



**Westfalen**

Infos für Praktiker 5



# Leitfaden für die Kältemittelauswahl.

Ein Ausblick auf die Kältemittel  
der Zukunft.

# Wir helfen Ihnen bei der Auswahl des richtigen Kältemittels.

## Auf unser Know-how können Sie sich verlassen

Die Auswahl des richtigen Kältemittels ist kein einfaches Unterfangen. Jedes Kältemittel hat Vor- und Nachteile, die fachkundig gegeneinander abgewogen werden müssen. Auch in Zukunft wird es notwendig sein, vor dem Einsatz eines Kältemittels die Eignung für die entsprechende Anwendung zu prüfen.

Vor dem Hintergrund neuer gesetzlicher Bestimmungen besteht die Notwendigkeit, Kältemittel durch neue Stoffe mit geringeren Umweltauswirkungen – auch in bestehenden Anlagen – zu ersetzen. Westfalen hat seit vielen Jahren Erfahrung im Umgang mit Kältemitteln und unterstützt Sie gerne bei der Planung oder Umstellung des Kältemittels in Ihrer Kälteanlage.

## Die Auswahl des richtigen Kältemittels für Ihre Anlage

Das Kältemittel ist der Betriebsstoff einer Kälteanlage. In ihr zirkuliert es, wird verdampft, verdichtet, verflüssigt und entspannt. Es übernimmt den Wärmetransport, indem es unterhalb der Umgebungstemperatur Wärme durch Verdampfen aufnimmt und diese Wärme oberhalb der Umgebungstemperatur durch Verflüssigen wieder abgibt.

Die Wahl des richtigen Kältemittels hat wesentlichen Einfluss auf Wirkung, Konstruktionsaufwand und Energieverbrauch einer Kälteanlage. Zudem sollten Sie bei der Auswahl auch Rücksicht auf die zahlreichen Gesetze und Verordnungen nehmen, damit Sie langfristig mit dem passenden Kältemittel auf der sicheren Seite sind. Dieser Leitfaden bietet Ihnen bei der richtigen Kältemittel-Auswahl wertvolle Unterstützung.

