

ALLGEMEINE WARTUNGS- UND BEDIENUNGSANLEITUNG FÜR WÄRMETAUSCHER

PRÄAMBEL

Die Wartungs- und Bedienungsanleitung kann aufgrund der Vielfalt der Einsatzbedingungen und der erforderlichen Klarheit und Übersichtlichkeit der Darstellung nur den allgemeinen Einsatzfall berücksichtigen. Für Sonderfälle, z.B. außergewöhnliche Umgebungs- oder Betriebsbedingungen sowie besondere Sicherheitsvorschriften, ist eine Überprüfung und Abstimmung mit der VDL DELMAS GmbH erforderlich.

Die Wärmetauscher sind für den kontinuierlichen Betrieb bei den in der Auftragsbestätigung angegebenen technischen Werten geeignet. Für abweichende Betriebswerte muss eine Überprüfung und Freigabe durch die VDL DELMAS GmbH erfolgen.

An- und Abfahrvorgänge sowie Lastwechsel müssen in geeigneter Form erfolgen (zulässiger Temperaturgradient). Ist der Wärmetauscher Bestandteil einer Gesamtanlage, so sind deren Besonderheiten und Auswirkungen auf den Wärmetauscher zu berücksichtigen. Hierbei dürfen keine druckbedingten Gefahren und unzulässigen mechanischen Belastungen, wie Stoßbelastungen oder Wärmespannungen, auf die Bauteile einwirken.

Die Wärmetauscher dürfen nicht außerhalb den in den technischen Unterlagen angegebenen Grenzwerten betrieben werden.

Sie sind auf Belastungen ausgelegt, die der beabsichtigten Verwendung und anderen nach vernünftigem Ermessen vorhersehbaren Betriebsbedingungen angemessen sind. Insbesondere sind vom Betreiber folgende Gefährdungsfaktoren zu berücksichtigen und durch geeignete Maßnahmen unzulässige Belastungen und vorhersehbare Gefährdungen auszuschließen:

- Überschreitung des Innen- und Außendruckes,
- Umgebungs- und Betriebstemperaturen,
- Belastungen durch Verkehr, Wind und Erdbeben,
- Reaktionskräfte und -momente im Zusammenhang mit Tragelementen, Befestigungen, Rohrleitungen usw.,
- Korrosion und Erosion, Materialermüdung usw.,
- Zersetzung instabiler Fluide.

Unterschiedliche Belastungen, die gleichzeitig auftreten können, sind unter Beachtung der Wahrscheinlichkeit ihres gleichzeitigen Auftretens zu berücksichtigen.

Es müssen ausreichende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um zu verhindern, dass Personen durch evtl. austretende heiße Betriebsstoffe gefährdet werden. Heiße Flächen müssen mit einem ausreichenden Berührungsschutz gesichert werden.

Die korrekte Inbetriebnahme und der Betrieb von Wärmetauschern werden auch in den VGB-Richtlinien dargestellt. Mit unserer vorliegenden Anleitung wird von uns die dort empfohlene Vorgehensweise beschrieben.

Die in dieser Betriebsanleitung aufgeführten Sicherheitshinweise, die bestehenden nationalen Vorschriften zur Unfallverhütung sowie eventuell interne Arbeits-, Betriebs- und Sicherheitsvorschriften des Betreibers sind zu beachten.

Das Bedienungs-, Wartungs-, Inspektions- und Montagepersonal muss die entsprechende Qualifikation für diese Arbeiten besitzen.

WARENEINGANG / LAGERUNG / TRANSPORT

Die Konstruktion des Wärmetauschers sowie die Bezeichnung der einzelnen Baugruppen und Teile werden in entsprechenden Zeichnungen (ggf. mit Schnittbildern und Stücklisten) dargestellt.

Jeder Wärmetauscher wird im Fertigungswerk einer Qualitätskontrolle einschließlich Druckprobe unterzogen. Dennoch empfehlen wir, den Wärmetauscher vor dem Einbau einer Dichtigkeitsprüfung mit dem vorgesehenen Prüfdruck zu unterziehen.



