

## Funktionsbeschreibung **Korrodest** - Verdampfersysteme

Der Sicherheitsfaktor C für PVDF beträgt 2 und die Zeitstandsfestigkeit K wird aus dem Zeitstandsfestigkeitsdiagramm für 20 Jahre mit 5 N/mm<sup>2</sup> ermittelt.

Damit ergibt sich ein maximaler Betriebsdruck für den genannten Anwendungsfall von 5,5 Bar

Kunststoffe sind schlechte Wärmeleiter, die Wandstärke ( $\delta$ ) beeinflusst maßgeblich die Wärmeleistung des Apparates. Es muss immer ein Mittelweg zwischen Druck und Austauscherfläche festgelegt werden.

### **Reinigbarkeit / Verfügbarkeit / Wartung / Störfallszenario**

Alle Austauscherbauformen zeichnen sich durch Ihre „schwimmende“ Konstruktion aus, das heißt die einzelnen Rohre eines Apparates sind flexibel, bewegbar innerhalb der Rahmenkonstruktion eingebracht. Da bei Verdampfungsanlagen aufgrund des Siedeprozesses IMMER starke Turbulenzen in der Siedekammer auftreten, werden die Austauscherrohre also gezielt in Schwingungen versetzt. Dies hat zur Folge, dass eine Verunreinigung der Austauscher(flächen), bedingt durch die Konstruktion und Ausführung, weitestgehend ausgeschlossen ist.

Weiterhin zeichnet sich insbesondere der Werkstoff PVDF durch seine Antiadhäsive Eigenschaft aus, welche Ablagerungen auf der Austauscherfläche zusätzlich minimiert.

Im Bedarfsfalle kann jedoch jeder Austauscher, welche IMMER aus einer Anzahl einzelner Module besteht einfach und OHNE Fachkenntnisse ausgebaut und gereinigt werden.

Alle Wärmeaustauscher bestehen aus einer definierten (der erforderlichen Leistung angepassten) Anzahl einzelner Module. Die Einzelmodule werden im Rastermaß DN 80, DN 150 und DN 250 gefertigt, die Baulänge als solches ist flexibel, ist jedoch auch standardisiert. Die einzelnen Rasterlängen betragen 250 mm, 500 mm 750 mm und 1000 mm.

Jedes Modul wird zwischen die tragenden Kollektoren mittels einer handelsüblichen Kunststoffverschraubung, bzw. Flansch bei größeren Apparaten eingebaut.

Bei einem evtl. mechanischen Schaden eines Moduls (Ausfälle aufgrund chem. Angriffs sind eher nicht zu erwarten) kann das beschädigte Modul OHNE Fachkenntnisse ausgebaut und ersetzt werden.

Bei **Korrodest** - **Vakuumverdampfungsanlagen** besteht kein direkter Kontakt zwischen dem Kreislauf der (optionalen) Wärmepumpenanlage und dem zu behandelndem (einzudampfenden) Medium. Bei allen Anlagen Ausführungen wird einer zwischengeschalteter Sekundärkreislauf als Wärmeträgerkreis verwendet. Das bedeutet, dass im Falle eines Schadens an einem oder mehreren Austauschermodulen lediglich ökologisch unbedenkliches Wasser austritt, und NICHT wie bei klassischen Vakuumverdampfungsanlagen Kältemittel (H-FKW). Um das Eindringen aggressiver Medien in den Sekundärkreislauf von vornherein auszuschließen ist dieser zusätzlich noch mit einer Druck- und Leitfähigkeitsüberwachung ausgestattet, welche die Anlage rechtzeitig abschalten. Aufgrund der redundanten Ausführung der Kontroll- und Sicherheitsgeräte des Sekundärkreislaufes ist das Austreten ökologisch bedenklicher, bzw. giftiger, bzw. umweltschädigender Stoffe ausgeschlossen.

### Bauformen

### **Siehe Anhang!**

Copyright: Korrotherm Wärmetauscher GmbH Februar 2003

# Funktionsbeschreibung **Korrodest** - Verdampfersysteme

## Wärmeleistung des Apparates

Bei allen Arten von Wärmeaustauschern hat neben den Temperaturen, der Umgebungstemperatur, bzw. dem Volumenstrom die Wärmedurchgangszahl ( $k$ ) entscheidenden Einfluß auf die Übertragungsleistung des Apparates. Diese ist jedoch verglichen mit metallischen Werkstoffen als eher schlecht zu betrachten. Üblicherweise liegt die Wärmedurchgangszahl bei Kunststoff – Wärmeaustauschern in der Regel zwischen 250 und 600 W/m<sup>2</sup>K, je nach Material, Medium und Betriebstemperatur.