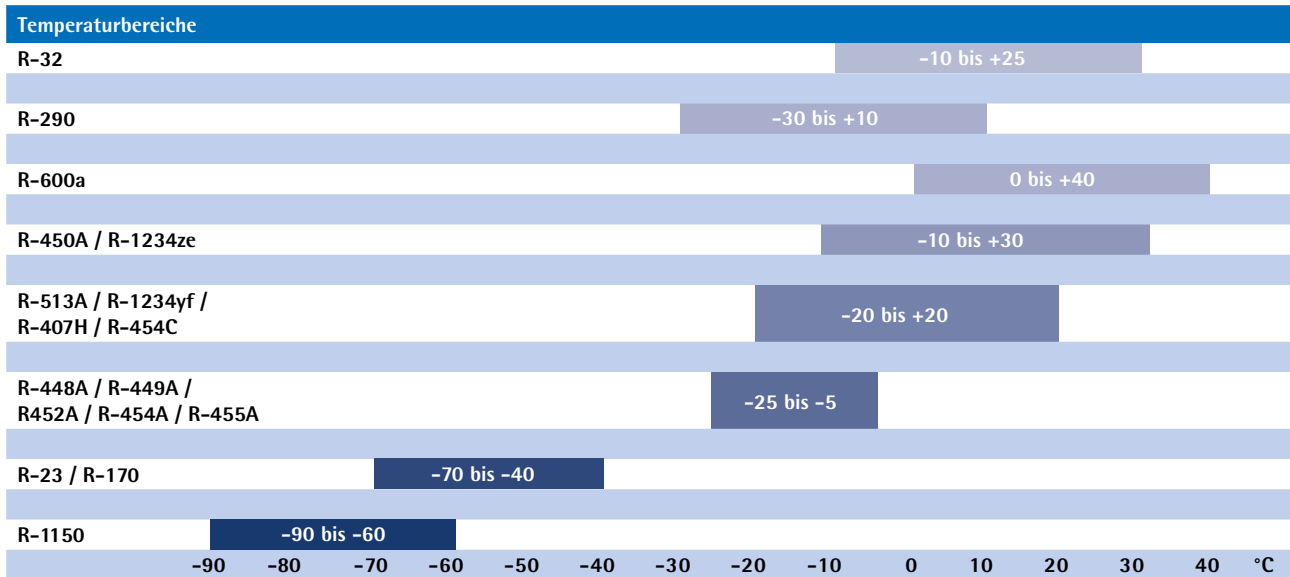
## Das ideale Kältemittel

Um es gleich vorwegzunehmen: Das ideale Kältemittel für den Universaleinsatz gibt es nicht. Dafür sind die Anwendungsgebiete zu unterschiedlich. Trotzdem erfüllen sowohl Kältemittel modernster Prägung als auch einige „alte Bekannte“ höchste Anforderungen. Für fast alle Einsatzfelder bieten sich damit intelligente sowie ökonomisch und ökologisch sinnvolle Lösungen. Kältemittel sollten möglichst weder brennbar noch giftig oder korrosiv sein.

Darüber hinaus sind folgende grundsätzliche Eigenschaften gefragt:

- Gute Mischbarkeit mit Öl
- Thermische und chemische Stabilität
- Hohe Kälte- und Wärmeleistung bei geringem Energieaufwand
- Günstiges Druckverhältnis
- Niedrige Verdichtungsendtemperatur
- Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Gute Verträglichkeit mit den in der Kältetechnik üblich eingesetzten Materialien

Besonders wichtig ist außerdem die Umweltverträglichkeit: Zahlreiche nationale und internationale Gesetze, Richtlinien und Verordnungen haben bereits in den vergangenen Jahren einen weitreichenden Veränderungsprozess eingeleitet, der Produktauswahl und -einsatz entscheidend beeinflusst. Die Verwendung von Kältemitteln mit Ozonschicht zerstörenden Eigenschaften (ODP = Ozon Depletion Potential) ist verboten. Andere Kältemittel, die bei der Freisetzung in die Atmosphäre hochgradig zum Treibhauseffekt der Erde beitragen, werden stark reglementiert und einige ganz vom Markt genommen.



Einsatzbereiche bezogen auf Raumtemperatur. Die aufgeführten Produkte sind die in der gewerblichen Kältetechnik am häufigsten eingesetzten Kältemittel – sie erheben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### Passend zur Anlage: Bemessungsgrundlagen

Die Auswahl des richtigen Kältemittels richtet sich nach der Anwendung und dem Anlagentyp.

Zu den Bemessungsgrundlagen für die konkrete Bewertung zählen:

- Eignung für den erforderlichen Temperaturbereich
- Passende thermodynamische Eigenschaften wie Siedeverhalten und spezifische Wärmekapazität
- Geeignete Drucklagen
- Kompatibilität mit Maschinen und sonstigen verwendeten Materialien
- Verfügbarkeit passender Maschinenöle
- Verfügbarkeit geeigneter Verbindungstechniken
- Hohe Wirtschaftlichkeit
- Nachhaltige Einhaltung der gültigen Gesetze und Richtlinien (möglichst geringes Gefahrenpotenzial)
- Möglichkeit und Akzeptanz des Einsatzes brennbarer Kältemittel

Die Lebensdauer einer Kälte-, Klima- oder Wärmepumpenanlage ist hoch und erreicht oft mehrere Jahrzehnte. Während dieser Zeit beeinflusst das eingesetzte Kältemittel ganz wesentlich den Energieverbrauch: Eine hohe Kältemittel-Effizienz führt zu erheblichen Kosteneinsparungen.

Die eventuell etwas höhere Investition amortisiert sich in kürzester Zeit. Darüber hinaus sind Umweltaspekte und die

damit verbundenen gesetzlichen Auflagen zu beachten: Eine auf Nachhaltigkeit ausgelegte Kältemittel-Auswahl macht aufwändige Umrüstungen überflüssig. Zudem umgehen Sie juristische Fallstricke.