Nach Eingang des Wärmetauschers beim Betreiber muss durch eine Überprüfung sichergestellt werden, dass keine Beschädigungen vorhanden sind. Schäden, die zu weitergehender Korrosion führen können, sind sofort auszubessern.

Sofern der Wärmetauscher zum Anheben mit Ringschrauben oder Hebelaschen ausgerüstet ist, sind die Hebezeuge dort anzuschlagen. Hierbei ist zu beachten, dass die Ringschrauben oder Hebelaschen nur für das Eigengewicht des Wärmetauschers dimensioniert sind.

Sollte eine längere Zwischenlagerung erforderlich sein, so sind folgende Maßnahmen vorzusehen:

- Lagerzeit bis zu 18 Monate:
Wärmetauscher unter Beigabe von Trocknungsgut und Feuchtigkeitsanzeigern luftdicht in Polyäthylenfolie (PE) einschweißen.
- Lagerzeit bis zu 3 Jahren:
Wie vorstehend, jedoch unter Verwendung einer kaschierten Aluminiumfolie.

Grundsätzlich hat die Lagerung der Wärmetauscher in trockenen, frostfreien Räumen zu erfolgen. Sie sind so zu lagern, dass sie gegen mechanische Beschädigungen geschützt sind.

Nach längeren Lagerzeiten sind die Dichtungsschrauben von Kammern und Flanschverbindungen nachzuziehen.

Bei Weichstoffdichtungen (z.B. NBR oder EPDM) kann es bei langen Lagerzeiten zu einer plastischen Verformung der Dichtungen kommen. Sofern durch Nachziehen der Dichtungsschrauben die erforderliche Dichtheit nicht erreicht wird, sind die alten Dichtungen gegen neue auszutauschen. Danach muss eine erneute Dichtheitskontrolle durchgeführt werden.

ANSCHLUSS UND INBETRIEBNAHME DES WÄRMETAUSCHERS

Die Montage des Wärmetauschers ist so vorzunehmen, dass eine ausreichende Entlüftung sowie vollständige Entleerung gewährleistet ist.

Die Leitungen sind bauseits so abzustützen und zu lagern, dass keine zusätzlichen Lasten in die Anschlussstutzen des Wärmetauschers eingeleitet werden. Es wird empfohlen, für den Anschluss ein elastisches Verbindungsstück (Kompensator) vorzusehen.

Um Verspannungen zu vermeiden, müssen die Anschlussflächen der Flansche parallel zueinander stehen. Nach dem Zwischenlegen der vorgesehenen Dichtung sind die Schrauben wechselweise und über Kreuz anzuziehen, um ein gleichmäßiges Setzen der Dichtung zu gewährleisten.

Sofern für Schraubenverbindungen Anzugsmomente vorgegeben werden, gelten die angegebenen Werte für geölte (gefettete) Schrauben, Muttern und Scheiben.

Filtereinrichtungen müssen - sofern sie für die Anlage vorgesehen sind - in betriebsfähigem Zustand sein.

Nebenaggregate (Gebläse, Pumpen, Überwachungsgeräte) und Armaturen sind auf einwandfreie Funktion zu überprüfen. Angegebene Leistungswerte, die nicht überschritten werden dürfen, müssen überprüft werden.

Die Systeme der Gesamtanlage - einschließlich der Wärmetauscher - sind zu befüllen, wobei die entsprechenden Vorschriften der Betriebsmittelhersteller für die jeweiligen Betriebsstoffe unbedingt zu beachten sind. Bei Wasserkreisläufen dürfen z.B. Korrosionsschutzmittel nicht gemeinsam mit Gefrierschutzmitteln verwendet werden.

Nach der Befüllung sind die Systeme an den entsprechenden Stellen sorgfältig zu entlüften, bis keine Luft mehr austritt. Hierbei sind nicht nur die Entlüftungen des Wärmetauschers, sondern auch Entlüftungen im weiteren Gesamtsystem zu berücksichtigen.

