

# Sichere Trocknungstechnologien für die Brennstoffzellenfertigung



Trocknungsanlagen  
Sonderanlagen

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



# Trocknen

Mit Equipment von Rehm  
nachhaltige Energiequellen  
fertigen

## Zuverlässige Trocknungsprozesse Für Ihre Brennstoffzellenproduktion

Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, ist es unumgänglich den Einsatz fossiler Brennstoffe weiter herunterzufahren. Wasserstoff als Ersatz für Gas und Öl wird hierbei viel diskutiert und gilt schon heute als der Energieträger der Zukunft und ist vielseitig einsetzbar. Im Hinblick auf die Ausweitung von E-Mobilität Lösungen und weiteren energiehungrigen Bereichen rückt sie besonders in den Fokus.

Im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen sind Brennstoffzellenfahrzeuge durch die Speicherung von Wasserstoff in Tanks zudem leichter und erzielen deutlich höhere Reichweiten, ein wichtiger Faktor auch für den Einsatz bei Kurzstreckenflugzeugen und auch im Schienenverkehr, in dem wir schon erste Züge sehen, welche mit Brennstoffzellen Reichweiten bis zu 1000 km erzielen. Das deutsche Bahnnetz ist aktuell nur zu ca. 60 % elektrifiziert. Das heißt auf ca. 13.000 km Bahnnetz können aktuell nur Dieselloks eingesetzt werden. Hier wird man zukünftig im ländlichen Raum mit Personenzügen bis zu 500.000 t CO<sub>2</sub> einsparen können. Auch in der Industrie kann Wasserstoff effektiv zur CO<sub>2</sub> Reduzierung beitragen. Energiehungrige Industrien können in Verbindung stationärer Elektrolysatoren, welche mit überschüssiger, oder eigener grüner Wind oder auch Solarenergie betrieben werden, zukünftig kostengünstig Wasserstoff herstellen, welcher zwischengespeichert und nach Bedarf in Brennstoffzelleneinheiten wieder genutzt werden kann.

# Die Brennstoffzelle im Detail

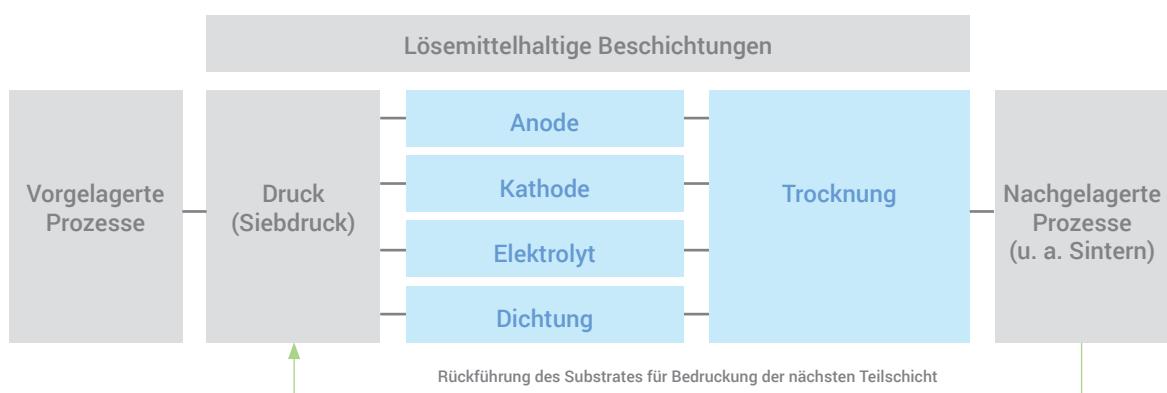
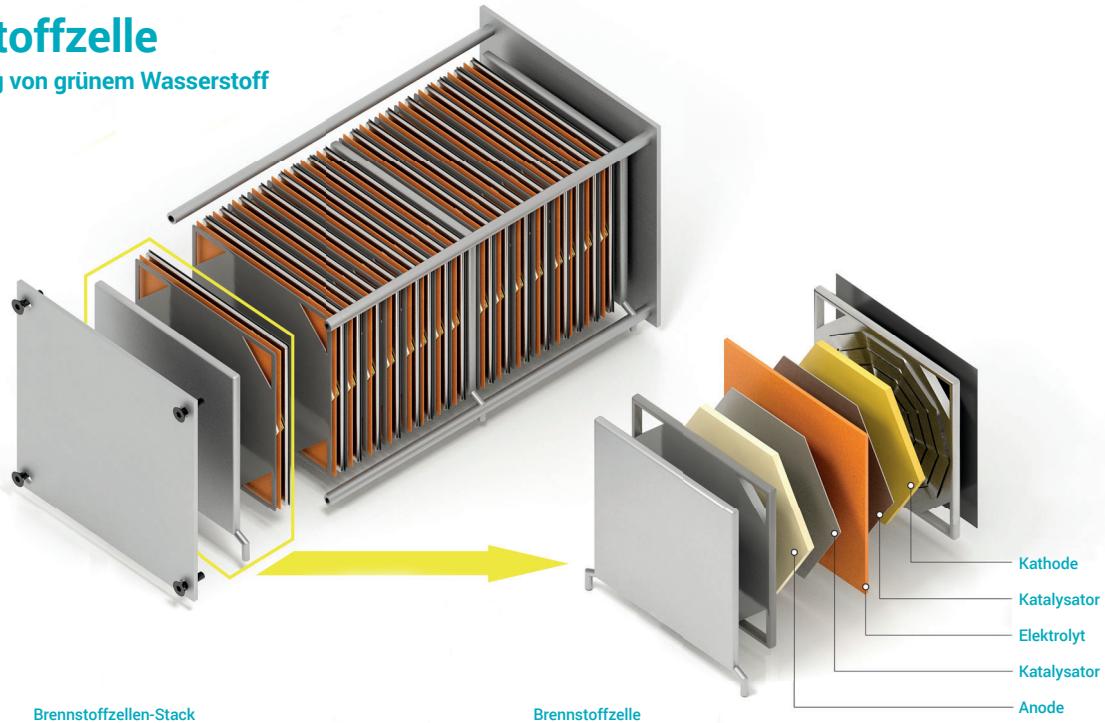
## Im Fokus: PEM und SOFC

