

# Elektronik zuverlässig schützen: die Trocknungssysteme von Rehm

*Rehm Thermal Systems GmbH*

Trockner ist nicht gleich Trockner – zumindest nicht in der Elektronikfertigung. „Trockner“ ist viel mehr als Überbegriff für thermische Systeme in der Elektronikindustrie zu verstehen, mit denen keine stoffschlüssigen Verbindungen hergestellt werden, also weder gelötet, gesintert noch diffusionsgelötet wird. Dabei kann es sich um reale Trocknungsprozesse (beispielsweise das Austrocknen von Pasten), das Aushärten (z.B. von polymeren Beschichtungen), den Burn-In-Prozess (Einbrenntest für Bauelemente, um Frühausfälle zu lokalisieren) oder das Tempern (um spezielle Eigenschaften von Verbindungsmaterialien zu erzeugen) handeln. In diesem Artikel werden drei Trockner von Rehm Thermal Systems in den Fokus gerückt.

Das Frontlicht eines Autos sorgt für eine sichere Fahrt bei Tag und Nacht, der Airbag kann bei jeder Jahreszeit Menschenleben retten und der Bordcomputer und die Sensorik im Flugzeug ermitteln auch in 10 Kilometern Höhe zuverlässige Messwerte, um das Flugzeug sicher durch die Luft und auch wieder auf den Boden zu bringen. Hinter jeder dieser Funktionen stehen hochkomplexe elektronische Baugruppen und Verbindungen, in deren Fertigung ein Trockner zum Einsatz kommt.

Um die Zuverlässigkeit dieser sensiblen elektronischen Baugruppen auch bei erschwerten Umweltbedingungen sicherzustellen, wird eine Lackschicht auf die bestückte Leiterplatte aufgetragen und anschließend in einer speziellen Trocknungsanlage ausgehärtet. Die Beschichtung schützt die Elektronik vor Beschädigung durch Korrosion oder anderen Umwelteinflüssen wie Feuchtigkeit, Chemikalien und Staub. Außerdem erhöht sie die Lebensdauer und Qualität des Produktes um ein Vielfaches. Alternativ werden komplette Baugruppen vergossen und gekapselt. Für diesen Anwendungsbereich bietet Rehm Thermal Systems innovative Trocknungs- und Aushärtungsverfahren, die jedem Anspruch gerecht werden – wie beispielsweise das Vertikal-Trocknungssystem Alteco,

des Weiteren ein Trockner, der horizontal mäandert oder ein Durchlauf-trockner, der durch einen zuverlässigen Schlaufentransport optimale Trocknungs- und Aushärteteergebnisse garantiert (Pramo).

## VERTIKALTROCKNER ALTECO

Eine der neueren Entwicklungen aus dem Hause Rehm ist das Vertikal-Trocknungssystem Alteco, das maximale Leistung bei



Abb. 1: Das platzsparende vertikale Trocknungssystem Alteco zum Aushärten von lackierten Baugruppen

