TEKO
Zusammen besser.

TEKOINFO

Saubere Anlagentechnik durch Vermeidung von Verschmutzungen in CO_2-Anlagen.

Liebe Leserinnen und Leser,

in dieser Broschüre widmen wir uns dem Thema „Verschmutzungen in CO2-Kälteanlagen" und wie wir diese vermeiden können. Die Idee dazu entstand aus einem regelmäßigen Erfahrungsaustausch mit vielen Kollegen aus Kältefachbetrieben, die vermehrt Auffälligkeiten an CO2-Anlagen auf der Baustelle feststellen.

Verunreinigungen an und in Kälteanlagen führen in großem Maße zur Beeinträchtigung der Funktion, Lebensdauer und Effizienz. Dabei ist es in erster Linie unerheblich, welches Kältemittel zum Einsatz kommt. Allerdings weisen CO2-Anlagen technisch und bauartbedingt Besonderheiten auf. Beispielsweise werden Rohrleitungen und Komponenten deutlich kleiner dimensioniert. Außerdem kommen prozessbedingt mehr Regelventile zum Einsatz.

Das sind nur Beispiele die zeigen, dass für CO2-Systeme neue Lösungen entwickelt werden mussten. TEKO setzt daher auf eine ausgewogene Anzahl an Bauteilen im System, die Schmutz aus dem Kältekreis herausfiltern. Die Filter schützen das gesamte System und begünstigen eine längere Lebensdauer der Kälteanlage.

Ein „sauberes" Arbeiten innerhalb des CO2-Kältekreises und ein regelmäßiges Wechseln der Filter ist daher unerlässlich. Diese Aussage wurde mir bereits durch viele Kältefachbetriebe bestätigt.

Simon Ahlers
(Produktmanagement CO2-Systeme)

Welche Verunreinigungen sind in Kälteanlagen immer wieder zu finden und woher kommen sie?

"Auf Baustellen ist es nie sauber. Daher ist es besonders wichtig, offene Bauteile, wie beispielsweise Rohre, vor Staub oder Sand zu schützen. Diese so genannten körnigen Verunreinigungen können bei offener Bauteillagerung in den Kältekreis dringen und weitere Schäden verursachen. Wir verschließen daher alle offenen Bauteile mit Verschlusskappen und reinigen sie vor der Installation nochmals mit Stickstoff.

Luftseitige Verschmutzungen wie Ablagerungen von Staub, Pollen, Laub, Vereisung und weitere an wärmeübertragenden Oberflächen von Gaskühlern und Verdampfern bewirken einen schlechteren Wärmeübergang vom Kältemittel in die Luft oder umgekehrt. Der schlechtere Wärmeübergang muss dann durch höhere Temperaturdifferenzen ausgeglichen werden. So können das Leistungsvermögen und die Effizienz der Kälteanlage 'in die Knie' gehen – bis hin zum vollständigen Versagen der gesamten Anlage, zum Beispiel Hochdruckstörung oder unzureichende Kälteerzeugung. Daher reinigen wir bei jedem Wartungs- und Serviceeinsatz die Wärmetauscher."

Christian Kraus
(K.E.D. Kälte- und Klimatechnik GmbH)

Verschmutzter Maschinenraum

TEKO-Filter
zum Schutz der Anlage

Filtersieb HD-Ventil

Saugfilter

Ölfilter

Koaleszenzpatrone

Filtertrockner

Saubere Rohre nach der Verarbeitung

Welche Verunreinigungen sind in Kälteanlagen immer wieder zu finden und woher kommen sie?

Wasser

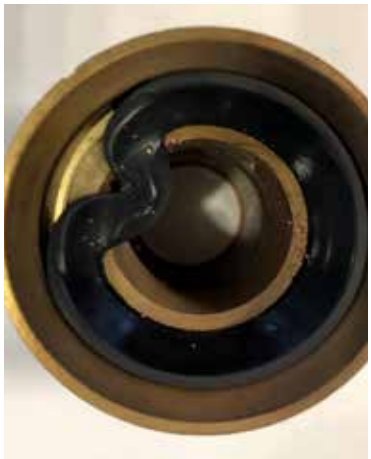
Wasser entsteht durch Luftfeuchtigkeit, unverschlossene Bauteile, die Regen ausgesetzt sind, bei der Kühlung von z. B. Lötstellen, bei der Bauteil-Herstellung aus Kühlschmiermitteln oder Frostschäden an Wärmetauschern.