### Temperaturbereiche

Anwendungsbezogen müssen Kältemittel für verschiedene Temperaturbereiche geeignet sein. Die daraus resultierenden Verdampfungstemperaturen führen zu unterschiedlichen Verdampfungsdrücken, die während des Anlagenbetriebs nicht unter Atmosphärendruck liegen sollten.

Schon bei kleinsten Undichtigkeiten könnten sonst Luft und Feuchtigkeit in den Kältekreislauf eindringen. Generell gilt: Je geringer der Verdampfungsdruck ist, umso niedriger fällt die volumetrische Kälteleistung aus. Entsprechend groß sollte demzufolge der Kompressor dimensioniert sein, um die geforderten Kälteleistungen erzielen zu können.

Ein niedriger Verdampfungsdruck führt allerdings auch zu einem niedrigen Verflüssigungsdruck. Das erhöht die Anlagensicherheit und verringert den erforderlichen Grad der Druckabsicherung. Es erlaubt die Verwendung geringerer Wandstärken bei Rohren und Behältern, vermindert das Risiko von Undichtigkeiten und führt eventuell sogar zu einer niedrigeren Einstufung nach Druckgeräterichtlinie und Betriebssicherheitsverordnung.

# Große Veränderungen im Kältemittelmarkt der Zukunft.

## Reduktion der zugelassenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Das richtige Kältemittel für die jeweilige Anwendung zu finden wird durch die neuen europäischen Regelungen, allen voran die Verordnung (EU) 517/2014, deutlich erschwert.

Der Schwerpunkt dieser Verordnung ist die schrittweise Reduktion der zugelassenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente [in Form von teilhalogenierten fluorierten Treibhausgasen (H-FKW)] bis zum Jahr 2030.

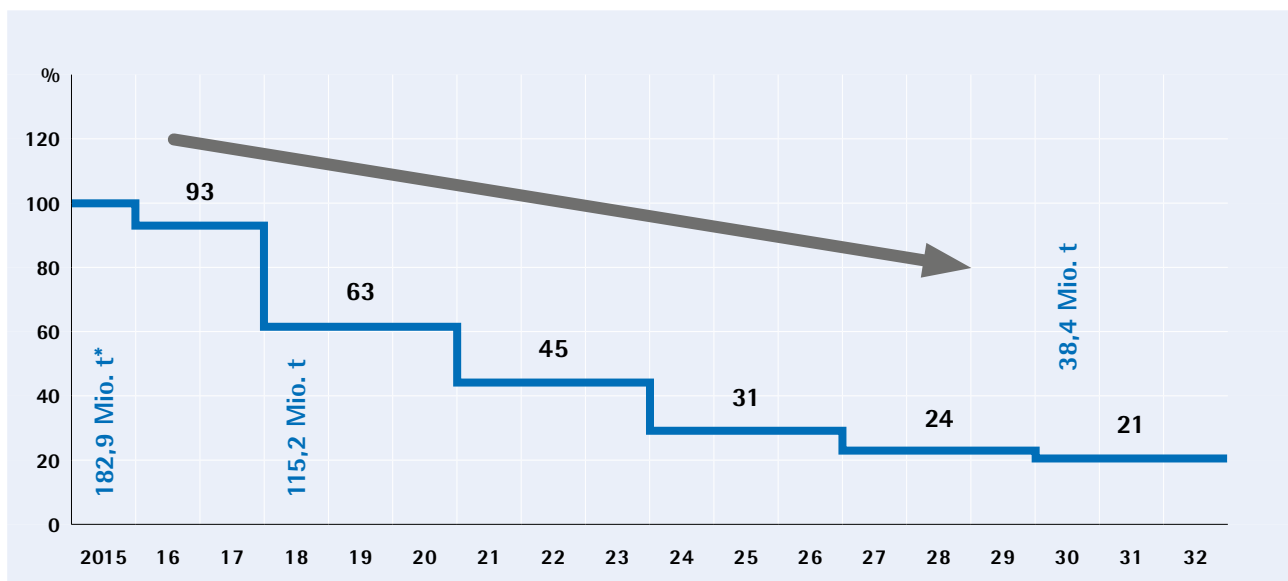
Als Gleichung dargestellt:  
 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente = Masse H-FKW x GWP\*