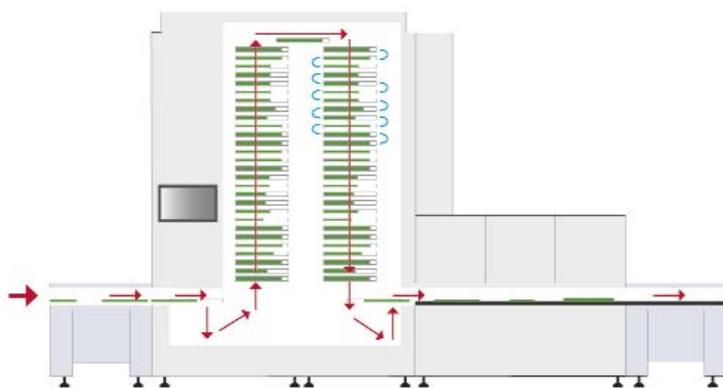


Abb. 2: Anordnung der Prozessstürme nach dem vertikalen Stapelprinzip

minimalem Platzbedarf bietet (**Abbildung 1**). Von diesem System profitieren alle Branchen, die Lackierprozesse realisieren und sensible Flachbaugruppen mit Schutzlackbeschichtung verarbeiten. Bei der Realisierung dieser Anlage wurde neben den besten Temperatur-Profilierungsmöglichkeiten und dem niedrigen Energieverbrauch auch die Anforderung an den minimalen Platzbedarf erfolgreich umgesetzt. Durch den vertikalen Transport ersetzt der Alteco bei einer Anlagenlänge von nur knapp 4 Metern einen vergleichbaren 40 Meter langen horizontal ausgerichteten Trockner. Mit dieser innovativen Systemkonzeption kann wertvoller Platz in der Produktionshalle eingespart, vorhandene Ressourcen optimal genutzt und der Fertigungsalltag optimiert werden. **Abbildung 2** zeigt die zwei nach dem vertikalen Stapelprinzip angeordneten Prozessstürme. Um die Verschmutzung der Mechanik und unerwünschte Kontamination der Baugruppen zum Beispiel mit Lacktropfen zu vermeiden, ist die Anlage mit entsprechenden Tropfschutzmechanismen ausgestattet.

Ein wichtiger Aspekt für jeden Fertiger von hochkomplexen elektronischen Baugruppen ist die Flexibilität des eingesetzten Equipments. Das Vertikal-Trocknungssystem von Rehm ermöglicht flexible, leistungsstarke Trocknungs- und Aushärtungsprozesse aller mit Konvektionswärme aushärtbaren Schutzlacke und Vergussmassen. Im Ofeneinlauf werden die Leiterplatten auf Warenträger geladen. Diese durchlaufen den Trocknungsprozess in der Anlage in vertikaler Richtung und werden während des Aushärtvorgangs übereinandergestapelt. Der eigentliche Trocknungsprozess erfolgt in zwei Prozessstürmen, die jeweils in mehrere Heizzonen unterteilt sind.

Die nachgelagerte, segmentierte Kühlstrecke sorgt für eine schonende und gleichmäßige Abkühlung der Baugruppen für nachfolgende Fertigungsschritte. Alternativ kann die Kühlstrecke auch in das Vertikalsystem integriert werden. Dieses Prinzip ist vor allem für Baugruppen geeignet, die aufgrund ihrer geringeren Masse kürzere Prozessdurchlaufzeiten benötigen oder nicht direkt im Anschluss weiterverarbeitet

werden und daher in nachgelagerten Magazinen auskühlen können.

Für den Vertikalrockner Alteco stehen zwei Transportvarianten zur Verfügung. Zum einen eine fixe Transportbreite, bei der die Umlaufwareträger auf ein festes Maß eingestellt sind, zum anderen eine flexible Transportbreite, bei der sich der Umlaufwareträgertransport automatisch auf die jeweilige Baugruppengröße einstellt. Dies ermöglicht das gleichzeitige Trocknen von unterschiedlich lackierten Boards oder Boards mit verschiedenen Baugrößen. Somit können mehrere Lackierlinien unterschiedliche Produkte mit verschiedenen Leiterplattentransportbreiten im Mix dem Alteco zuführen. Dieser ist dabei speziell ausgelegt für den Trocknungsprozess von Flachbaugruppen mit einer maximalen Höhe von 50 mm.

Ein Trocknungs- oder Aushärtungsprozess wie der des Alteco muss einige wichtige Anforderungen erfüllen. Dies sind insbesondere Parameter wie die maximale Temperatur, die Prozessdauer bei dieser Temperatur, die Temperaturabweichung von der maximalen Temperatur und die Temperaturhomogenität beispielsweise über die gesamte Fläche des Warenträgers. Auf **Abbildung 3** ist beispielhaft ein Temperaturprofil zum Trocknen von vergossenen Baugruppen zu sehen. Für diese Anwendung wurde bei 80 Grad Celsius eine Prozessdauer von 40 Minuten erreicht. Darüber hinaus weist das Profil nur eine geringe Schwankung der Temperaturtoleranz auf.