Eine Brennstoffzelle besteht in der Regel aus einer Membran Elektroden Einheit (MEA), die von zwei metallischen Polplatten ( Bipolarplatten ) umschlossen wird. Über die Bipolarplatte erfolgt die Zu- und Abführung der Medien, wie Sauerstoff, Wasserstoff und Wasser. Durch die Membran Elektroden Einheit findet die eigentliche Stromerzeugung statt. Zu den aktuell gängigsten und in Zukunft interessantesten Membranelektrodeneinheiten gehören die PEM und SOFC Zellen.

PEM-Zellen gehören zu den sogenannten Niedertemperatur Brennstoffzellen und arbeiten im Bereich <100 °C bis max. 200 °C Betriebstemperatur. SOFC-Zellen hingegen arbeiten bei ca. 700 - 1000 °C und setzen daher auf keramische Membranmaterialien. Bipolarplatte und Membran-Elektroden-Einheit vereint als Brennstoffzelle werden anschließend zu Stacks zusammengefügt, um die benötigte Gesamtleistung zu erreichen. Bei der Bipolarplatte werden unter anderem Schichten getrocknet, die zum Korrosionsschutz und zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit beitragen. Des Weiteren werden meist die Dichtungen auf diese aufgebracht, welche die Reaktionsgase voneinander trennen und Membran-Elektroden-Einheit und Bipolarplatten nach außen abdichten.

### Brennstoffzelle

zur Erzeugung von grünem Wasserstoff



# Flexibel, sicher und effizient

## Durchdachte Technologien und Know-how



Die sichere und optimale Herstellung Ihrer Brennstoffzellen mit den Systemen von Rehm Thermal Systems GmbH.

Von sensiblen Substraten mit Stärken von 20 µm bis zur Trocknung von hunderten Bipolarplatten in einem Magazin beraten wir Sie gerne zu den individuellen Möglichkeiten und Anlagenkonfigurationen, die wir für Ihre speziellen Anforderungen umsetzen können. Die Rehm Trocknungssysteme sind flexibel und bieten genug Spielraum, um Applikationen aus den verschiedensten Anwendungsfeldern zu realisieren. Mit durchdachten Technologien gelingt die Trocknung aller Pastensysteme auf beliebigen Formen und Substraten.