Nach der Entlüftung müssen die Gesamtsysteme auf Dichtigkeit überprüft werden. Danach werden die Kreisläufe kurz angefahren und anschließend das Gesamtsystem nochmals entlüftet. Vor Inbetriebnahme sind die Kreisläufe gegebenenfalls noch einmal mit Betriebsmitteln nachzufüllen.

Bei Luftkühlern ist darauf zu achten, dass eventuell anfallendes Schwitzwasser (Kondensat) abgeführt werden kann.

Bauseits angeschlossene Luftkanäle müssen derart dimensioniert werden, dass die Kaltluftgeschwindigkeit unter 4 m/s liegt, um das Mitreißen von ausgefallenen Wassertropfen zu vermeiden.

MAßNAHMEN ZUR SCHUTZSCHICHTBILDUNG

Bei korrosionserzeugenden Flüssigkeiten (z.B. Wasser) muss über mindestens 2 Monate ein kontinuierlicher Betrieb erfolgen, um die Bildung einer passivierten Schutzschicht auf der Metalloberfläche zu erreichen.

Wichtig ist die Einhaltung der Fördermengen (Werte für Nennbetrieb) und eine möglichst gleichbleibende Geschwindigkeit in den jeweiligen Kreisläufen. Die Einstellung der vorgegebenen Fördermengen muss durch bauseits vorzusehende Regelventile vorgenommen werden.

Die Einhaltung der vereinbarten Qualität der Medien muss durch entsprechende Analysen kontrolliert werden.

Solange sich die passive Schutzschicht nicht voll entwickelt hat, muss ein Betrieb mit verschmutztem, sauerstoffarmem Wasser vermieden werden, da der sich sonst ablagernde Schmutzfilm den Aufbau der passiven Schutzschicht verhindern würde.

Bei Wasserkreisläufen wird die Dosierung des Wassers mit kleinen Mengen (ca. 5 g/m³) leicht löslichen Eisensulfates (Inhibitor) zur Unterstützung der Schutzschichtbildung empfohlen. Diese Behandlung sollte während der Inbetriebnahmezeit jeweils täglich für die Dauer einer Stunde durchgeführt werden.

WARTUNG

Kontrolle der Betriebsstoffe und Überprüfung der zugesicherten Qualität (z.B. Kühlwasseranalyse)

In ausreichenden Abständen ist mittels einer Analyse die Zusammensetzung der Betriebsstoffe zu überprüfen. Bei Abweichungen von den Vorgaben, die der Werkstoffauswahl zugrunde lagen, ist zu klären, ob eine erhöhte Gefährdung durch Korrosion vorliegt.

Bei Abweichung von den vorgesehenen Betriebstemperaturen ist sicherzustellen, dass die Betriebsstoffe in dem vorgesehenen Aggregatzustand verbleiben. Beispielsweise muss bei Frostgefahr ein Einfrieren durch Einsatz einer Stillstandsheizung oder Zugabe von Frostschutzmitteln verhindert werden.

Kontrolle der Fördermengen und Geschwindigkeiten

Das Einhalten des zugelassenen Geschwindigkeitsbereiches in den Systemen ist sicherzustellen. Die zulässige Geschwindigkeit wird bei Einhaltung der Auslegungs-Fördermengen erreicht. Die entsprechenden Werte werden im technischen Datenblatt unserer Auftragsbestätigung oder auf unserem Typenschild angegeben.

- Bei **zu hohen Geschwindigkeiten** kann es zu abrasiven Erscheinungen kommen, die zu einer Zerstörung der passivierten Schutzschicht und somit zu Korrosion führen.
- Bei **zu geringen Geschwindigkeiten** kann es zu Schmutzfilmbildung und zur Ablagerungen von Feststoffen kommen, wodurch unter ungünstigen Umständen Korrosionsschäden verursacht werden können (Bildung von "Belüftungszellen" / Lochfraßkorrosion).