Zunder (Metalloxid)

Zunder (Metalloxid) entsteht durch Oxidation von Metalloberflächen (z. B. Kupferrohr) bei sehr hohen Temperaturen (z. B. Löten oder Schweißen) und vorhandenem Sauerstoff.

Späne

Durch die Bearbeitung von Bauteilen (z. B. Bohren oder Fräßen, Feilen oder Schleifen) können Metallspäne in den Rohrleitungen verbleiben. Daher ist eine Reinigung aller Rohrleitungen vor der Montage dringend notwendig. Späne können aber auch innerhalb des laufenden Anlagenprozesses entstehen.



Materialabrieb

Im laufenden Betrieb von Anlagen kann ein Materialabrieb an allen bewegten Teilen entstehen. Verstärkt wird dieser bei unzureichender Schmierung (z. B. der Kolben oder Ventilsitze). Der Materialabrieb gelangt als Späne, Staub oder Splitter in den Kältekreislauf und kann zum Abrieb weiterer Bauteile oder deren Zerstörung beitragen.

„Ölkohle"

Bei zu hohen Betriebstemperaturen, z. B. ausgelöst durch hohe Verdichtungsendtemperaturen, entsteht ein chemischer Zersetzungsprozess des Kälteöls. Das führt zu Verstopfungen an Filtern und Ventilen.

Verschlussstopfen

Immer wieder stoßen wir auf Beispiele vergessener Lager- und Transportverschlüsse. Sie dienen der Vermeidung innerer Verunreinigung von Bauteilen. Werden sie bei der Bauteil-Installation nicht entfernt, kann das zu Verunreinigungen und Schäden innerhalb der Anlage führen.

Löten unbedingt unter Formiergas

Was bewirken diese Verunreinigungen im Kältekreislauf einer CO_2-Anlage?

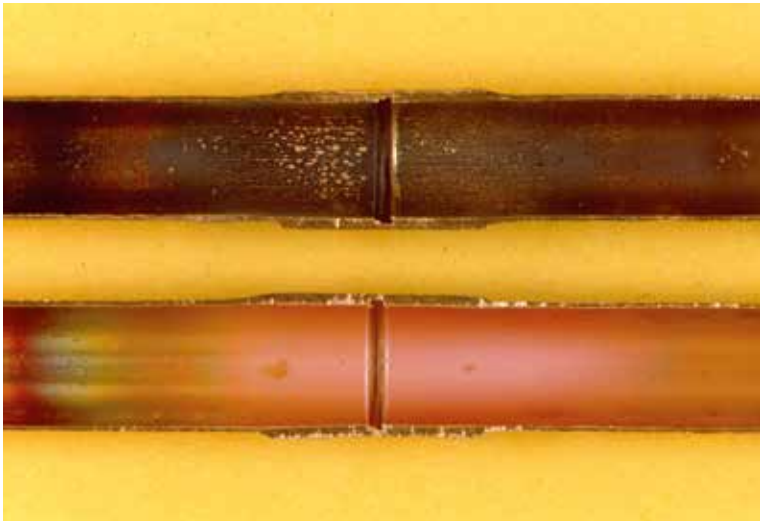
Im Vergleich zu chemischen Kältemitteln hat CO_2 (R 744) eine deutlich **höhere volumetrische Kälteleistung**. Speziell im gasförmigen Zustand wird ein erheblich geringeres Volumen an Kältemittel transportiert, um die gleiche Wärmemenge abzuführen. Dadurch werden insbesondere **Rohrleitungen**, die Kältemittelgas führen, **kleiner dimensioniert**. Gleiches gilt auch für alle Einbauteile, wie z. B. Ventile, die aufgrund zur Verfügung stehender Druckdifferenzen teilweise nochmals kleiner dimensioniert werden können bzw. müssen.

In transkritischen CO_2-Kälteanlagen werden prozessbedingt mehr Regelventile eingesetzt, als in klassischen F-Gas-Kältesystemen bei gleichzeitig kleineren Querschnitten. Vorhandene Verunreinigungen führen unter anderem deshalb zu einer erhöhten Störhäufigkeit, weil Ventilsitze durch Verschmutzungen blockiert werden oder vorgeschaltete Filter verstopfen.