- > Wärmeübertragung über Konvektion und IR-Strahlung
- > Flexible Transportsysteme
- > Optimale Profilierung
- > Hervorragende Energieeffizienz
- > Einfache Bedienung und Prozessoptimierung
- > Traceability

Optimal  
in die Linie  
**integrierbar!**

# Individuelle Linienkonzepte

## Turnkey Solution für Ihre Anforderungen

**Sie suchen nach einer Lösung für Ihre gesamte Brennstoffzellenfertigung inklusive Siebdruckverfahren und Produkthandlung?**

Dabei können wir Sie, zusammen mit unseren starken Partnern, ganzheitlich beraten und unterstützen. Wir erarbeiten gemeinsam mit Ihnen ein Linienkonzept, sowie, ganz im Sinne einer durchgängig vernetzten Umgebung, je nach Produktionsumgebung, auch eine entsprechende

MES-Anbindung. Die beliebige Kombination verschiedener Ausbaustufen wie Betriebsdatenerfassung (BDE), Traceability sowie Prozess- und Materialverriegelung sorgt dabei für eine flexible Fertigung.



### Anwendungsbereiche für den Einsatz von Brennstoffzellen



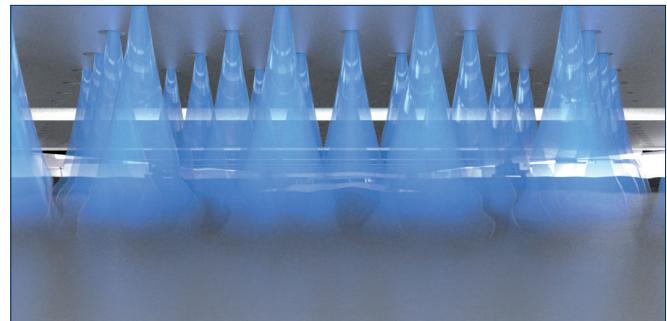
Anwendungsbereiche für den Einsatz von Brennstoffzellen, wie z. B. Mobilität, Schwerlastverkehr, Schienenverkehr, autarke Stromversorgung, häusliche Anwendung zur Stromerzeugung und Warmwasserunterstützung.

# Flexible thermische Systeme

## Variable Wärmequellen

### Konvektive Trocknung

Bei der Trocknung mit Konvektionsverfahren wird die Prozessatmosphäre mittels eines Heißluftgebläses erwärmt und strömt anschließend auf die Substrate. Die Heizelemente sind ober- und unterhalb des Transportsystems angebracht. Die Strömungsgeschwindigkeiten und Temperaturen der oberen und unteren Heizzonen sind getrennt voneinander regelbar, damit die Baugruppe gleichmäßig durchwärmst wird. Dies verhindert Spannungen im Material.



### Kombinationsheizverfahren mit IR



Im Kombinationsheizverfahren erfolgt die Wärmeübertragung durch Infrarot-Strahlung, die durch eine zentrale Konvektionsheizung unterstützt werden kann. Alle Heizkammern sind mit leistungsstarken IR-Strahlern ausgestattet. Das ermöglicht einen schnelleren und effizienteren Trocknungsprozess. Bei der zusätzlichen Konvektion kann der Volumenstrom voreingestellt werden. Zum Schutz vor Verschmutzungen und zur leichteren Reinigung können alle IR-Strahler im Heizungsunterteil optional mit Glasabdeckungen versehen werden.

- › Erstklassige Heizleistung und bestes Wärmemanagement
- › Ober- und Unterseitenheizung mittels Konvektion und/oder IR-Heizelementen
- › Variable Heizkammerlänge und optimale Prozessanpassung
- › Alle Systeme nach DIN EN 1539 (Trocknernorm für brennbare Stoffe) erhältlich
- › Flexible Transportsysteme nach Kundenwunsch

# Modulare Systemvarianten

## Angepasste Transportoptionen

### Magazin

Für Bipolarplatten, welche überwiegend in Magazinen getrocknet werden, bieten wir mit unseren individuellen Magazintrocknern auch das passende Equipment. Die Magazine können dabei Dimensionen bis zu 500x500x800 mm (LxBxH) annehmen.

Auf Wunsch können auch weitere Dimensionen geprüft werden. In modularen Prozesskammern werden die Magazine getrocknet, je nach gewünschter Gesamtprozesszeit und Anzahl der Temperaturprofile ergeben sich Systeme mit einer Länge zwischen 3 und 15 m für Anwendungen mit höchsten Durchsatzanforderungen.

