auch Wärmeträger, welche für Aluminium geeignet sind. Grundsätzlich problematisch sind verzinkte Bauteile in Kollektorkreisen und müssen vermieden werden. Zink wird angegriffen und bildet zusammen mit Glykol Schlamm und Gas, was zu Betriebsausfällen führen kann. Um die antikorrosiven Eigenschaften zu gewähren, darf der Anteil Frostschutzkonzentrat nicht unter 25% (MPG), resp. 20% (MEG) liegen. Anfang der 2000er Jahre wurden gewisse, sehr wirksame Inhibitoren wie chemische Verbindungen mit Bor aus Umweltschutzgründen verboten. Diese mussten durch weniger wirksame, aber umweltverträglichere Stoffe ersetzt werden. Als Folge davon sind die Fluide heute weniger langlebig und müssen konsequenter kontrolliert werden.

Der pH-Wert des Fluids ist ein guter Indikator für die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes. Der pH-Wert bewegt sich im Neuzustand des Fluids im Bereich 8 ... 9, ist also basisch. Dank einer gewissen Reservealkalität senkt sich der pH-Wert beim Betrieb der Anlage nur langsam. Ist im zugemischten Wasser Chlorid enthalten, so kann dieses in gewissen Grenzen neutralisiert werden.

Der elektrische Leitwert des Fluids liefert zusätzliche Informationen über korrosive Abbauprodukte im Wärmeträger. Der Leitwert steigt, wenn korrosive Prozesse stattgefunden haben. Der spezifische elektrische Leitwert variiert im Neuzustand des Fluids je nach Produkt und sollte in den Produktunterlagen ersichtlich sein.

### Temperaturbeständigkeit

Sowohl Propylen- wie auch Ethylenglykole sind nur bis rund 170 ° C temperaturbeständig. Über dieser Temperatur beginnt die thermische Zersetzung. Es entsteht eine organische Säure und der pH-Wert sinkt. Durch Additive kann das Absinken des pH-Wertes verzögert werden und die antikorrosiven Eigenschaften bleiben damit länger erhalten.

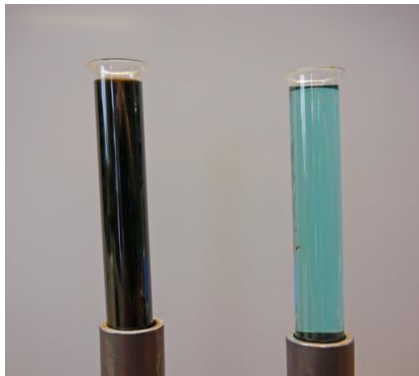


Abbildung 2: Wärmeträger im Neuzustand (rechts) und nach thermischer Überlastung (Quelle Soltop)

Wärmeträger auf Basis höher siedender Glykole sind bis rund 200° C chemisch stabil und können kurzzeitig bis rund 270° C belastet werden. Erfahrungen zeigen, dass eine Erhitzung über diese Maximaltemperatur ebenfalls zur Vercrackung mit teilweise nicht mehr löslichen, kohleartigen Rückständen führt. Insbesondere in Vakuumröhren-Kollektoren können im Stillstand Temperaturen von über 300° C auftreten, was trotz dem Einsatz solcher Spezialglykole zu einem irreparablen Totalausfall der Anlage führen kann. In Anlagen mit Vakuumröhrenkollektoren, welche Stagnationstemperaturen > 250° C erreichen ist deshalb eine Strategie zur Verhinderung von Stagnation, wie einer Wärmabfuhr über eine Erdsonde oder einen Lufterhitzer, Pflicht.

Eine Schädigung des Wärmeträgers, welche sich in einer Dunkelverfärbung und mit stechend verbranntem Geruch äussert, tritt immer auf, wenn die Wärmeträger über ihre Anwendungsgrenzen erhitzt werden.