Grundlage für diese optimale Temperaturprofilierung bietet das Heizsystem nach dem Konvektionsprinzip unter Luft. Um möglichst flexibel auf die Temperaturschwankungen zu reagieren, können Temperatur und Volumenstrom in allen Heizzonen separat eingestellt werden. Zusätzlich garantiert eine speziell entwickelte Luftführung ein gleichmäßiges Durchwärmen

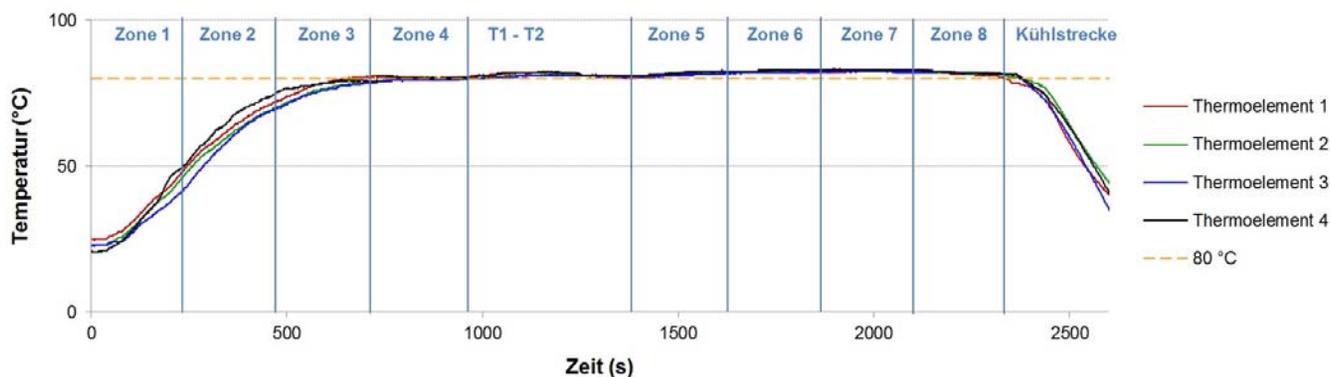


Abb. 3: Beispiel eines Temperaturprofils mit 80 Grad Celsius Trocknungstemperatur und 40 Minuten Prozessdauer

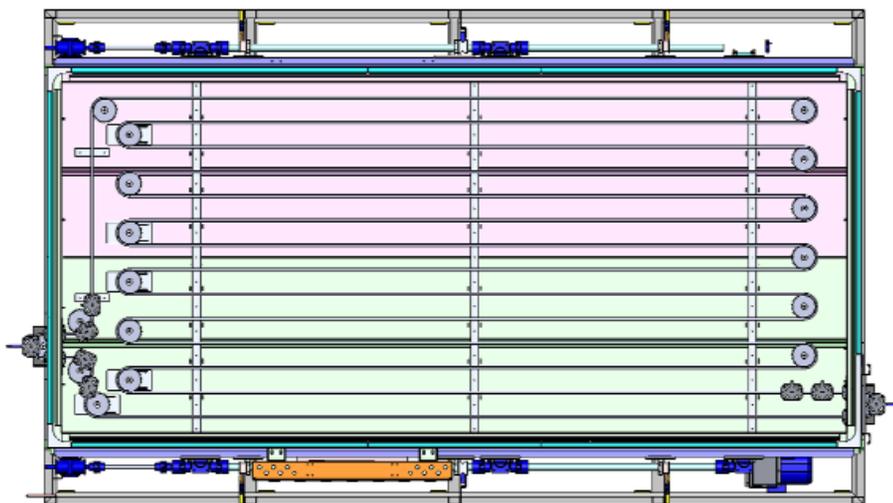


Abb. 4: Mäanderanlage RDS 45000, Blick von oben

aller Baugruppen. Auch das Abluftvolumen wird pro Zone separat geregelt. Somit kann die Anlage optimal auf die Lackmenge und den Lösemitteldurchsatz abgestimmt werden.