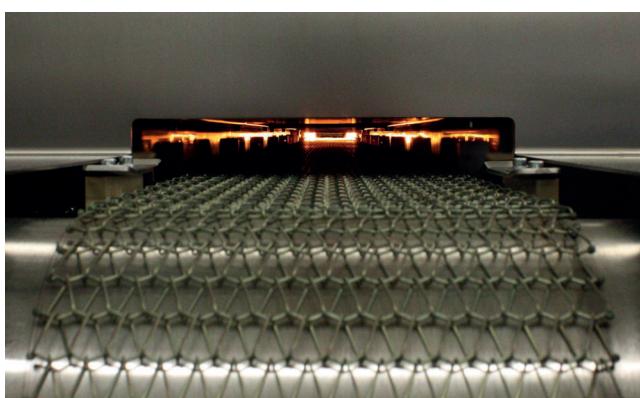


### Stiftkettentransport



Bei kurzen Prozesszeiten kann auch ein reines Inline-Verfahren zum Einsatz kommen. Hier kann äquivalent zur Halterung der Proben im System eine Stiftkette die Randauflage für die Produkte im Ofen sein. Der Vorteil ist, dass sowohl von oben als auch von unten ungehindert Wärme eingetragen werden kann. Mit Stiftkettentransport lässt sich auch die Transportbreite variabel verstellen, so dass das System auf unterschiedliche Produktbreiten angepasst werden kann.

### Meshbelt/Band



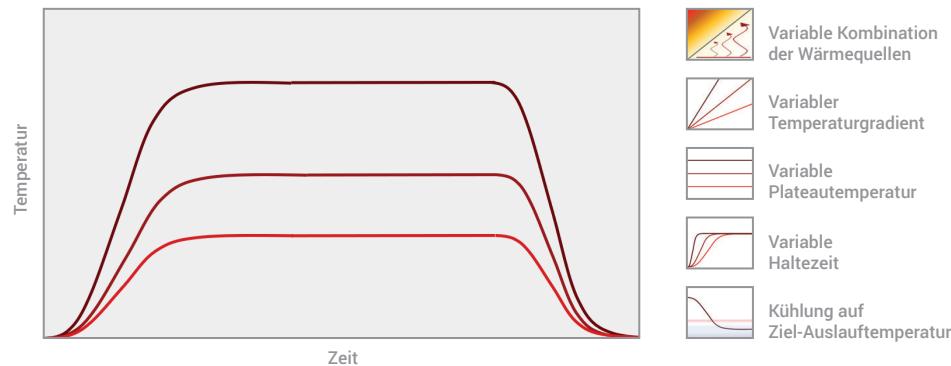
Bei dünnen Substraten, wie zum Beispiel der Membran, empfiehlt sich eine vollflächige Auflage auf einem Transportband. Je nach Anforderung des Produktes kann hier ein Geflechts- oder Gewebeband aus unterschiedlichem Material gewählt werden.

# Prozessführung

## Flexible Profilgestaltung

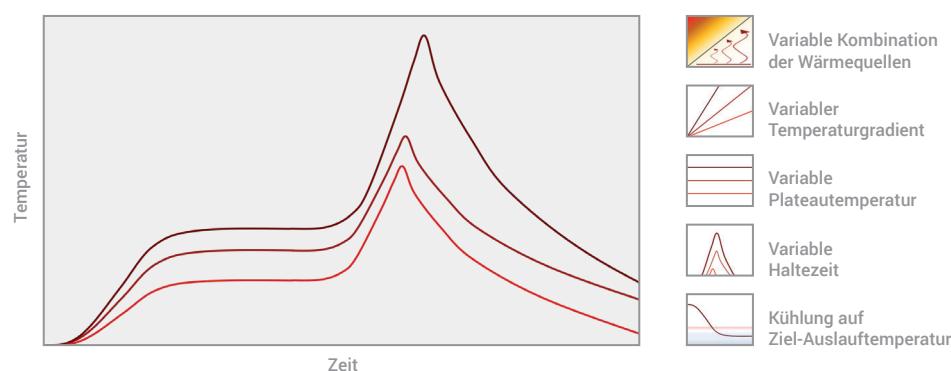
Die hervorragende Wärmedämmung der Heizzonen und die individuell einstellbaren Temperaturen ermöglichen eine optimale Profilierung Ihrer Trocknungsprozesse – perfekt zugeschnitten auf die Anforderungen der Produkte.