### Oxidation

Wärmeträger reagieren empfindlich auf Luftsauerstoff. Die Inhibitoren werden schneller abgebaut und verlieren ihre Wirkung. Entsprechend sind die Anlagen so zu planen, dass der Kollektorkreislauf gut entlüftet werden kann und das Eintreten von Luftsauerstoff verhindert wird. Mittels Handentlüfter am höchsten Punkt der Anlage, einer strömungsreduzierten Entlüftungsstrecke und allenfalls automatischer Entlüfter ausserhalb der Reichweite von Dampf in der Stagnationsphase kann dies umgesetzt werden.

### Wartung

Wasser-Glykol-Gemische sollen periodisch auf den pH-Wert und die Trübung geprüft werden. Ist der pH-Wert noch  $\geq 7.5$  kann der Wärmeträger auch bei Eintrübung in der Regel noch weiter verwendet werden. Ein preisgünstiger pH-Teststreifen und ein paar ml der Flüssigkeit reichen dazu. Im Zweifelsfall und für grössere Anlagen bieten die meisten Lieferanten eine Messung der Alkalireserve (Titration) und einen Korrosionstest an, bei welchem verschiedene Testmetalle dem zu kontrollierenden Wärmeträger ausgesetzt werden. Bestimmt wird die Gewichtsveränderung nach einer definierten Expositionszeit.

Ebenfalls gemessen werden muss die Frostsicherheit von Wärmeträgern. Diese kann mittels Refraktometer gemessen werden. Die verschiedenen Glykole weisen einen unterschiedlichen Brechungsindex auf, weshalb allgemeine Skalen für Propylen- und Ethylenglykol-basierte Wärmeträger nur eine ungefähre Indikation liefern. Eine genaue Messung kann nur unter Kenntnis des Brechungsindex gemacht werden. Dies gilt insbesondere für höher siedende Glykole, wo die üblichen Refraktometerskalen versagen. Der Fluidlieferant kann entsprechende Angaben über den Brechungsindex liefern. Die Messung soll bei rund 20 °C erfolgen, da der Brechungsindex temperaturabhängig ist.

Je höher die Stagnationstemperatur der eingesetzten Kollektoren, desto öfter soll der Wärmeträger kontrolliert werden. Bei Solaranlagen mit praktisch keinen Stagnationszeiten und Kollektoren mit tiefen Stagnationstemperaturen < 160 °C genügt eine Kontrolle alle 3 – 5 Jahre. Bei Hochleistungskollektoren sind kürzere Kontrollintervalle von mindestens alle 2 Jahre angezeigt. Auch in selbstentleerenden Anlagen (Drain-Back) sind diese Kontrollintervalle einzuhalten, da der höhere Sauerstoffanteil in der Anlage die Standzeit des Wärmeträgers ebenfalls reduzieren kann (siehe auch Empfehlungen).

Kann die Solarwärme ganzjährig vollständig genutzt werden und ist die Anlage sauber entlüftet, so kann das Fluid durchaus Standzeiten von über 10 Jahren erreichen.

### Solarreiniger

In thermisch überlasteten Anlagen können sich zähflüssige Ausscheidungen an Rohrwänden, in Kollektoren und Pumpen festsetzen. Mit einem Solarreiniger auf Basis von Glykolethern können diese Rückstände teilweise wieder entfernt werden. Die Reinigungsflüssigkeit muss während mindestens 2 Stunden zirkulierend einwirken können. Hilfreich ist eine Erwärmung des Fluids auf maximal 60° C. Nach der Reinigung muss die Reinigungsflüssigkeit vollständig entfernt und die Anlage mit Wasser nachgespült werden. Vor der Neubefüllung mit Wärmeträger darf sich keine Reinigungsflüssigkeit im Kollektorkreis mehr befinden.

Zur Beachtung: Feste, kohleartige Rückstände sind unlöslich und lassen sich mit Solarreiniger nicht mehr entfernen. Diese Rückstände können zu irreparablen Schäden an der Kollektoranlage führen.

### Entsorgung

Frostschutzmittel gelten als Sonderabfall und müssen bei entsprechenden Sammelstellen abgegeben werden. Sie dürfen entsprechend nicht über die Kanalisation entsorgt werden. Grössere Mengen werden auch von den Lieferanten zurückgenommen.