Weiterhin werden in CO_2-Anlagen heute hauptsächlich Ölabscheider eingesetzt, die nach dem Koaleszenz-Prinzip arbeiten. Hierzu wird ein sehr feiner Filter in den Ölabscheider gesetzt, der kleinste Öltröpfchen fängt, sammelt und in den Abscheiderboden abtropfen lässt. Dieser Filter ist um den Faktor 3...4 kleiner als z. B. gängige Saugleitungsfilter, die vor dem Verdichtereintritt platziert werden. Demzufolge sammeln sich selbst kleinste Verunreinigungen in der Ölabscheiderpatrone.

Verschiedene Verunreinigungen reagieren auch chemisch im Kältekreislauf miteinander. So wird die Kombination von Wasser (Restfeuchtigkeit) mit Polyolesther (Schmiermittel im Verdichter) bei ausreichender Reaktionswärme (hohe Verdichtungsendtemperatur) zu Alkohol und Säure. Die Säure greift dann wiederum ohne großen Reaktionswärmebedarf die Rohrleitung oder die Verdichterwicklungen an.

Die Lötvariante mit der geringsten Oxidationsbildung ist das Induktivlöten. Hierbei wird ein elektromagnetischer Induktionseffekt zur Wärmeerzeugung genutzt. Dieses Verfahren steht TEKO als Produktionsbetrieb zur Verfügung, ist auf der Baustelle jedoch leider nicht umsetzbar.



Unterschied zweier Lötproben: ohne und mit Formiergas (Foto: DKI)

Wie lange verbleibt eine Verschmutzung im Kältekreislauf?

Die Dauer des Verbleibens der Verschmutzung im Kältekreislauf hängt von vielen Umständen ab und lässt sich kaum vorhersagen. Es kann einen relativ hohen Zeitraum – also auch Jahre – dauern, bis eine Verschmutzung wieder bereinigt wurde.

Regelmäßige Wartungen, beginnend kurz nach der Inbetriebnahme der Anlage, mit Überprüfung des Verschmutzungsgrades der Filter und entsprechender Reinigung oder Austausch der Filtereinsätze **wird...**

- **zu einer geringeren Störhäufigkeit führen.**
- **die Effizienz der Kälteanlage steigern.**
- **die Haltbarkeit aller Komponenten verbessern.**
- **zu einer höheren Lebensdauer der Anlage führen.**

Stark verschmutztes, beschädigtes Sieb

Sieb im Neuzustand

Verstärktes Sieb

Welche Auswirkungen hat Schmutz in der Kälteanlage?

Generell entsteht durch **Verschmutzungen** im Kältekreis ein **deutlich höherer Abrieb** bei allen bewegten Teilen. Das Verstopfen von Durchlässen und Sieben erhöht die Druckabfälle und hat einen **höheren Energiebedarf** zur Folge.

Filter und Siebe

Filter und Siebe fangen einen großen Teil der Schmutzpartikel aus dem Kältekreis ab. In Abhängigkeit der Filterweite und Größe der Schmutzpartikel kann jedoch nicht jeglicher Schmutz aus dem Kältekreis aufgefangen werden.

Bei der Aufnahme von Schmutz, können sich Filter und Siebe mit der Zeit zusetzen. Dies kann zu erhöhten Druckabfällen, bis im schlimmsten Fall hin zum Versagen der Anlagenfunktion, führen.

Was bedeutet das für den Anlagenbetrieb? **Durch einen erhöhten Druckabfall, kann die Kälteleistung der Anlage fallen.** Dies führt im Umkehrschluss zu einer Steigerung der Leistungsaufnahme des Systems und damit zu einem **erhöhten Stromverbrauch**. Diese Effizienzverluste bedeuten f**ür den Betreiber einen wirtschaftlichen Nachteil**.

Setzt sich beispielsweise ein Filter in der Flüssigkeitsleitung zu, kann es zu frühzeitigen Expansionen des Kältemittels kommen. Der Verdampfer wird nicht mehr ausreichend mit Flüssigkeit beaufschlagt und eine ausreichende Kühlung bleibt aus.

