

**3M™ Novec™ High-Tech Flüssigkeiten**  
Für ORC-Systeme



**Stabil,  
wirkungsvoll,  
umweltschonend**

Umweltgerechte Arbeitsflüssigkeiten für  
ORC-Systeme (Organic Rankine Cycle)

**3M**

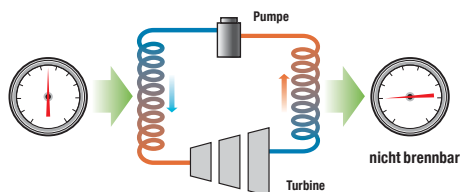
### Wichtige Faktoren bei der Auswahl der richtigen Arbeitsflüssigkeit

#### Wärmestabilität der Flüssigkeit

Flüssigkeit muss bei Höchsttemperatur im Zyklus stabil bleiben (kein Auflösen oder Zersetzen).

#### Umweltfaktoren

Sorgt für umweltschonendes System: Ozonabbaupotenzial, Erderwärmungspotenzial, Toxizität.



#### Siedepunkt der Flüssigkeit

Siedepunkt niedriger als Temperatur der Wärmequelle, um Verdampfung zu gewährleisten.

#### Molekulargewicht der Flüssigkeit

Hohes Molekulargewicht reduziert Turbinendrehzahl und Bauteilgröße

Bei Tests, die in versiegelten Glasampullen zwischen 120 Stunden und 30 Tagen bei Temperaturen von 200 bis 300 °C durchgeführt wurden, ergaben sich bei 3M™ Novec™ 649 High-Tech Flüssigkeit nur unwesentliche Veränderungen in der Reinheit. Ihre extreme Wärmestabilität prädestiniert Novec 649 High-Tech Flüssigkeit besonders für die Rückgewinnung von Energie aus Hochtemperatur-Wärmequellen wie Verbrennungsmotoren und industriellen Prozessen.

Produkte mit anderen Siedepunkten sind bereits erhältlich oder noch in Entwicklung befindlich. Für nähere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihre 3M Vertretung.

## Für stabile, zuverlässige Leistung

Zunehmende Nachfrage nach Brennstoffen, steigende Kosten und die Forderung nach Reduzierung von Treibhausgasen und anderen Umweltbelastungen spornen die Entwicklung von energieeffizienteren Technologien an.

Besonders das Interesse an der ORC-Technologie (Organic Rankine Cycle oder auch organischer Rankine-Kreisprozess) nimmt zu. Diese Technologie nutzt Restwärme oder Wärme aus geothermischen, Solar- oder anderen Wärmequellen, um daraus nützliche mechanische oder elektrische Energie zu gewinnen. Zurzeit wird bei vielen verschiedenen Systemen geprüft, ob Effizienzsteigerungen durch ORC-Systeme möglich sind. Diese Systeme reichen von Automotoren über Kraftwerke bis hin zu allgemeinen industriellen Verfahren. Ein wichtiger Bestandteil bei der Entwicklung praktischer ORC-Systeme ist die Flüssigkeit, die bei der Absorbierung der Wärme aus der primären Energiequelle zum Einsatz kommt. Diese Flüssigkeit wird in Dampf umgewandelt, der eine Turbine antreibt, bevor er wieder kondensiert und zur Wärmequelle zurückgeleitet wird. Bei der Auswahl der optimalen Arbeitsflüssigkeit für eine Anwendung, die mit ORC arbeitet, ist eine Reihe von Faktoren zu bedenken. Dazu gehören:

- **Leistungskraft** – Die Wärmeeffizienz eines Rankine-Kreislaufs verbessert sich, je größer das Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und -senke ist. Doch die eigentliche Leistung eines Systems hängt von den thermodynamischen Eigenschaften der ausgewählten Arbeitsflüssigkeit ab. Diese Eigenschaften wirken sich auf die Größengestaltung der Bauteile, Kosten und die Gesamtauslegung des Systems aus.
- **Stabilität** – Die Flüssigkeit muss langfristige Wärmestabilität bei der angenommenen Höchsttemperatur des Kreislaufs bieten. Sie darf außerdem keine Korrosion verursachen, um die Schlangen, Dichtungen und andere Systembauteile nicht zu beschädigen.
- **Sicherheit** – Die Flüssigkeit darf nicht brennbar und praktisch nicht toxisch sein.
- **Umweltaspekte** – Die Umweltvorschriften werden immer strenger. Faktoren wie niedriges Erderwärmungspotenzial und kurze atmosphärische Lebensdauer tragen hier dazu bei, die Wirtschaftlichkeit und Eignung einer Flüssigkeit vom ersten Einsatz bis zur Außerbetriebnahme zu sichern.