#### MÄANDERANLAGE

Vertikaltrockner sparen in der Fläche Platz, benötigen jedoch in der Höhe genügend Freiraum in den Fertigungsstätten. Zudem ist die natürliche Thermik in einer vertikalen Prozesskammer für den Prozess ausschlaggebend, da Wärme stets nach oben steigt. Werden sehr geringe Toleranzen bei der Reproduzierbarkeit des Temperatur-Zeit-Profiles gefordert, kann es technisch sinnvoller sein, die Produkte in einer horizontalen Prozesskammer thermisch zu bearbeiten.

Mit der Mäanderanlage RDS 45000 hat Rehmann eine spezielle Lösung erarbeitet, die ebenso lange Verweilzeiten der Produkte bei einer Produktivität von 3,5 Stück/min in einer horizontalen Ebene ermöglicht. Die Produkte mäandern in 13 Spuren durch die maximal 130 Grad Celsius warme Prozesskammer, die mit 18 Heizzonen ausgestattet ist (**Abbildung 4**). In **Abbildung 5** ist der Warenträgertransport zu sehen, dessen Bestückung entweder manuell oder automatisch, jedoch immer nach dem first-in-first-out-Prinzip, erfolgt. Die Position der Be- und Entladung ist variabel.

Die Mäanderanlage besteht außerdem durch eine lückenlose Traceability: Der Barcode der einzelnen Baugruppe wird eingelesen, was eine exakte Zuordnung der prozessbezogenen Daten ermöglicht. Hinzu kommen die Zeitstempel für das Be- und Entladen sowie die Heiztemperatur im Ofen beziehungsweise einer einzelnen Zone. Die Zuluft des Määndertrockners ist

zum einen durch das Gegenstromverfahren vorgewärmt und zum anderen mit einer Filterüberwachung gefiltert. Aufgrund dessen, dass jedes Teil den exakt gleichen Prozess durchläuft, weist die Mäanderanlage eine hohe Wiederholgenauigkeit auf. Die Anlage gibt es in der Sauerstoff- oder Stickstoffausführung. Die Integration einer Kühlstrecke ist optional. Ist jedoch eine luftgekühlte oder wassergekühlte Ausführung geordert werden.

#### DURCHLAUFTROCKNER PRAMO

Im Durchlauftrockner Pramo werden die Baugruppen auf Warenträgern mit sogenannten „Schiffchen“-Aufnahmen durch das System transportiert. Innerhalb des Trockners durchlaufen sie mehrere Zonen, in denen sie auf die entsprechende Temperatur aufgeheizt und anschließend für den Trocknungs-/Aushärtprozess auf der vor-

eingestellten Temperatur gehalten werden. Die Temperatur im Trockner beträgt maximal 150 Grad Celsius.

Um die Materialien entsprechend der Vorgaben auszuhärten, kann die Taktzeit nach der notwendigen Verweildauer der Baugruppen im Trocknungssystem ausgerichtet werden. Die flexiblen Warenträgeraufnahmen sind austauschbar, wodurch unterschiedlichste Baugruppen und auch Sonderformen jederzeit sicher und zuverlässig durch die Anlage geführt werden. Auch im Hinblick auf den Warmfunktionstest bietet der Pramo Flexibilität und Sicherheit bei der Gestaltung und Umsetzung der Testaufgaben. Ein stabiler Umlaufwarenträgertransport sorgt für absolute Prozessstabilität und einen sicheren Durchlauf der Baugruppe durch die Anlage. Dabei hat der Pramo ausreichend Aufnahmekapazität, um auch große Teile bei kurzer Taktzeit zuverlässig auf die gewünschte Prüftemperatur zu temperieren. Um die Entnahme der Baugruppen mit der entsprechenden Temperatur zu garantieren, wird die Warenträgerückführung als zusätzliche Heizzone ausgeführt.