Ein weiteres mögliches Szenario ist das komplette Versagen der Anlagenfunktion durch zugesetzte Filter und Siebe. Das führt meist zu kostenintensiven Serviceeinsätzen und im schlimmsten Fall zu Warenschäden mit hohen monetären Verlusten.

In unserem Beispielbild "stark verschmutztes, beschädigtes Sieb" war der Druckabfall so hoch, dass das Sieb eingedrückt wurde. Eine Funktion des Ventils ist nicht mehr gegeben. Damit Siebe künftig höheren Druckdifferenzen standhalten können, haben wir mit unserem Lieferanten eine verstärkte Form entwickelt (Bild "Verstärktes Sieb").

Ölreguliersystem

Der **feinste Filter** in modernen CO_2-Kältesystemen ist meist die **Koaleszenzpatrone des Ölabscheiders**. **Daher bleibt an dieser Stelle ein Großteil des Schmutzes hängen.** Die durch die Verschmutzung bedingten Druckabfälle können innerhalb der Patrone leicht zum **Reißen des Filters** führen. Das führt zum **Verlust der Abscheidefunktion** der Koaleszenzpatrone und der **Schmutz verteilt sich über das Öl** in den gesamten Kältekreislauf.

Die Wirkung des Öls an den Schmierstellen (Kolben, Lager, Ventilsitze) wird durch Schmutzpartikel dramatisch beeinträchtigt. Diese erhöhen den Abrieb deutlich, der wiederum Verschmutzung erzeugt. Der **Verdichter ist einem deutlich höheren Verschleiß ausgesetzt. Beschädigte Ventilsitze führen dazu, dass Ventile nicht mehr richtig schließen bzw. arbeiten.**

Die Füllung des Kältekreislaufes mit der r**ichtigen Ölmenge** ist extrem wichtig. Eine **Über- oder Unterfüllung kann zu weiteren Verschmutzungen** und Schädigungen innerhalb **der Anlage führen**.

Das Öl benötigt eine bestimmte Zeitspanne, abhängig von Anlagenlaufzeit und Weite des Rohrnetzes, bis es durch den Kreislauf wieder zum Verdichter zurück fließt. **Benötigt der Verdichter zu einem Zeitpunkt Schmierung, in dem noch nicht genügend Öl zurück transportiert wurde, entsteht Materialabrieb** innerhalb der Verdichterkolben und Ventilzungen.

Bei einer Überfüllung des Kältekreises kann das Öl schwallweise über die Saugleitung in den Verdichter zurückkommen. Eine **zu große Masse an Öl kann der Verdichter nicht verarbeiten**. Verdichterausfälle durch Ölschläge sind meist die Folge. Eine hohe Ölmenge an den Wärmetauschern minimiert zusätzlich das Leistungsvermögen der Anlage.

Plattenwärmetauscher

Plattenwärmetauscher haben sehr **kleine Kanäle**, die **leicht durch Schmutz zugesetzt** werden können. Dies kann einen **Leistungsabfall der Anlage** oder bei kompletter Verstopfung einen Anlagenausfall zur Folge haben.

Ventile

Setzen sich Ventile mit Schmutzpartikel zu, kann mit der Zeit immer weniger Kältemittel durch die Ventile durchtreten und deren **Regelgüte nimmt ab**. Bei vollständigem Verschluss hat der **Ventilantrieb nicht mehr genügend Kraft, das Ventil zu betätigen**. Das kann einen **teilweisen oder kompletten Anlagenausfall** zur Folge haben.

Am Beispiel Einspritzventil würde der betroffene Verdampfer ausfallen, die restliche Anlage dagegen weiterlaufen.

Es kann aber auch das Gegenteil eintreten. Ventile können durch Schmutzpartikel so beeinträchtigt werden, dass sie nicht mehr richtig schließen. Ein **festsitzendes Expansionsventil birgt die Gefahr von ungewollten internen Leckagen** bis hin zu Flüssigkeitsschlägen am Verdichter. Ein nicht schließendes Magnetventil am Ölspiegelregulator kann zur Ölüberfüllung und damit zu Ölschlägen am Verdichter führen.

Kennen Sie schon unseren YouTube-Kanal?