Kontrolle von Filtern und Sieben

Eine zu starke Verschmutzung von Filtern und Sieben bedingt eine Erhöhung des Druckverlustes im System und somit eine Verringerung der Förder- und Umlaufmengen. Dies kann zu einer Reduzierung der Kühlleistung führen.

Es ist daher in entsprechenden Intervallen eine Überprüfung und Reinigung der Filter vorzusehen. Hierbei ist nach den Angaben der Filterhersteller zu verfahren.

Überprüfung der Kühlleistung

Die Kühlleistung ergibt sich aus der Umlaufmenge und der erreichten Temperaturdifferenz eines Mediums. Für den Betrieb ist im Regelfall die Überwachung der Kalt-Temperaturen der beiden wärmetauschenden Medien ausreichend (Kaltabstand oder Grädigkeit). Sollte der geforderte Wert nicht mehr erreicht werden, so ist eine Überprüfung der Umlaufmengen sowie der zugehörigen Temperaturen der Medien erforderlich. Weiterhin ist die Überprüfung der Kühlflächen des Wärmetauschers hinsichtlich ihrer Verschmutzung vorzunehmen.

Kontrolle der Verschmutzung des Wärmetauschers

Das Wärmetauschersystem ist in regelmäßigen Abständen -mindestens jährlich- von Verschmutzungen zu reinigen. Die erforderlichen Reinigungsintervalle ergeben sich aus der Art und der Verschmutzung der wärmetauschenden Medien sowie aus der Betriebsart des Wärmetauschers. Spätestens beim Auftreten verminderter Übertragungsleistung oder bei erhöhtem Druckabfall sind die Wärmeaustauschflächen zu reinigen und hinsichtlich der Korrosionsbildung zu kontrollieren.

Insbesondere dient eine *wasserseitige* Reinigung nicht nur der Erhaltung der Kühlleistung, sondern darüber hinaus der Verhinderung des korrosiven Angriffes der Wärmeaustauschfläche. Bei Ablagerungen und Verschmutzungen besteht erhöhte Korrosionsgefahr durch Bildung von "Belüftungszellen" (Lochfraßkorrosion).

REINIGUNG DES WÄRMETAUSCHERS

Die Reinigung kann *mechanisch*, *hydraulisch* oder *chemisch* erfolgen. Darüber hinaus ist die permanente Reinigung der Rohr-Innenseite von Wärmetauschern durch Kugel- oder Bürstensysteme möglich (z.B. BALL-TECHNIK oder TAPROGGE). Hier sind die Anweisungen des entsprechenden Geräteherstellers zu befolgen.

Vor der Reinigung wird der Wärmetauscher entleert; die Betriebsstoffe werden restlos entfernt. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die passivierten Schichten der Wärmeaustauschflächen nicht durch den Reinigungsprozess beschädigt oder entfernt werden. Schadstellen an den Bauteilen -insbesondere an beschichteten Stahlteilen- sind fachgerecht auszubessern.

Es ist zu unterscheiden in Rohrbündel, die im eingebauten Zustand gereinigt werden können und Rohrbündel, die zu Reinigungszwecken herausgezogen werden können.

Bei einer Reinigung im eingebauten Zustand muss sichergestellt werden, dass keine unzulässigen Betriebsstoffe, Spritzwasser oder Fremdkörper in den Wärmetauscher oder in die angebaute Maschine gelangen. Insbesondere muss auf eine korrekte Abdichtung des Kreislaufes geachtet werden, der systemmäßig nicht abgeschlossen wird (z.B. Trafoöl bei Öl/Wasser-Wärmetauschern).

Zur Reinigung der Rohrinneenseite muss mindestens eine Kammer oder ein schraubbarer Kammerdeckel demontiert werden.

Hierzu sind die Anschlussflansche zu lösen und die Kammerbefestigungsschrauben herauszudrehen. Sofern im Kammerflansch Gewindebohrungen zum Eindrehen von Abdrückschrauben vorgesehen sind, wird die Kammer mit Hilfe der Abdrückschrauben vorsichtig abgedrückt.