(\*GWP = Global Warming Potential = direkter Einfluss auf den Treibhauseffekt bei Freisetzung in die Atmosphäre)

Für die Kältemittelbranche bestehen demnach zwei Möglichkeiten: entweder die Menge der H-FKW-Kältemittel oder den GWP der eingesetzten Kältemittel zu reduzieren.

Die Reduktion der H-FKW-Kältemittel kann durch intelligente technische Lösungen, z. B. kompakte und dauerhaft dichte Systeme, erreicht werden oder durch den Einsatz von Kältemitteln, welche nicht als H-FKW in der Gleichung auftreten, z. B. Kohlenwasserstoffe oder Hydrofluorolefine (HFO).

Zur Reduzierung der GWP-Werte bieten die Hersteller der Branche verschiedene Lösungen an. Dabei sollte die Möglichkeit, Kältemittel in bestehenden Systemen zu ersetzen, erhalten bleiben.

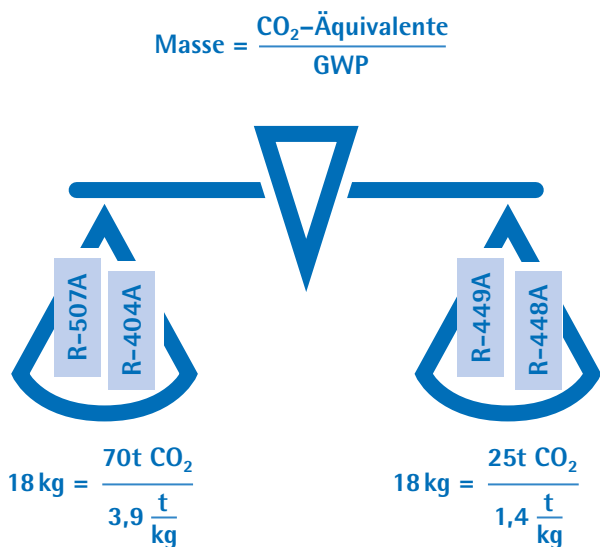


Reduktion der zugelassenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente in Form von teilhalogenierten fluorierten Treibhausgasen (H-FKW).

\*Quelle: Cornelius Rhein, EU-Kommission

### Sinkende GWP-Werte: Bestehende Kältemittel sinnvoll ersetzen

Die nachfolgende Grafik stellt einen Vergleich der CO<sub>2</sub>-Äquivalente bezogen auf die gleichen Mengen dar.



Dies entspricht einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Äquivalente um etwa 64%.

Ähnlich verhält es sich bei dem Ersatz von R-134a durch z. B. R-450A oder R-513A. Dann reduziert sich das CO<sub>2</sub>-Äquivalent um etwa 56%.

mbv bedeutet maximum burning velocity, also im Falle einer Zündung einer Kältemittel-Luft-Mischung die maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit der Flamme.

### Brennbarkeit der zukünftigen Kältemittel nimmt zu

Das erkennbare Problem für die Zukunft ist folgendes: Mit sinkenden GWP-Werten nimmt die Brennbarkeit der einzelnen Kältemittel zu. Für die Kältetechnikbetriebe bedeutet dies, dass in Ausschreibungen, Angeboten, Betriebsanleitungen etc. die Risiken beim Einsatz bestimmter Kältemittel um den Aspekt der Brennbarkeit bei den vielen Anwendungen und unterschiedlichen Aufstellungsbedingungen erweitert werden müssen.