In unseren Videopodcasts zeigen wir Ihnen anhand Beispielen nützliche Inhalte, Tipps & Tricks, die Ihnen den ein oder anderen Arbeitsvorgang erleichtern können.

Abonnieren Sie unseren Kanal "TEKO Kältetechnik" und erhalten Sie Informationen immer brandaktuell!

Beispielsweise finden Sie hier unser Video zum Austausch einer Koaleszenzpatrone:
https://youtu.be/HIyRTmxUzWc

Wie kann ich eine Verschmutzung erkennen?

Ein guter Indikator zur Feststellung des Verschmutzungsgrades einer Anlage ist die Ansicht und **Analyse der Filterpatronen**.

Koaleszenzpatrone neu

Schneiden Sie bei einem durchgeführten Wechsel die Filterpatrone auf und begutachten Sie die Siebe. Wir raten dazu, die Siebe zu fotografieren und damit den Grad der Verschmutzung zu dokumentieren. Hat sich nach einem nächsten Wechsel der Grad der Verschmutzung verbessert? Das ist ein Hinweis dafür, dass die Verschmutzung in der Anlage abnimmt.

Koaleszenzpatrone
leicht verschmutzt

Koaleszenzpatrone
verschmutzt & gerissen

Kontrollieren Sie bei jeder Reinigung auch die Prismenschaugläser an Ölspielgelregulatoren und Ölabscheider!

Treten häufig Störmeldungen auf, die das Ölmanagement betreffen? Hier sollte umgehend die Anlage auf den Zustand des Öls kontrolliert werden (Menge / Verschmutzung).

Ein sicheres Zeichen dafür, dass die Anlage verschmutzt ist, ist die Einfärbung des Öls. Dies ist meist über Ölschaugläser erkennbar. In manchen Fällen sinken die Schmutzpartikel im Öl allerdings ab, so dass eine optische Analyse über die Schaugläser nicht ausreichend ist. Bei einer Wartung empfehlen wir daher eine Ölprobe am Verdichter zu entnehmen und eine Vergleichsprobe mit frischem Öl durchzuführen.

Austausch einer Koaleszenzpatrone

Wie kann die Verschmutzung einer Kälteanlage möglichst verhindert werden?

Löten mit Formiergas

Wir empfehlen den Einsatz von Formiergas beim Löten vor Ort, um unerwünschte Zunderbildung zu vermeiden.

Regelmäßig Filter in der Anlage wechseln

Wechseln Sie nach der Inbetriebnahme und bei jeder Wartung oder jedem Serviceeinsatz die Filter Ihrer Anlage. Konkret sind das die Filter:

- **Koaleszenzpatrone**
- **Filtertrockner**
- **Saugfilter**
- **Ölfilter**
- **Filtersiebe z. B. vor den Hochdruckventilen**

Kontrollieren Sie die Filter auf den Grad der Verschmutzung, wie unter Analyse der Filterpatrone beschrieben. Auch im Normalbetrieb der Kälteanlage entsteht Schmutz durch Abrieb. Daher kann auch nach gewechselten Filterpatronen, die sauber waren immer noch Schutz entstehen.

Umgang mit Komponenten vor Einbau

Achten Sie auf ein sorgfältiges Verschließen aller Bauteile während Lagerung und Transport. Feuchtigkeit und Wasser ist ebenfalls ein Verschmutzen der Anlage.