Nach der Reinigung wird der Zusammenbau - ggf. unter Verwendung neuer Dichtungen - durchgeführt. Die Schrauben sind wechselweise und über Kreuz anzuziehen, um ein gleichmäßiges Setzen der Dichtung zu gewährleisten.

Beim Zusammenbau des Wärmetauschers ist sicherzustellen, dass die verwendeten Dichtungen voll funktionsfähig sind und das Rohrbündel wieder in der ursprünglichen Lage eingebaut wird (z.B. Rippenstellung, Stellung der Leitbleche/Umlenkleche). Nach dem Zusammenbau ist eine Dichtigkeitsprüfung mit dem vorgesehenen Prüfdruck durchzuführen.

Nach erfolgter Reinigung und Montage des Wärmetauschers ist die erneute Inbetriebnahme entsprechend der vorstehenden Anleitung vorzunehmen. Wird der Wärmetauscher nicht unmittelbar nach der Reinigung in Betrieb genommen, müssen die Feuchtigkeitsreste durch einen Trocknungsprozess restlos aus dem Wärmetauschersystem entfernt werden.



Mechanische Reinigung

Die Reinigung von lose haftender Verschmutzung kann im eingebauten Zustand mit ölfreier Pressluft erfolgen. Der fester sitzende Schmutz wird im feuchten Zustand mittels spezieller Bürsten mit Kunststoffborsten entfernt. Danach wird solange mit Wasser gespült, bis keine Verunreinigungen mehr sichtbar sind oder abfließen.

Hydraulische Reinigung

Bei fest haftender Verschmutzung erfolgt die Reinigung im ausgebauten Zustand durch Wasser (Hochdruckgerät), wobei schwache Reinigungsmittel zugesetzt werden können.

- Zur Reinigung der **Rohr-Innenseiten** werden Hochdruck-Reinigungsgeräte mit Spezialdüsen eingesetzt.
- Bei der Reinigung von **berippten Außenseiten** darf der Druck des Reinigungsgerätes nicht zu hoch sein, um das Verbiegen der Rippen zu vermeiden. Verbogene Rippen müssen mit einer dünnen Flachzange gerichtet werden.

Chemische Reinigung

Sofern die mechanische oder hydraulische Reinigung nicht den gewünschten Erfolg bringen, muss eine chemische Reinigung durchgeführt werden. Aggressive Chemikalien dürfen hierbei nicht verwendet werden. Die Dauer der erforderlichen Einwirkzeit ist von der Lösungsfähigkeit des Reinigungsmittels und dem Grad der Verschmutzung abhängig.

- Zur Reinigung der **Rohr-Innenseiten** wird der komplette Wärmetauscher entweder an einen externen Reinigungskreislauf angeschlossen oder mit Blindflanschen verschlossen und dann mit dem - *möglichst heißen* - Reinigungsmittel gefüllt.
- Zur Reinigung der **Rohr-Außenseite** wird das Rohrbündel längere Zeit in einem heißen, mit fettlösendem alkalischen Reinigungsmittel versehenen Bad eingeweicht.

Falls eine Wiederholung des Reinigungsganges erforderlich wird, muss zwischen zwei chemischen Reinigungsgängen jeweils eine gründliche Spülung mit sauberem Wasser durchgeführt werden.

Folgende handelsübliche chemische Reinigungsmittel können empfohlen werden, wobei die Verarbeitungsrichtlinien der jeweiligen Hersteller zu beachten sind:

Hersteller	Reinigungsmittel
HENKEL, Düsseldorf	PORODOX
DREW AMERIOD GmbH, Hamburg	Drewclean 20
VECOM GmbH, Hamburg	DESCALANT NF

Zur Entfernung von Steinansätzen in Rohren kann eine 10 %ige HCl-Säure benutzt werden.