### Plateaprofil - Wärmequelle kombiniert



In RDS Inline-Öfen können unterschiedliche Wärmequellen entweder einzeln oder kombiniert zum Einsatz kommen. Die Nutzung von IR-Strahlung erlaubt ein effizientes und schnelles Aufheizen der zu trocknenden Produkte. Hier können aufgrund des hohen Wärmeübertrags durch die Absorption der Strahlung sehr hohe Temperaturgradienten erreicht werden. Durch zusätzlichen Einsatz von Konvektion können Temperaturplateaus präzise innerhalb Ihrer Toleranzen gehalten werden. Die kontinuierliche Umwälzung der Atmosphäre im Ofen schafft nicht nur optimale Bedingungen für die Trocknung, sondern ermöglicht auch ein Lösemittelmanagement nach DIN 1539.

### Peakprofil

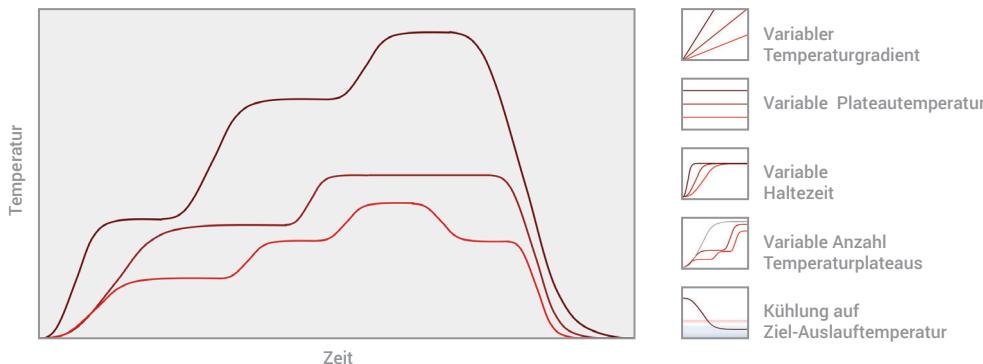


Mit dem Einsatz von Infrarot Strahlern als Wärmequellen können in Inline-Öfen kurzzeitig sehr hohe Temperaturen auf den zu trocknenden Produkten erreicht werden. So lassen sich Temperaturprofile mit einem Temperaturpeak optimal abbilden. Der Temperaturpeak kann dabei bei Temperaturen bis zu 900 °C liegen. Die Integration eines Vorplateaus über Konvektion in Höhe von 100 bis 300 °C in das Temperaturprofil ist flexibel möglich. Je nach Höhe des Temperaturplateaus und des nachfolgenden Peaks können sehr hohe Temperaturgradienten erreicht werden.



Mit dem integrierten Rehm Recorder können in Echtzeit hunderte verschiedene Datenpunkte protokolliert werden

### Stufenprofil



In Öfen unter reiner Konvektion können sehr variable Profile mit beliebig vielen Plateaus auf unterschiedlicher Temperatur und von unterschiedlicher Dauer realisiert werden. Dabei können Maximaltemperaturen bis zu 300 °C und Gesamtprozesszeiten bis zu 3 h im Ofen umgesetzt werden. Temperaturplateaus können in präzisen Toleranzen erreicht werden, so dass eine Überhitzung sicher vermieden wird. Ebenso wird das Produkt in der anschließenden Kühlung auf eine Ziel-Auslauftemperatur abgekühlt, so dass sich keine Wartezeit für nachfolgende Prozesse ergibt. Wird ein solcher Prozess in einem RSS-Magazin erreicht, können trotz langer Prozesszeiten effiziente Taktzeiten in einem Inline-System erreicht werden.