Dieser als eher schlecht zu bewertenden Wert wird jedoch durch eine entsprechend größere Oberfläche des Austauschers kompensiert werden. Um trotzdem kleine, kompakte Baugrößen realisieren zu können, werden **Korrotherm – Wärmeaustauscher** deshalb aus einer großen Menge kleiner Kunststoffrohre hergestellt.

Eigenschaften / Werkstoff	PE	PP	PVDF
Dichte in kg/dm <sup>3</sup>	0,95	0,95	1,78
Streckspannung in N/mm <sup>2</sup>	22	26	54
Schmelztemperatur	130	168	195
Wärmeleitfähigkeit in W/mK	0,44	0,22	0,21
Längenausdehnung 1/K	$1,8 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$

Abbildung 3: Werkstoffeigenschaften

Metallische Wärmeaustauscher werden oftmals mit einer Berippung versehen um den Gesamtwirkungsgrad zu steigern. Dieses ist jedoch bei Kunststoffwärmeaustauschern nicht sinnvoll, da sich der Wirkungsgrad des Austauschers nach der allgemeingültigen Formel

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta T_m \text{ errechnet.}$$

Hieraus ist klar ersichtlich das die führende Größe (der größte Einzellwiderstand) die spezifische Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) ist welche die Gesamtleistung des Apparates maßgeblich bestimmt. Hinzu kommt die Tatsache das sich berippte Kunststoffrohre nur sehr schwer herstellen lassen, und im Falle einer Verschmutzung nur schwierig reinigen lassen. Aus diesen Gründen heraus ist es sinnvoller die Wärmeleistung des Apparates durch vergrößern der Austauscherfläche zu erhöhen, und glatte Austauscherrohre zu verwenden.

Aufgrund der verhältnismäßig niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen muss immer ein Kompromiss zwischen der Wandstärke welche maßgeblich die Wärmeleistung des Apparates beeinflusst, und des maximal zulässigen Betriebsdruckes getroffen werden.

Bei der Austauscher - Bauform RBWT (Rohrbündel – Wärmeaustauscher für Verdampfungsanlage mit aussenliegendem Wärmeaustauschern) wird die Wärmedurchgangszahl des Apparates durch ein Verflechten der internen Austauscherrohre zusätzlich erhöht. Die Verflechtung der Rohre untereinander führt zu einer größeren mechanischen Stabilität der Einbauten, entscheidend ist jedoch das hierdurch Turbulenzen innerhalb der Medien auftreten, welche den Gesamtwirkungsgrad des Apparates entscheidend verbessern.

Üblicherweise werden richten sich die Wandstärken nach den Durchmessern der Austauscherrohre, und liegen etwa bei 1/10 des Rohrdurchmessers.

In Bereich ist ein optimales Verhältnis zwischen Druckbeständigkeit, Wärmedurchgangswiderstand ( $k$ ) und der Übertragerfläche gegeben.

Der maximale Betriebsdruck eines Austauschers aus PVDF – Rohren mit einem Durchmesser ( $d$ ) von 4 mm, einer Wandstärke ( $\delta$ ) von 0,4 mm, und einer gegebenen Betriebstemperatur von 100° C lässt sich gemäß der Formel

$$p = \frac{20 \cdot \delta \cdot K}{C \cdot (d - \delta)} \text{ berechnen}$$

# Funktionsbeschreibung **Korrodest** - Verdampfersysteme

## 1.7 Detailbeschreibung der in die Siedekammer integrierten Wärmeaustauscher

Eindampfprozesse als solches sind ein rein physisch – technisches Trennverfahren. Hierzu werden, zum transferieren der benötigten Wärmeleistung, entsprechende in die Siedekammer integrierte oder ausserhalb der Siedekammer befindliche Wärmeaustauscher benötigt.