### 3M™ Novec™ High-Tech Flüssigkeiten – Die umweltschonende Lösung für ORC-Arbeitsflüssigkeiten

3M hat zwei leistungsstarke Arbeitsflüssigkeiten entwickelt, die sich besonders für die speziellen Anforderungen von ORC-Anwendungen qualifizieren: 3M™ Novec™ 649 High-Tech Flüssigkeit und 3M™ Novec™ 7000 High-Tech Flüssigkeit. Beide gehören zur Produktreihe Novec. Die Flüssigkeiten dieser Reihe zeichnen sich durch niedriges Erderwärmungspotenzial aus und bieten sichere, wirkungsvolle und umweltschonende Lösungen für viele Einsatzbereiche. Novec High-Tech Flüssigkeiten ermöglichen eine hohe Leistung bei der Wärmeübertragung und punkten unter anderem mit folgenden Eigenschaften:

- gute Werkstoffverträglichkeit
- gering toxisch
- nicht brennbar
- kein Ozonabbaupotenzial
- niedriges Erderwärmungspotenzial

#### Typische physikalische Eigenschaften

		Novec 649	Novec 7000
Siedepunkt	°C	49	34
Stockpunkt	°C	-108	-122
Molekulargewicht	g/mol	316	200
Kritische Temperatur	°C	169	165
Kritischer Druck	MPa	1,88	2,48
Dampfdruck	kPa	40	65
Verdampfungswärme	kJ/kg	88,0	142
Flüssigkeitsdichte	kg/m³	1600	1400
Ausdehnungskoeffizient	K <sup>-1</sup>	0,0018	0,0022
Kinematische Viskosität	cSt	0,4	0,32
Absolute Viskosität	cP	0,64	0,45
Spezifische Wärme	J/kg-K	1103	1300
Wärmeleitfähigkeit	W/m-K	0,059	0,075
Oberflächenspannung	mN/m	10,8	12,4
Löslichkeit v. Wasser in Flüssigkeit	ppm nach Gewicht	20	~60
Dielektrische Stärke, 0,1" Abstand	kV	>40	~40
Dielektrische Konstante bei 1 kHz	-	1,8	7,4
Volumenwiderstand	Ω·cm	10 <sup>12</sup>	10 <sup>8</sup>

## Umwelt- und Sicherheitsverhalten und Expositionsrichtlinien

	Novec 649	Novec 7000	HFC 245fa
Ozonabbaupotenzial	0	0	0
Erderwärmungspotenzial <sup>1</sup>	1	370	1030
Atmosphärische Lebensdauer (Jahre)	0,014	4,9	7,6
Flammpunkt	keiner	keiner	keiner
Brennbarkeitsbereich in Luft	keiner	keiner	keiner
Exposition (ppm) 8 Std. gewichteter Durchschnitt	150	75	300
Akute Inhalationstoxizität (ppm) 4 Std. LC 50 [Ratte]	>100.000	>100.000	>200.000

<sup>1</sup> IPCC 2007 Intergovernmental Panel on Climate Change Method 100 Year (ITH)

## Thermodynamische Eigenschaften von Novec 649

Temperatur (°C)	P (bar)	$\rho_L$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_V$ (kg/m <sup>3</sup> )	H <sub>L</sub> (kJ/kg)	$\Delta H_{vap}$ (kJ/kg)	H <sub>V</sub> (kJ/kg)	S <sub>L</sub> (kJ/kgK)	S <sub>V</sub> (kJ/kgK)
-40	0,041	1766	0,164	0,00	109	109	0,00	0,47
-20	0,04	1718	0,605	21,6	105	127	0,09	0,50
0	0,13	1665	1,768	43,4	101	144	0,17	0,54
20	0,33	1608	4,331	65,4	96,1	161	0,25	0,58
40	0,73	1546	9,269	88,4	90,2	179	0,33	0,61
60	1,45	1480	17,89	111	85,0	196	0,40	0,65
80	2,63	1408	32,21	134	78,8	212	0,46	0,68
100	4,45	1329	55,33	157	71,3	229	0,53	0,72
120	7,11	1239	92,82	182	61,8	244	0,59	0,75
140	10,8	1125	157,0	209	48,9	258	0,66	0,77
160	16,0	929	292,9	240	27,7	268	0,73	0,79

Die Novec 649 High-Tech Flüssigkeit zeichnet sich durch sehr gute Wärmestabilität aus. Das wurde in Labortests in versiegelten Glasampullen nachgewiesen. Für mehr Informationen wenden Sie sich bitte an den technischen Kundendienst von 3M.