Die Dynamik bei der Entwicklung und Einführung neuer synthetischer Kältemittel ist zurzeit sehr groß. Dies führt allerdings nicht zu mehr Übersichtlichkeit. Die folgenden Ausführungen orientieren sich an den in der Vergangenheit und teilweise auch noch heute eingesetzten Kältemitteln und vor allem an deren vorrangigen Anwendungen.

Der Ersatz eines Kältemittels in bestehenden Anlagen beschränkt sich dabei allerdings auf dieselbe Sicherheitsklasse. Vor allem sollten vor dem Einsatz die Freigaben durch die Verdichter- und Komponentenhersteller geprüft werden.

↑	Höhere Entflammbarkeit	A3	B3
	Geringe Entflammbarkeit	A2	B2
	<b>mbv ≤ 10 cm/s</b>	<b>A2L</b>	<b>B2L</b>
	Keine Entflammbarkeit	A1	B1
		Geringe Toxizität	Hohe Toxizität

Klassifikation der Kältemittel in Hinblick auf die Sicherheit.

# Die wichtigsten Kältemittel auf einen Blick.

## Einsatz in Tiefkühlanlagen

Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Bemerkungen
R-404A	3.922	A1	Ersatz zeitnah erforderlich
R-507	3.985	A1	Ersatz zeitnah erforderlich
R-407A	2.107	A1	3-Stoff-Kältemittelgemisch mit ausgeprägtem Temperaturgleit und einer Verdichtungsendtemperatur deutlich höher als bei R-404A / R-507
R-407F	1.825	A1	Herstellerbezeichnung: Performax® LT, weiter wie R-407A
R-407H	1.495	A1	Wie R-407A
R-448A	1.387	A1	Herstellerbezeichnung: Solstice® N40; 5-Stoff-Kältemittelgemisch, ausgeprägter Temperaturgleit, Verdichtungsendtemperatur deutlich höher als bei R-404A / R-507
R-449A	1.397	A1	Herstellerbezeichnung: Opteon™ XP40; 4-Stoff-Kältemittelgemisch, weiter wie R-448A
R-452A	2.140	A1	Herstellerbezeichnungen: Opteon™ XP44, Solstice® 452A; 3-Stoff-Kältemittelgemisch, Temperaturgleit, Verdichtungsendtemperatur ähnlich wie R-404A / R-507; wegen des hohen GWP-Wertes nicht für stationäre Kälteanlagen empfohlen; speziell für Kühllastkraftfahrzeuge geeignet
R-454A	239	A2L	Herstellerbezeichnung: Opteon™ XL40, 2-Stoff-Kältemittelgemisch, ausgeprägter Temperaturgleit, Verdichtungsendtemperatur deutlich höher als bei R-404A / R-507
R-454C	148	A2L	Herstellerbezeichnung: Opteon™ XL20, wie R-454A
R-455A	148	A2L	Herstellerbezeichnung: Solstice® L40X, 3-Stoff-Kältemittelgemisch mit 3% CO <sub>2</sub> -Anteil mit sehr deutlichem Temperaturgleit

## Einsatz in Pluskühlanlagen

Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Bemerkungen
R-134a	1.430	A1	Ersatz mittelfristig erforderlich. Der Einsatz in neuen PKW-Klimasystemen ist seit 2017 in der EU verboten

R-450A	604	A1	Herstellerbezeichnung: Solstice® N13, 2-Stoff-Kältemittelgemisch, nahe azeotrop, etwas geringere Kälteleistung als R-134a
R-513A	631	A1	Herstellerbezeichnung: Opteon™ XP10, 2-Stoff-Kältemittelgemisch, azeotrop, Kälteleistung mit R-134a vergleichbar
R-1234yf	4*	A2L	Vorrangig für den Ersatz von R-134a in PKW-Klimasystemen. Einsatz in der stationären Kältetechnik möglich, Kälteleistung mit R-134a vergleichbar
R-1234ze(E)	7*	A2L	Herstellerbezeichnung: Solstice®ze, deutlich geringere Kälteleistung als R-134a, im Sicherheitsdatenblatt als nicht brennbar definiert; gut geeignet für Schrauben- und Turboverdichter

\*GWP wird nicht in der Reduzierung nach Verordnung (EU) 517/2014 berücksichtigt.