Ein Roboter oder Handlingsystem be- und entlädt die Baugruppen in die Warenträger. Für die automatische Beladung mit einem Roboter verfügen die Gondeln/Warenträgerschiffchen über eine Spanneinheit zum Fixieren. Alternativ ist auch eine manuelle Be- und Entladung realisierbar. Um möglichst lange Durchlaufzeiten und eine hohe Stückzahl realisieren zu können, ist der Transport in Schlaufen ausgeführt. Dies reduziert die Grundfläche sowie die Höhe des Systems und spart Platz in der Fertigungsstätte.



Abb. 5: Warenträgertransport der Mäanderanlage RDS 45000

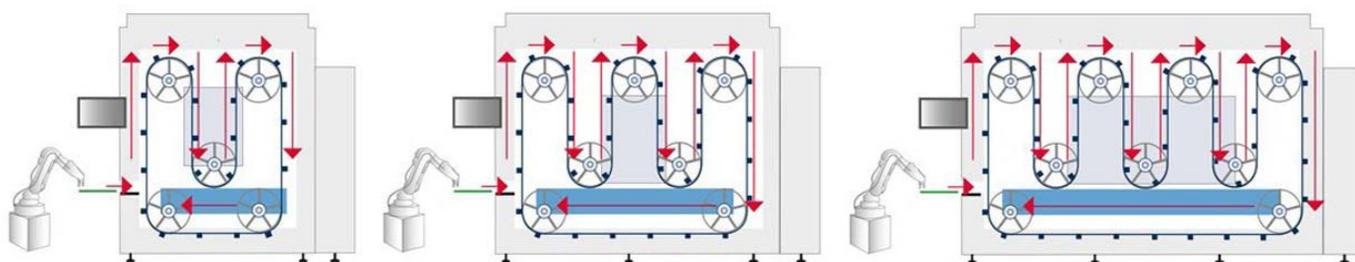


Abb. 6: Der Pramo ist als 2-, 3- oder 4-Schlaufentransport erhältlich.

Je nach Warenträgeranzahl ist der Pramo als 2-, 3- oder 4-Schlaufentransport erhältlich (siehe **Abbildung 6**). Mit maximal 1520 x 200 mm ist die Größe der Warenträger in jeder der Varianten (2-, 3- oder 4-Schlaufentransport) identisch. Die Anzahl der Warenträger im System variiert jedoch zwischen 27 und 58 Stück. In der Kühlstrecke werden die Baugruppen für nachgelagerte Prozesse gekühlt. Dies ermöglicht ein unmittelbares Weiterverarbeiten der Baugruppen. Je Segment wird gekühlte Luft auf die Warenträger mit den Baugruppen geblasen. Über einen Wärmetauscher wird die Abwärme an die zuströmende Frisch-

luft übergeben und dadurch energieschonend aus dem Fertigungsraum abtransportiert. Alternativ ist anstelle des Wärmetauschers ein Residue-Management-System mit zwei Kühler-/Filtereinheiten zur Kaltkondensation erhältlich.

In einem Ultraschallbad können die Kühler- und Filtereinheiten zu Wartungszwecken leicht gereinigt werden. Wenn die Teile für einen Warmfunktionstest warm entladen werden sollen, kann die Rückführstrecke auch als zusätzliche Heizzone ausgeführt werden. Eine Messgondel mit präparierten Teilen und einem Speichermess-

gerät ist über eine Schnellspannfixierung einfach einsetzbar. Die Anlage wird mittels Software über eine Touch-Bedienoberfläche gesteuert. Alle relevanten Prozessparameter wie Durchlaufzeit und Temperatur werden über einen Barcode an der Warenträger-Gondel dokumentiert und gegebenenfalls an ein MES-System übergeben. SMEMA-Schnittstellen sorgen für die Integration der Anlage in jede Fertigungslinie.