An diese Bauteile werden insbesondere folgende Ansprüche gestellt:

1. Korrosions- und Temperaturbeständigkeit
2. hohe Wärmeleistungen verbunden mit möglichst geringen Baumassen
3. einfache Reinigbarkeit, da die überwiegende Mehrzahl der Angriffsmedien zur Kristallbildung neigen, welche die Austauschblockieren und somit zu unnötig hohen Energiebedarf führen
4. hohe Verfügbarkeit und einfache Wartung.
5. Unkritisches Störfallszenario

Das Konzept der Korrodest – Vakuumverdampfer wird diesen Anforderungen insbesondere durch nachfolgend dargestellte Konstruktionsdetails gerecht:

### Beständigkeiten / Werkstoffeigenschaften

Als Materialien werden je nach Aggressivität und Anwendungsfall verschiedenen Kunststoffe eingesetzt.

Werkstoff	Max. Betriebsdruck in Bar bei +20°C	Max. Betriebstemperatur in °C
Polyethylen – RT (PE)	8	60
Polypropylen (PP)	8	80
Polyvinylidenfluorid (PVDF)	16	140

Abbildung 1: Betriebsdruck und Betriebstemperatur für verschiedene Kunststoffe

Die meisten Anwendungsfällen können mit dem Werkstoff Polyethylen (PE) realisiert werden. Bei Temperaturen oberhalb von + 80°C , bei sehr aggressiven Medien, bzw. bei Anwendungen in der Lebensmittel- und Medizintechnik wird Polyvinylidenfluorid (PVDF) verwendet.

Zur Auswahl des Werkstoffes werden üblicherweise die allgemein anerkannten Beständigkeitslisten- und Freigaben der Georg Fischer AG, bzw. die der Simona AG verwendet.

Medium / Werkstoff	PP	PE	PVDF
Säuren	+	+	+
Laugen	+	+	O
Salze	+	+	+
Lösungsmittel	O	O	O
Halogenide	O	O	-

Abbildung 2: Beständigkeiten der verschiedenen Kunststoffe

Legende:

- +: beständig
- O: bedingt beständig, im Einzelfall durch Beständigkeitstest zu prüfen
- : wenigen beständig / unbeständig

# Funktionsbeschreibung **Korrodest** - Verdampfersysteme

## 1.4 Grundsätzliches

**Korrodest** - Vakuumverdampferanlagen wurden entwickelt um auch hochaggressive Medien (z.B. salz-, und flussäurehaltige Beizen, Elektropolierbäder etc.) kostengünstig OHNE die bisher übliche, kostenintensive Neutralisation aufzubereiten. Selbstverständlich können die schon genannten Vorteile dieser Technologie auch sinnvoll bei der Verdampfung minderaggressiver Medien genutzt werden. Hierfür stehen entsprechende, den chem. Anforderungen entsprechend ausgewählte Werkstoffe zu Verfügung. (siehe „Korrotherm – Wärmeaustauscher aus Kunststoff“)

Durch die konsequente Umsetzung der Modulbauweise können auch bereits sich in Betrieb befindliche Anlagen zu einem späteren Zeitpunkt an geänderte Bedürfnisse angepasst werden.

## 1.5 Regelung

**Korrodest** - Vakuumverdampfer sind für einen vollautomatischen, unbeaufsichtigten Betrieb konzipiert, alle relevanten Betriebszustände werden über Klartextanzeige in Landessprache angezeigt.

Standardmäßig sind die Anlagen mit einer SPS-Steuerung der Fa. Mitsubishi ausgestattet, auf Wunsch können jedoch auch andere Fabrikate, bzw. konventionelle Schützsteuerungen geliefert werden (Option).

Der Schaltschrank enthält alle für die Regelung, Bedienung und Überwachung der Anlage erforderlichen Meß- und Regelgeräte, er erfüllt Schutzart IP 44.

Der Aufbau entspricht den VBG 20, bzw. DIN VDE wie auch dem CE Vorschriften.

Die Regelventile werden standardmäßig mit Druckluft betrieben.

## 1.6 Vakuumsystem

Die Vakuumerzeugung wird bei allen Anlagengrößen grundsätzlich durch eine Flüssigkeitsring – Vakuumpumpe aus Kunststoff erzeugt. Zum Schutz der der Pumpe gegen schädliche Kavitation, welche üblicherweise am Betriebspunkt der Anlage auftritt, ist diese mit einem eigens dafür entwickeltem Gasstrahler ausgestattet. Der Gasstrahler verhindert durch die kontrollierte Zufuhr von Inertgas das kavitieren der Pumpe. Weiterhin wird durch den Gasstrahler das erzielbare Endvakuum auf etwa 20 mBar Absolutdruck herabgesetzt.

Bei diesem Druck siedet Wasser bereits bei etwa 25° C.