## Einsatz in Klimasystemen und Wärmepumpen

Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Bemerkungen
R-410A	2.088	A1	Ersatz erforderlich, eine Alternative nach Sicherheitsklasse A1 zur Zeit nicht verfügbar
R-32	675	A2L	Bereits Bestandteil in vielen Kältemittelgemischen; sehr hohe Verdichtungsendtemperaturen; hohe Effizienz; für Wärmepumpen und Klima-Split-Systeme kleiner Leistung von namhaften Geräteherstellern favorisiert
R-407C	1.774	A1	Entwickelt als Ersatz für R-22; wurde vom R-410A in dieser Anwendung fast vollständig verdrängt; 3-Stoff-Kältemittelgemisch; ausgeprägter Temperaturgleit
R-452B	698	A2L	Herstellerbezeichnungen: Opteon™ XL55, Solstice® L41y, 3-Stoff-Kältemittelgemisch, geringer Temperaturgleit; höherer GWP als R-454B, dafür geringere Zündwahrscheinlichkeit
R-454B	466	A2L	Herstellerbezeichnung: Opteon™ XL41, 2-Stoff-Kältemittelgemisch, geringer Temperaturgleit
R-1233zd	4,5	A1	Herstellerbezeichnung: Solstice®zd, gut geeignet für in Gebäuden aufgestellte Turbo-Kaltwassersysteme bei sehr niedriger Drucklage

GWP GWP-Werte beziehen sich auf den 4. IPCC-Bericht.

## Nutzen Sie unsere Beratung!

Sie haben weitere Fragen zur Anwendung von Kältemitteln oder zu anderen Produkten und deren Anwendungsgebieten? Sprechen Sie uns einfach an. Unsere Experten für Kältemittel beraten Sie gern!



Weitere Informationen  
unter [westfalen.com](http://westfalen.com)

### Einsatz in Tiefsttemperatur-Kaskaden-Anlagen

Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Bemerkungen
R-23	14.800	A1	Für Systeme zur Kühlung von Medien unter -50°C zugelassen, wegen des extrem hohen GWP-Wertes beschränkt sich die Verfügbarkeit auf aufgearbeitetes Material
R-170	6	A3	Kohlenwasserstoff Ethan; Ersatz für R-23 in Neuanlagen
R-508B	13.396	A1	Für Systeme zur Kühlung von Medien unter -50°C zugelassen; 2-Stoff-Kältemittelgemisch
R-1150	4	A3	Kohlenwasserstoff Ethylen (Ethen); Drucklage höher als bei R-170

### Kohlenwasserstoffe

Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Bemerkungen
R-290	3	A3	Propan; sehr gute thermodynamische Eigenschaften, vergleichbar mit R-22; niedrigere Verdichtungs- endtemperaturen; Anwendung in Systemen kleiner Leistung und Kaltwasser- bzw. Kältsolbereitern
R-600a	3	A3	Isobutan; breite Verwendung in Haushaltskühlgeräten; hohe Effizienz, aber geringe volumetrische Kälteleistung
R-1270	2	A3	Propylen (Propen); wie R-290 nur mit einer etwas höheren Drucklage, deshalb besser geeignet für Tiefkühlanwendungen

### Anorganische natürliche Kältemittel

Kältemittel	GWP	Sicherheitsklasse	Bemerkungen
R-717	0	B2L	Ammoniak (NH <sub>3</sub> ); in der Industriekältetechnik seit über 160 Jahren erfolgreich im Einsatz; hohe spezifische Verdampfungsenergie; hohe Leistung bei geringem Kältemittelmassen- umsatz; sehr hohe Verdichtungs- endtemperaturen; nicht verträglich mit Kupfer oder Kupferlegierungen, deshalb nur mit Verdichter offener Bauart zu betreiben
R-744	1	A1	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ); ungünstiger Tripelpunkt und hohe Drücke; sehr große volumetrische Kälteleistung und gute Wärmeübertragungseigen- schaften; in der Industriekältetechnik, im Lebensmitteleinzelhandel in Kaskaden- oder transkritischen Anlagen