Unmittelbar nach Abschluss des chemischen Reinigungsvorganges ist der Wärmetauscher gründlich mit sauberem Wasser zu spülen. Es dürfen keine Rückstände der Reinigungsmittel im Wärmetauscher verbleiben!

Anschließend wird der Wärmetauscher mit Pressluft ausgeblasen und mit heißer Luft getrocknet.

STILLSTAND DER WASSERVERSORGUNG

Der Stillstand einer Wasserversorgung (Kühlwasser oder Prozesswasser) ist für alle wasserberührten Wärmetauscherteile schädlich. Besonders gefährlich sind Stillstände für Rohre aus Kupfer und Kupferlegierungen, wenn die passive Schutzschicht sich noch nicht gebildet hat oder die Gefahr ihrer Zerstörung durch Korrosion unter Ablagerungen besteht.

Bei Frostgefahr muss das Einfrieren des Wassers durch geeignete Maßnahmen verhindert werden (z.B. Stillstandsheizung oder Zugabe von Frostschutzmittel).



Stillstand während der Inbetriebsetzung

Nach Möglichkeit soll der Betrieb während der ersten zwei Monate nicht durch Stillstände unterbrochen werden. Fällt die Wasserversorgung jedoch aus und kann der Betrieb voraussichtlich **innerhalb von 3 Tagen** wieder aufgenommen werden, können die Kühler mit Wasser gefüllt stehen bleiben, wenn sichergestellt ist, dass die Rohre frei von Ablagerungen sind.

Im Fall von Ablagerungen soll das Wasser abgelassen, die Rohre gereinigt, mit sauberem Wasser gespült und anschließend getrocknet werden. Bewährt hat sich das Durchblasen mit warmer oder vorgetrockneter Luft.

Es empfiehlt sich, den Wärmetauscher auf der Wasserseite anschließend mit Korrosionsschutzöl zu behandeln (z.B. SHELL Ensis Fluid D).

Bei geschlossenen Kreisläufen ist zur Neubefüllung nach Möglichkeit das abgelassene, gründlich filtrierte Wasser wieder zu verwenden, um weitere Kalkablagerungen und eine Eindickung des Wassers zu vermeiden.

Bei allen Stillständen von *mehr als 3 Tagen* sind die Kühler bei Vorliegen von Ablagerungen auf jeden Fall wie oben aufgeführt zu entleeren, zu spülen, zu trocknen, anschließend mit Korrosionsschutzöl zu behandeln und geöffnet zu halten.

Für Kurzstillstände ist auch der Betrieb mit niedrigen Wassergeschwindigkeiten (Schleichströmung) zulässig, wenn Ablagerungen in den Rohren vermieden werden. Diese Maßnahme ist einem absoluten Stillstand des Kühlwassers in den Rohren vorzuziehen, da Fäulnisprodukte (NH₃, H₂S) vom Ort ihrer Entstehung fortgespült werden.

Stillstand nach der Inbetriebsetzung

Für Stillstände nach der Inbetriebsetzungszeit gilt sinngemäß die oben aufgeführte Empfehlung.

Nach längeren Stillstandzeiten sind die Dichtungsschrauben von Kammern und Flanschverbindungen nachzuziehen.

Bei Weichstoffdichtungen (z.B. NBR oder EPDM) kann es bei langen Stillstandzeiten zu einer plastischen Verformung der Dichtungen kommen. Sofern durch Nachziehen der Dichtungsschrauben die erforderliche Dichtheit nicht erreicht wird, sind die alten Dichtungen gegen neue auszutauschen. Danach muss eine erneute Dichtheitskontrolle durchgeführt werden.

DICHTIGHEITSKONTROLLE / UNDICHTIGKEITEN

Grundsätzlich sollte beim Auftreten von Undichtigkeiten die Vorgehensweise der Prüfung und der Reparatur mit uns oder einem anderen Fachbetrieb des Apparatebaues abgestimmt werden.

Undichtigkeiten im Kammer-, Dichtungs- oder Mantelbereich sind *von außen lokalisierbar*. Die Beseitigung der Undichtigkeit ist je nach Art und Lage von sachkundigem Personal durchzuführen. Hierfür ist ggf. Rücksprache mit uns zu halten.