Die Vakuumpumpe hat jedoch noch eine weitere Funktion, diese besteht darin das in der Siedekammer erzeugt Kondensat aus der Anlage abzuführen, das produzierte Kondensat wird also kontinuierlich während des Siedprozesses aus der Anlage abgeführt.

## 1.7 Konzentratpumpe / Niveauregelung

Die Konzentratpumpe wird benötigt, um bei Erreichen der gewünschten Konzentration das Produkt aus der Anlage zu pumpen.

Die Regelung hierfür geschieht primär über die in 1.2 beschriebenen Timer, bzw. über die Dichtemessung.

Als Konzentratpumpe wird je nach Anwendungsfall eine Kreiselpumpe mit spezieller, den Anforderungen für den Einsatz in Vakuumverdampfern optimierte Wellendichtung oder eine Druckluft-Membranpumpe eingesetzt. Letztere ist besonders für stark abrasive Produkte geeignet.

Über die integrierte Niveauregelung wird das Arbeitsniveau überwacht und bei Bedarf über das Ventil „Produkteingang“ frisches Produkt nachgezogen.

# Funktionsbeschreibung **Korrodest** - Verdampfersysteme

## 1.3 Wärmepumpeneinrichtung (Optionale Ausstattung)

Um 1 kg Wasser zu verdampfen, benötigt man eine Energiemenge von ca. 625 W; exakt dieselbe Energie wird zum Kondensieren von 1 kg Wasserdampf benötigt.

Um einen möglichst kostengünstigen Betrieb zu gewährleisten, sind **Korrodest** - Vakuumverdampfer mit einer integrierten Wärmepumpe ausgestattet.

Die Wärmepumpe nutzt die dem Wasserdampf entzogene Kondensationswärme, um sie dem Produkt zum Aufheizen zuzuführen.

Der entscheidende Vorteil dieser Technologie liegt darin, daß der effektive (an das EVU zu zahlende) Energiebedarf nur bei ca. 180 W pro Liter Destillat (Kondensat) liegt.

Vereinfacht dargestellt läßt sich mit einem KW Antriebsleistung eine Heizleistung von 4,5 KW erzielen, im Einzelfall noch darüber.

### Der Wärme- / Kälteprozess

Gasförmiges Kältemittel wird von einem oder mehreren Verdichtern komprimiert und dabei erhitzt.

Dieses Heißgas wird durch einen hermetischen Plattenwärmeaustauscher geführt, von welchem aus die Energie mittels Wasser als Wärmeträgermedium auf das einzudampfende Medium transferiert wird. Das Kältemittel wird nun durch einen zusätzlichen, im Regelfall luftgekühlten Kondensator geführt und in diesem komplett verflüssigt.

Nun wird das Kältemittel zum ebenfalls hermetisch aufgebautem Kältemittelverdampfer gefördert, welchem ein Drosselorgan (Exopansionsventil) vorgeschaltet ist.

Durch dieses Drosselorgan wird eine Druckdifferenz von ca. 12 bar aufgebaut, so daß das Kältemittel verdampft und dabei der Umgebung (= dem Wärmeträgermedium Wasser) Wärme entzieht. Das abgekühlte Wasser wird dabei kontinuierlich zu dem in der Siedekammer befindlichen Kunststoff – Wärmeaustauscher gefördert, welcher dem Brüden (Wasserdampf) hierbei unter den Taupunkt abkühlt.

Der Wasserdampf wird also verflüssigt und sammelt sich am Boden der Kondensatwanne, und wird mittels der Vakuumpumpe als reines Destillat aus dem Siedekessel abgesaugt, und steht z.B. für weitere Spülprozesse in der Produktion zu Verfügung.

Das gasförmige, unter niedrigem Druck befindliche Kältemittel wird nun wieder vom Verdichter angesaugt und erneut komprimiert.

Der Wärme- / Kälteprozess ist hiermit geschlossen.

### Startphase mit Heißgas-Bypass-Regelung

Im Startmoment, d.h. wenn das sich in der Siedekammer befindliche Produkt noch nicht erwärmt ist, entsteht auch kein Wasserdampf. Das hat zur Folge, daß kein Medium zur Verfügung steht, welchem Energie entzogen werden kann (= keine Kühllast). Dadurch würde das vom Kompressor angesaugte Kältemittel nur unzureichend verdampfen und in teilweise flüssiger Form zum Kompressor gelangen, was wiederum zu mechanischen Schäden am Kompressor führen würde.