	R-23	R-32	R-116	R-125	R-134a	R-143a	R-1234yf	R-1234ze	R-744
R-404A				44 %	4 %	52 %			
R-407A		20 %		40 %	40 %				
R-407C		23 %		25 %	52 %				
R-407F		30 %		30 %	40 %				
R-407H		32,5 %		15 %	52,5 %				
R-410A		50 %		50 %					
R-448A		26 %		26 %	21 %		20 %	7 %	
R-449A		24,30 %		24,70 %	25,70 %		25,30 %		
R-450A					42 %			58 %	
R-452A		11 %		59 %			30 %		
R-452B		67 %		7 %			26 %		
R-454A		35 %					65 %		
R-454B		68,90 %					31,10 %		
R-454C		21,50 %					78,50 %		
R-455A		21,50 %					75,50 %		3 %
R-507				50 %		50 %			
R-508B	46 %		54 %						
R-513A					44 %		56 %		



**Westfalen**

*Gas | Energieversorgung | Tankstellen*

**Westfalen Austria GmbH**

Betriebsstraße 6  
2440 Gramatneusiedl  
Österreich  
Tel. +43 2234 73441  
Fax +43 2234 73441-330  
[www.westfalen.at](http://www.westfalen.at)  
[info@westfalen.at](mailto:info@westfalen.at)

**Westfalen BVBA-SPRL**

Watermolenstraat 11  
9320 Aalst/Alost  
Belgien  
Tel. +32 53 641070  
Fax +32 53 673907  
[www.westfalen.be](http://www.westfalen.be)  
[info@westfalen.be](mailto:info@westfalen.be)

**Westfalen Gas s.r.o.**

Chebská 545/13  
322 00 Plzeň 5 – Křimice  
Tschechische Republik  
Tel. +420 379 420-042  
Fax +420 379 420-032  
[www.westfalen.cz](http://www.westfalen.cz)  
[info@westfalen.cz](mailto:info@westfalen.cz)

**Westfalen France S.A.R.L.**

Parc d'Activités Belle Fontaine  
57780 Rosselange  
Frankreich  
Tel. +33 387 501040  
Fax +33 387 501041  
[www.westfalen-france.fr](http://www.westfalen-france.fr)  
[info@westfalen-france.fr](mailto:info@westfalen-france.fr)

**Westfalen Gas Schweiz GmbH**

Sisslerstr. 11  
5074 Eiken AG  
Schweiz  
Tel. +41 61 8552525  
Fax +41 61 8552526  
[www.westfalen.ch](http://www.westfalen.ch)  
[info@westfalen.ch](mailto:info@westfalen.ch)

**Westfalen Gassen Nederland BV**

Postbus 779  
7400 AT Deventer  
Niederlande  
Tel. +31 570 636745  
Fax +31 570 630088  
[www.westfalengassen.nl](http://www.westfalengassen.nl)  
[info@westfalengassen.nl](mailto:info@westfalengassen.nl)

**Westfalen AG**

Industrieweg 43  
48155 Münster  
Deutschland  
Tel. +49 251 695-0  
Fax +49 251 695-194  
[www.westfalen.com](http://www.westfalen.com)  
[info@westfalen.com](mailto:info@westfalen.com)

**Westfalen Medical GmbH**

Industriestraße 26  
57555 Brachbach  
Deutschland  
Tel. +49 2745 93159-0  
Fax +49 2745 93159-999  
[www.medica-technik.de](http://www.medica-technik.de)  
[info@medica-technik.de](mailto:info@medica-technik.de)

**Westfalen Medical BV**

Rigastraat 14  
7418 EW Deventer  
Niederlande  
Tel. +31 570 858450  
Fax +31 570 858451  
[www.westfalenmedical.nl](http://www.westfalenmedical.nl)  
[info@westfalenmedical.nl](mailto:info@westfalenmedical.nl)