Sofern eine Leckstelle *nicht von außen erkennbar* ist, muss sie durch eine Dichtheitsprüfung des Wärmetauschers lokalisiert werden.

Je nach Bauart des Wärmetauschers und vermuteter Lage der Undichtigkeit muss die Druckprobe über die Außenseite (Mantelraum) oder die Innenseite (Kammerseite) erfolgen. Durch die Druckprobe wird das defekte Rohr oder die Leckstelle lokalisiert. Die Druckprobe muss im ausgebauten Zustand mit einem Medium erfolgen, das dem jeweiligen Betriebsstoff der Mantel- oder Kammerseite entspricht.

Wenn ein *Abpressen einzelner Rohre* erforderlich wird, werden zuerst die Kammern demontiert. Zum Abdichten des zu prüfenden Rohres können Gummistopfen verwendet werden. Durch einen der beiden Stopfen wird ein Rohr gesteckt, an dessen Rohrende dann eine Luft- oder Wasserleitung aufgesteckt wird. Sodann wird über die Luft- oder Wasserleitung mit *niedrigem Druck* abgepresst. Nach einem Abpressen mit *Wasser* ist das geprüfte Rohr sorgfältig zu reinigen und zu trocknen; Wasserrückstände können u. U. im Betrieb zur Beschädigung des Betriebsmittels führen.



Sollte ein Rohr undicht sein, so bestehen folgende Möglichkeiten der Reparatur:

- **Verschließen des Rohres** zum Außerbetriebsetzen des defekten Rohres. Hierfür werden Stopfen angefertigt (leicht kegelig angedreht) und beidseitig in die Rohrenden hineingeschlagen. Als Material eignet sich z.B. Hartholz, Gummi oder Kunststoff. Stopfen aus Metall sollten nicht verwendet werden, da diese beim Einschlagen die Rohrbodenbohrungen deformieren könnten, was bei einer eventuellen späteren Neuberohrung zu Schwierigkeiten beim Einwalzen führen kann. Müssen mehrere Rohre verschlossen werden, ist zu prüfen, ob die hierdurch bewirkte Minderung der Übertragungsleistung noch akzeptabel ist.
- **Einziehen eines Innenrohres** mit etwas kleinerem Durchmesser. Hierfür wird ein Rohr aus geeignetem Material mit möglichst entsprechendem Passmaß in das defekte Rohr eingezogen. Die Verbindung mit dem Rohrboden wird durch Einwalzen oder Einschweißen erreicht. Wenn möglich, sollten die eingezogenen Rohre aufgeweitet werden, um die thermische Minderleistung möglichst gering zu halten. Müssen mehrere Rohre eingezogen werden, ist zu prüfen, ob die hierdurch bewirkte Minderung der Übertragungsleistung noch akzeptabel ist.
- **Auswechseln des defekten Rohres.** Hierfür wird ein neues Rohr aus geeignetem Material in das Rohrbündel eingezogen. Die Verbindung mit dem Rohrboden erfolgt entsprechend der Bauausführung durch Einwalzen oder Einschweißen.

Diese Reparatur darf nur durch einen geeigneten Fachbetrieb des Apparatebaues durchgeführt werden.

Nach erfolgter Reparatur und Zusammenbau des Wärmetauschers ist eine Druckprüfung mit dem vorgeschriebenen Prüfdruck vorzunehmen. Weiter ist dann wie bei der Inbetriebnahme zu verfahren.

AUSSERBETRIEBNAHME

Bei einer Außerbetriebnahme ist es erforderlich, korrosiv wirkende Betriebsmittel abzulassen und die entsprechende Betriebsseite des Wärmetauschers gründlich zu reinigen, zu trocknen und ggf. zu konservieren.

Anschließend sollten die vorstehend beschriebenen Maßnahmen für eine Zwischenlagerung vorgesehen werden.