- › **Flexible Profilierung**
- › **Optimale Zonentrennung**
- › **Stabile Prozessführung**
- › **Sichere Prozesse nach DIN EN 1539**

# Schonendes Herunterkühlen auf unter 60 °C

**Nach dem Trocknungsvorgang wird die warme Prozessatmosphäre abgesaugt. Trotzdem hat die Baugruppe noch eine Auslauftemperatur von etwa 60 °C. Optional ist eine separate luft- oder wassergekühlte Kühleinheit verfügbar, mit der deutlich niedrigere Temperaturen erzielt werden können.**

Bei der luftgekühlten Kühlstrecke wird die heiße Prozessabluft über die angebrachten Abluftschläuche abgesaugt. Zusätzlich wird kalte Umgebungsluft angesaugt und über das Düsenfeld zur Kühlung der Baugruppen eingeblasen. Bei der wassergekühlten Kühloption erfolgt der Kühlprozess über Wärmetauscher. Durch separat einstellbare Lüfter in den einzelnen Zonen besteht die Möglichkeit, den Kühlprozess exakt zu steuern und den Kühlgradienten entsprechend zu beeinflussen.



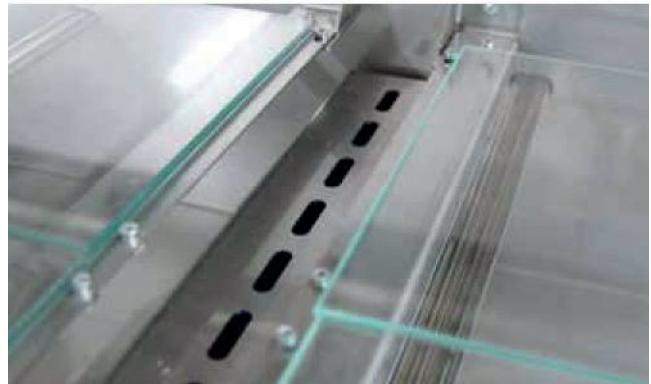
## Innentemperaturüberwachung



Damit die Bauteile optimal ausgehärtet werden können, verfügen die Trockner über eine Innentemperaturüberwachung. In jeder Heizzone sind Thermoelemente montiert, welche die Temperatur in der Anlage präzise messen. Die Werte werden auf dem Monitor dargestellt. Sobald die Toleranzwerte überschritten sind, wird ein akustischer Alarm ausgelöst und die Heizung abgeschaltet.