## Novec 7000 Thermodynamische Eigenschaften

Temperatur (°C)	P (bar)	$\rho_L$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_V$ (kg/m <sup>3</sup> )	H <sub>L</sub> (kJ/kg)	$\Delta H_{vap}$ (kJ/kg)	H <sub>V</sub> (kJ/kg)	S <sub>L</sub> (kJ/kgK)	S <sub>V</sub> (kJ/kgK)
-20	0,03	1585	0,265	3,25	159	162	0,01	0,69
-20	0,09	1536	0,845	24,3	152	176	0,10	0,70
0	0,24	1483	2,175	46,2	145	191	0,18	0,72
20	0,57	1428	4,840	68,9	138	207	0,26	0,74
40	1,19	1372	9,705	92,3	130	223	0,34	0,76
60	2,25	1311	18,03	117	122	238	0,42	0,78
80	3,98	1246	31,71	142	113	254	0,49	0,81
100	6,62	1173	53,81	168	101	269	0,56	0,83
120	10,5	1089	90,01	195	87,8	283	0,63	0,85

## Werkstoffverträglichkeit

3M™ Novec™ High-Tech Flüssigkeiten vertragen sich mit vielen verschiedenen Werkstoffen, die in ORC-Systemen zum Einsatz kommen. Die meisten Werkstoffe, die als „harte“ Kunststoffe gelten, sind mit den Novec High-Tech Flüssigkeiten kompatibel. Auch alle Metalle, harten Polymere und zahlreiche preiswerte Elastomere können eingesetzt werden. Der Einsatz bei Elastomeren sollte sich auf Produkte mit geringem Weichmachergehalt beschränken. Hier können Ihnen die 3M Spezialisten mit Rat und Tat beim Prüfen spezieller Materialien Unterstützung leisten.

Neben diesen beiden vorgestellten Produkten gibt es noch weitere Novec High-Tech Flüssigkeiten mit unterschiedlichsten Siedepunkten, um Ihren speziellen Anforderungen gerecht zu werden. Ihre 3M Vertretung berät Sie gern.

Die ersten ORC-Systeme sind seit vielen Jahren als Kühlmittel gewerblich im Einsatz (Heat Recovery Systems CHP Vol 13, No. 5 pgs 409–418). 3M bietet jetzt verbesserte Flüssigkeiten mit geringen Umweltauswirkungen und erstklassiger Stabilität und Leistung.

## Novec High-Tech Flüssigkeiten im Vergleich zu HFC: Auf langfristige Nutzbarkeit ausgelegt

Seit mehreren Jahren kommen Hydrofluorcarbone (HFCs) als Arbeitsflüssigkeiten in industriellen ORC-Systemen zur Anwendung. Zwar ist der Einsatz dieser Werkstoffe in diesem Bereich nach den geltenden Umweltvorschriften zulässig. Doch der wunde Punkt bei der Nutzung von HFC in der ORC-Technologie ist das hohe Erderwärmungspotenzial dieser Substanzen: Schließlich wird ORC-Technologie wegen ihrer Energieeinsparungen und ihrer Umwelteigenschaften verkauft. Kyoto-Protokoll und europäische Vorschriften haben wegen dieser Umweltauswirkungen die Reduzierung von HFC im Visier. Die Wahrscheinlichkeit ist daher hoch, dass diese Substanzen künftig aus der Produktion verbannt werden. Aus diesem Grund ist es ein Widerspruch, diese Werkstoffe für eine klimabewusste Technologie wie ORC zu nutzen. Hier bieten 3M™ Novec™ High-Tech Flüssigkeiten eine Lösung. Sie sind als Arbeitsflüssigkeiten für die innovative ORC-Technologie, die Energie für zukünftige Generationen sparen will, gut geeignet.

3M™ Novec™ 649 High-Tech Flüssigkeit (C6-Fluorketon) wirkt sich beispielsweise nicht auf die Ozonschicht aus und hat ein Erderwärmungspotenzial von 1 – der gleiche Wert, den auch natürlich vorkommendes Kohlendioxid aufweist. Sie hat außerdem eine sehr kurze atmosphärische Lebensdauer von nur 5 Tagen.

Wie alle Flüssigkeiten der Reihe Novec ist auch Novec 649 High-Tech Flüssigkeit nicht brennbar und zeichnet sich durch ein sehr gutes toxikologisches Profil aus. Sie leistet damit einen Beitrag zur Sicherheit und Gesundheit von Arbeitnehmern und Endanwendern.

Die Verfügbarkeit von Alternativen mit geringen Umweltauswirkungen wie C6-Fluorketon dürfte den gesetzlichen Druck auf HFC noch verstärken und damit die Nutzungsdauer von Systemen auf Grundlage dieser Substanzen potenziell verringern. Unternehmen müssen entscheiden, ob sich das Risiko einer Investition in Anlagen auf Basis der derzeit noch gesetzlich zugelassenen HFC lohnt oder ob sie sich lieber für eine nachhaltige und umweltschonende Technologie entscheiden.