Um dem vorzubeugen, wurde von uns die HEISSGAS-BYPASS-REGELUNG entwickelt, welche im Startmoment eine künstliche Kühllast erzeugt und somit sicherstellt, daß nur gasförmiges Kältemittel zum Kompressor gelangt.

Gleichzeitig konnte hierdurch die früher erforderliche elektrische Vorheizung entfallen und die Aufwärmzeit des Produktes entscheidend verkürzt werden.

# Funktionsbeschreibung **Korrodest** - Verdampfersysteme

## 1.1 **Korrodest** - Verdampfersysteme

dienen zum Aufbereiten von aggressiven Medien, wie sie häufig in der metallver- und bearbeitenden Industrie vorkommen. Die Besonderheit der neuen Korrodest – Verdampfungssysteme liegt im komplett modularen Aufbau und besonders in der neuartigen, zum PATENT angemeldeten, Konstruktion und Ausführung der Wärmeaustauscher. Diese sind, wie alle anderen medienberührten Komponenten, aus KUNSTSTOFF gefertigt und daher absolut beständig gegen alle Säuren und Laugen, wie sie üblicherweise in der metallver- und bearbeitenden Industrie vorkommen.

Durch eine konsequent modular aufgebaute Anlagenkonzeption zeichnen sich die Korrodest – Systeme weiterhin durch ihre einfache Wartung aus. ALLE Systemkomponenten sind zu einzelnen Baugruppen zusammengefasst, welche im Bedarfsfall (Reinigung / Wartung) einfach ohne besondere Fachkenntnisse demontiert, bzw. gewechselt werden können.

Weiterhin zeichnen sich die Korrodest – Verdampfersysteme durch ein sehr einfaches und unkritisches Störfallmanagement aus, das (optionale) Wärmepumpenmodul ist komplett von den unmittelbar medienberührten Wärmeaustauschern abgekoppelt. Als Wärmeträgermedium wird WASSER verwendet.

Die typischen Betriebsparameter liegen bei einem Absolutdruck von ca. 50 mbar und einer Siedetemperatur von ca. 35°C (bezogen auf Wasser). In der Praxis ist mit einer Siedetemperatur von ca. 35°C bis 45°C zu rechnen, je nach Zusammensetzung und Konzentration des Produktes.

Nicht eingedampft werden können Produkte, welche Lösemittel mit einer niedrigen Siedetemperatur in starken Dosierungen enthalten.

Bei Produkten die zum Schäumen neigen, kann anlagentechnisch im Regelfall eine entsprechende Vorkehrung getroffen werden, z.B. Einsatz einer Dosierpumpe für Entschäumer.

## 1.2 **Funktionsablauf**

Beim Starten einer **Korrodest** – Verdampferanlage wird zunächst die Siedekammer mit Hilfe der Vakuumpumpe evakuiert.

Gleichzeitig wird über das Ventil „Produkteingang“ solange Produkt eingezogen, bis das Arbeitsniveau erreicht ist. Dies geschieht über das in der Siedekammer entstehende Vakuum.

Nach Erreichen des Betriebsvakuum (ca. 25 mbar) wird das Produkt über den, sich in der Siedekammer befindlichen, Rohrschlangen-Wärmeaustauscher erwärmt. Im Einzelfall, wie z.B. bei hochviskosen Medien, kann dies auch über einen außenliegenden Wärmeaustauscher geschehen.

Bei Erreichen der Siedetemperatur verdampft das im Produkt enthaltene Wasser, was zum Unterschreiten des Arbeitsniveaus führt. In diesem Moment öffnet sich das über das Arbeitsniveau geregelte Ventil „Produkteingang“ selbsttätig, und die Anlage saugt die entsprechende Menge an Produkt aus einem Vorlagebehälter nach.

Das sich in der Siedekammer befindliche Produkt wird währenddessen immer weiter aufkonzentriert, bis die gewünschte Konzentration erreicht ist.

Bei Erreichen dieser Konzentration wird das Produkt automatisch, mittels einer Druckluft – Membranpumpe, aus der Anlage abgepumpt.

Diese Regelung kann wahlweise über einen Timer oder über die in der Anlage integrierte Dichtemessung erfolgen.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, bei Erreichen der gewünschten Konzentration nur eine Teilmenge des sich in der Siedekammer befindlichen Produktes abzupumpen, was zu einem quasi kontinuierlichen Betriebsverhalten führt, da der Siedeprozess hierdurch kaum merklich unterbrochen wird.