## Abluftsystem mit integrierter Absaugung und DIN EN 1539

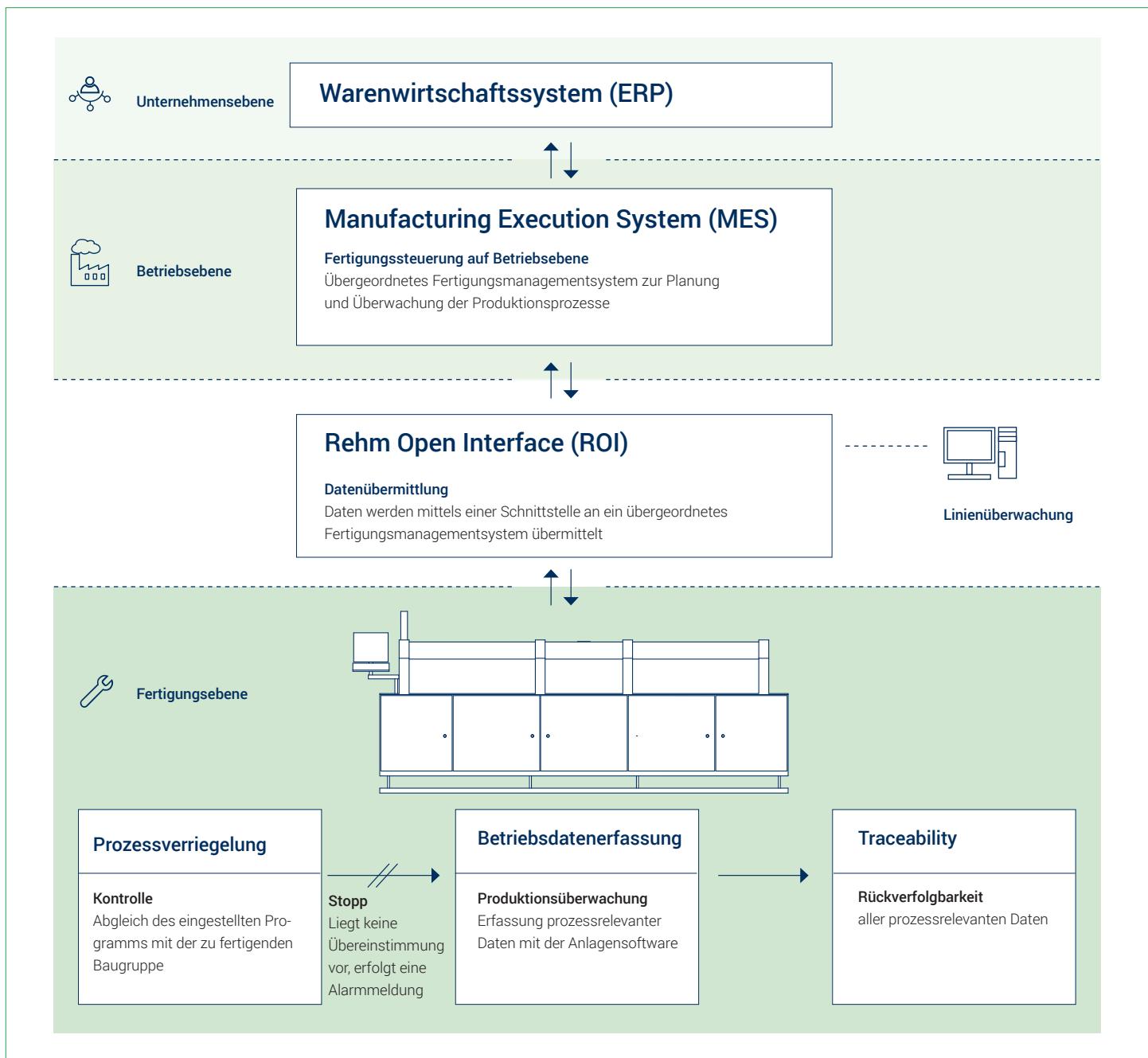
Das Abluftsystem sorgt unter anderem für die sichere Entfernung von Lösemitteln. Entsprechende Vorrichtungen sind am Ein- und Ausgang der Prozesskammer sowie zwischen den Heizzonen angebracht. Die Prozessabluft wird durch das Gebläse direkt der Hausabsaugung zugeführt. Die freigesetzten Abdampfprodukte bestimmen die Absaugmenge. Die Absaugfunktion wird gemäß den Anforderungen der DIN EN 1539 überwacht. Im Falle eines Problems schaltet die Heizung automatisch ab und der Einlauf neuer Baugruppen wird gestoppt. Somit können sich keine entzündlichen Gasgemische in der Anlage bilden.



## Prozessdokumentation und Traceability

Die Vielzahl der am Markt befindlichen MES-Systeme erfordert eine individuelle Anpassung der Datenübermittlung vom Rehm Trocknungssystem zum übergeordneten Fertigungsmanagementsystem (MES) des Kunden. Dem übergeordnet ist das ERP-System, welches das gesamte Unternehmen im Blick hat und logistische Optimierungen über alle Standorte hinweg ermöglicht. Das MES-System ist wiederum auf einzelne Produktionslinien eines Betriebes fokussiert. Zur individuellen Datenübermittlung hat Rehm eine ROI-Schnittstelle (Rehm Open Interface) im Einsatz. Anfallende maschinenspezifische Betriebsdaten der jeweiligen Anlage werden gesammelt und gebündelt an das MES-System

übergeben. Dadurch kann eine lückenlose Rückverfolgbarkeit (Traceability) von Produkten, Bauteilen oder Chargen sichergestellt werden. Für jede Baugruppe wird ein Datensatz erstellt, der relevante Prozessparameter während des Durchlaufs dokumentiert. Anhand eines Barcodescans direkt auf der Baugruppe oder über den Scan des Laufzettels kann die Baugruppe eindeutig identifiziert und zugeordnet werden. Optional ist auch eine Prozessverriegelung verfügbar. Hier wird der Scan mit der Datenbank abgeglichen und die Baugruppe nur bei Freigabe in die Anlage weitergegeben. Fehler lassen sich auf diese Weise erkennen und vermeiden sowie Prozessverbesserungen ausschöpfen.





## Rehm Weltweit

Als führender Hersteller von innovativen thermischen Systemlösungen haben wir Kunden auf allen Kontinenten. Mit eigenen Standorten in Europa, Americas und Asien sowie 27 Vertretungen in 24 Ländern können wir die internationalen Märkte schnell bedienen und bieten exzellenten Service vor Ort – weltweit und rund um die Uhr!