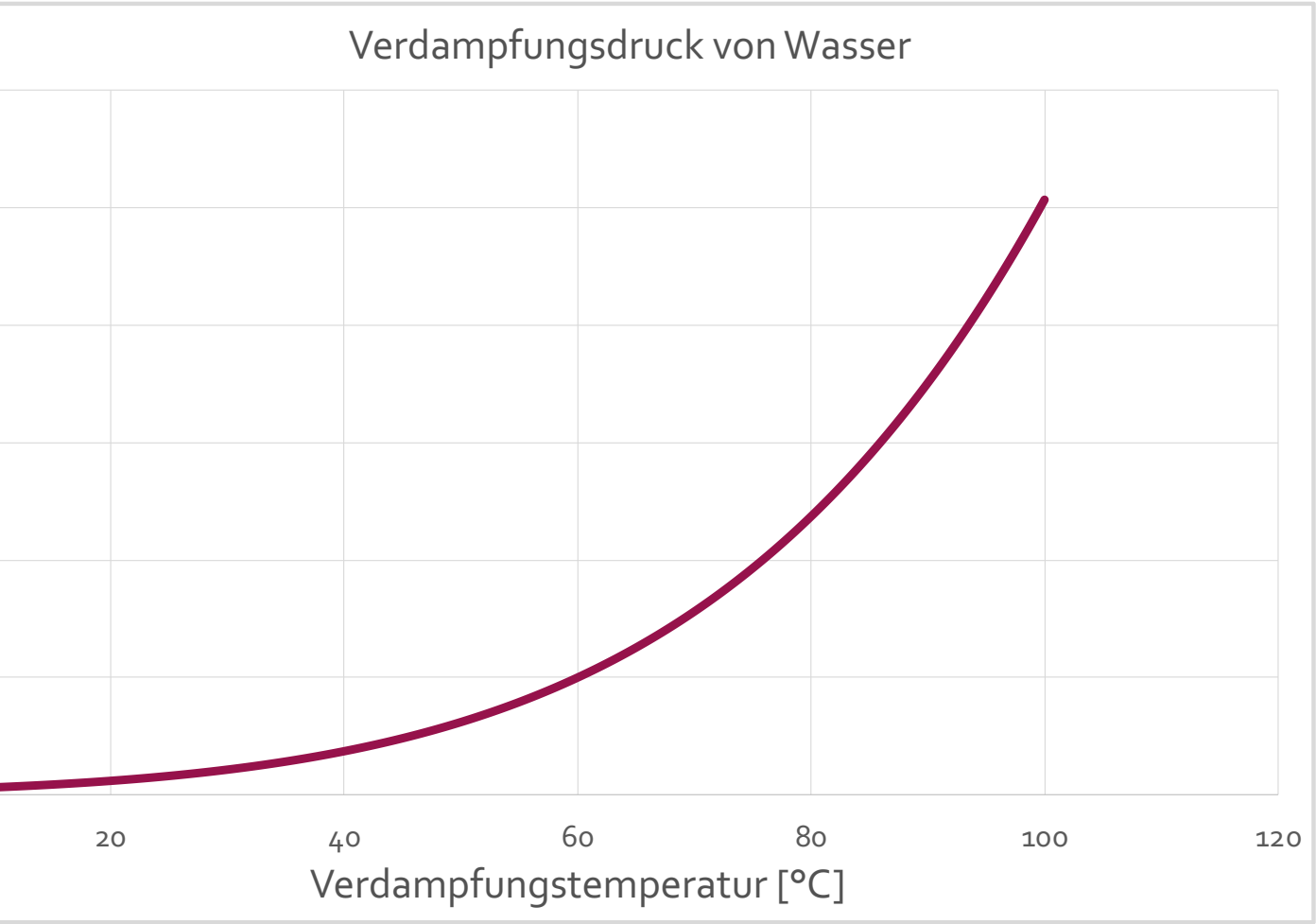
Wir empfehlen daher das ordentliche Evakuieren der Anlage vor Inbetriebnahme. Achten Sie dabei immer auf den Vakuumdruck. Dieser muss deutlich unterhalb der Umgebungstemperatur liegen (Siehe Dampfdruckkurve).

Jegliche Komponenten sollten vor Einbau gereinigt werden. Geschnittene oder gelagerte Rohre sind unbedingt auszupusten, Wärmetauscherflächen zu reinigen.

Zum guten Schluss

Verschmutzung kann zu erheblichen Störungen bis hin zu Schäden und Anlagenausfällen führen. Deshalb empfehlen wir, so sauber wie möglich zu Arbeiten und währen des Anlagenbetriebes immer den Grad der Verschmutzung zu kontrollieren und gegebenenfalls einzugreifen.

So werden Sie immer viel Freude mit Ihrer Kälteanlage haben.



TEKO Gesellschaft für Kältetechnik mbH
Carl-Benz-Straße 1
63674 Altenstadt
Germany

Tel.: +49 (0) 60 47 / 96 30-100
Fax: +49 (0) 60 47 / 96 30-100
info@teko-gmbh.com
www.teko-gmbh.com

D: Version 1 – August 2019