■ [www.rehm-group.com](http://www.rehm-group.com)

### DIE ANFORDERUNG BESTIMMT DAS SYSTEM

Die zu produzierende Applikation oder das zu produzierende Produkt sowie der zu erwartende Durchsatz in der Fertigung bestimmen die technische Ausstattung des Trockners. In der Photovoltaik ist zum Beispiel ein Durchsatz von  $\approx 1,5$  Sekunden pro Wafer selbstverständlich, was besondere Anforderungen an das Transportsystem stellt. Demgegenüber sind beim Tempern von Produkten lange Verweilzeiten nicht ungewöhnlich. Um diese mit möglichst geringem Platzbedarf für den Trockner zu realisieren, nutzen die Vertikaltrockner mit der Raumhöhe die dritte Dimension oder fahren mäandrierende Trockner bei niedriger Geschwindigkeit in Schlaufen horizontal durch das thermische System.

Um Lacke und Vergussmassen besser handhaben zu können, werden ihnen Lösungsmittel und Additive beigemischt. Diese Lösemittel müssen jedoch nach dem Lackieren oder Vergießen ausgetrieben werden. Nur so können die Schutzschichten austrocknen. Bereits bei Raumtemperatur entweichen die flüchtigen Bestandteile der Lösemittel aus den Lacken und Vergussmassen. Eine seit langem bekannte

Möglichkeit, diesen Prozess zu beschleunigen, bietet die Beaufschlagung der Baugruppen mit Wärme. Die höheren Temperaturen führen gemäß des Arrhenius-Gesetzes zum schnelleren Ablauf von Härtingsreaktionen. Die beschichteten Baugruppen können hier entweder durch Konvektion und/oder IR-Strahlung aufgeheizt werden. Diese auf den ersten Blick einfachen und seit langem bekannten physikalischen Grundlagen stellen aber in Kombination mit komplexen Anforderungen wie beispielsweise hohem Durchsatz, Energieeffizienz, homogener Temperaturverteilung und Flexibilität neue Herausforderungen an die Anlagentechnik dar. Zusätzlich sind weitere Faktoren zu berücksichtigen, die nicht direkt in Verbindung mit der Prozesstechnik stehen, wie zum Beispiel der Platzmangel in Fertigungsstätten. In solchen Fällen bleibt nur „die Flucht nach oben“ übrig, was mit dem vertikalen Trocknungssystem Alteco problemlos möglich ist.

Die Hersteller von elektronischen Baugruppen sind stets mit der Problematik konfrontiert, den Fokus auf die Effizienz der gesamten Produktionskette, kurzen Durchlaufzeiten und knappe Rüstzeiten zu setzen. Die Zuverlässigkeit und Qualität der gefertigten Baugruppen müssen je-

doch zu 100 Prozent garantiert werden können. Durch die Verwendung innovativer Steuerungs-, Gebläse-, Heizungs- und Sensorik-Komponenten kombiniert mit einem soliden Maschinenbau, liefert Rehm hochwertige Anlagen, mit der stabile Prozesse reproduzierbar in jeder Fertigung gefahren werden können. Die Applikationsspezialisten von Rehm helfen gerne, die optimalen Einstellparameter für die entsprechende Baugruppenfertigung festzulegen. Inhouse-Schulungen sowie Prozess- und Wartungsschulungen im jeweiligen Produktionsumfeld runden das Serviceangebot von Rehm Thermal Systems ab.

Viele physikalische Grundprinzipien der Wärmeübertragung werden genutzt und verschiedenste technische Konstruktionen umgesetzt, um die Trocknungs-Prozesse so effizient wie möglich zu gestalten. Rehm Thermal Systems stellt sich hierbei Tag für Tag der neuen Herausforderung, innovative Technologien in serienreife Systeme umzusetzen und ist gern dabei, in der Konzeptionsphase gemeinsam mit den Kunden die optimalen Technologie-Parameter zu evaluieren.

■ [www.rehm-group.com](http://www.rehm-group.com)