Auch wenn ORC als „emissionsfreie“ Anwendung gilt: Faktoren wie Leckagen, Auslaufen, Anlagenschafen und die letztendliche Außerbetriebnahme/Entsorgung sind zu berücksichtigen, wenn man die Nachhaltigkeit einer Arbeitsflüssigkeit untersucht. Der Gesetzgeber geht allgemein von der Prämisse aus, dass ein produziertes Kilogramm auch ein Kilogramm an Emissionen bedeutet, was sich in den Vorschriften spiegelt. Auch wenn niemand die Zukunft voraussagen kann: Die derzeitigen Maßnahmen des Gesetzgebers tendieren zu einer Reduzierung von Treibhausgasen – ein wichtiger Überlegungspunkt für Ingenieure, die sich Gedanken über die langfristige Nutzbarkeit ihrer Systeme machen.





## Ein erfahrener internationaler Partner

Seit über 50 Jahren liefert 3M leistungsstarke Flüssigkeiten für die Wärmeübertragung, die in zahlreichen wichtigen Bereichen in Militär, Luftfahrt und Elektronikherstellung zum Einsatz kommen. Als 3M Kunde können Sie sich diese Erfahrung zunutze machen: in Form von Unterstützung bei der Auslegung Ihrer Anlagen, durch Prüfservice und technischen Support, um Kosten zu sparen und die Leistung Ihrer Systeme zu optimieren.

## Verträglichkeitsprüfungen

Mithilfe innovativer Prüfmethode werten 3M Spezialisten Bauteile aus, damit Sie besser entscheiden können, ob eine Komponente oder ein Werkstoff für Ihr spezielles Design geeignet ist.

## Beratung vor Ort

Die Spezialisten von 3M stehen Konstrukteuren und Endanwendern von Anlagen unterstützend zur Seite, um die Systeme effizient und leistungsoptimiert zu gestalten.

## Analyseservice

Mit Analyseressourcen auf neuestem Stand der Technik leistet 3M wertvolle Unterstützung bei der Beantwortung von Kundenfragen.

Unter der Marke Novec sind eine Reihe patentierter 3M Produkte vereint. Jedes dieser Produkte ist durch eine eigene spezielle Formulierung und Leistungseigenschaften geprägt. Gemein haben alle Produkte dieser Marke, dass sie eine Antwort auf die Forderung nach sicheren, effektiven und nachhaltigen Lösungen in branchenspezifischen Anwendungen bieten. Zu diesen Einsatzbereichen zählen die Präzisions- und Elektronikreinigung, Wärmeübertragung, Brandschutz, Schmierstoffbeschichtung sowie verschiedene Anwendungen im Bereich Spezialchemikalien.

3M™ Novec™ High-Tech Flüssigkeiten, 3M™ Novec™ Reinigungssprays, 3M™ Novec™ 1230 Feuerlöschmittel, 3M™ Novec™ Elektronik-Oberflächenbeschichtung EGC, 3M™ Novec™ Elektronik-Oberflächenbehandlungsmittel

**Wichtige Informationen:** Die vorstehenden Angaben beruhen auf unseren Laboruntersuchungen und stellen unsere gegenwärtigen Erfahrungswerte dar. Es obliegt dem Verwender vor Verwendung des Produkts selbst zu prüfen, ob es sich, auch im Hinblick auf mögliche anwendungswirksame Einflüsse, für den von ihm vorgesehenen Verwendungszweck eignet. Alle Fragen einer Gewährleistung und Haftung für dieses Produkt regeln sich nach unseren allgemeinen Geschäftsbedingungen, sofern nicht gesetzliche Vorschriften etwas anderes vorsehen.

3M und Novec sind eingetragene Marken der 3M Company.



**3M Deutschland GmbH**  
**Electronic Markets Materials Products**

Carl-Schurz-Straße 1  
41453 Neuss  
Tel: ++49 (0)2131/14-5999  
Fax: ++49 (0)2131/14-5998  
[www.3M.com/de/Novec](http://www.3M.com/de/Novec)

Achten Sie bitte selbst vor Verwendung unserer Produkte darauf, ob sie sich für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignen. Ansprüche wegen Fehlens einer zugesicherten Eigenschaft können nur geltend gemacht werden, wenn im Einzelfall eine bestimmte Eigenschaft ausdrücklich und schriftlich von der Verkaufsleitung der liefernden 3M Gesellschaft zugesichert worden ist.

Printed in Germany. Please recycle.  
© 3M 2010. All rights reserved.  
Dr.-Nr. AABCC77075/04.2010 Index 0