



# Innovative Vakuumlösungen

für die Li-Ionen-Batterie-Herstellung



# Integraler Bestandteil des Herstellungsprozesses: Leybold bietet die optimalen Produkte für jeden Schritt

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung und Entwicklung neuer Lösungen für Energiespeicher und Mobilität gewinnen Li-Ionen-Batterien immer mehr an Relevanz. Dank der steigenden Nachfrage wird im Bereich der Li-Ionen-Batterien intensiv geforscht, was zu erheblichen technologischen Verbesserungen in puncto Kapazität, Leistung und Lebensdauer der Batterien geführt hat.

Li-Ionen-Batterien sind ein wichtiger Schritt auf unserem Weg zu einem umweltfreundlichen Energieverbrauch. Sie werden als Energiespeicher für erneuerbare Energien eingesetzt, z. B. bei Windenergieanlagen oder Solarmodulen. Für nachhaltige Mobilität werden Li-Ionen-Batterien in Autos, Lastwagen, Bussen oder Rollern für den privaten oder öffentlichen Elektroverkehr verwendet.

Angefangen bei der Herstellung des Anoden- und Kathodenmaterials, welches aktives Material, Lösungsmittel, Bindemittel und Additive sowie Kupfer- und Aluminiumfolien erfordert, besteht der Herstellungsprozess einer Li-Ionen-Batterie aus verschiedenen Schritten. Jeder Schritt zeichnet sich durch seine spezifischen Anforderungen und Besonderheiten aus, die am Ende des Prozesses die Qualität des Endprodukts, der Li-Ionen-Batterie, bestimmen.

Vakuum spielt bei der Herstellung von Batteriezellen eine wesentliche Rolle. Bei den verschiedenen Herstellungsschritten einer Li-Ionen-Batterie ist Vakuum erforderlich für die:

- Durchführung des Prozesses
- Reinheit im Prozess
- Prozesseffizienz
- Herstellung eines hochwertigen Produkts

Ohne Vakuum wären einige Prozessschritte gar nicht möglich. In anderen Schritten ist Vakuum erforderlich, um die Reinheit, Qualität und/oder Sicherheit zu verbessern. Schließlich kann mit einer Vakuumleckprüfung im letzten Herstellungsschritt die Batteriequalität nachgewiesen werden, um eine hohe Produktlebensdauer zu gewährleisten.

Leybold bietet die optimalen Vakuumprodukte für jeden Prozessschritt. Mit detailliertem Anwendungs- und Produktwissen unterstützen wir Sie bei der Auswahl des richtigen Vakuumprodukts oder -systems für Ihre spezifischen Prozessanforderungen.

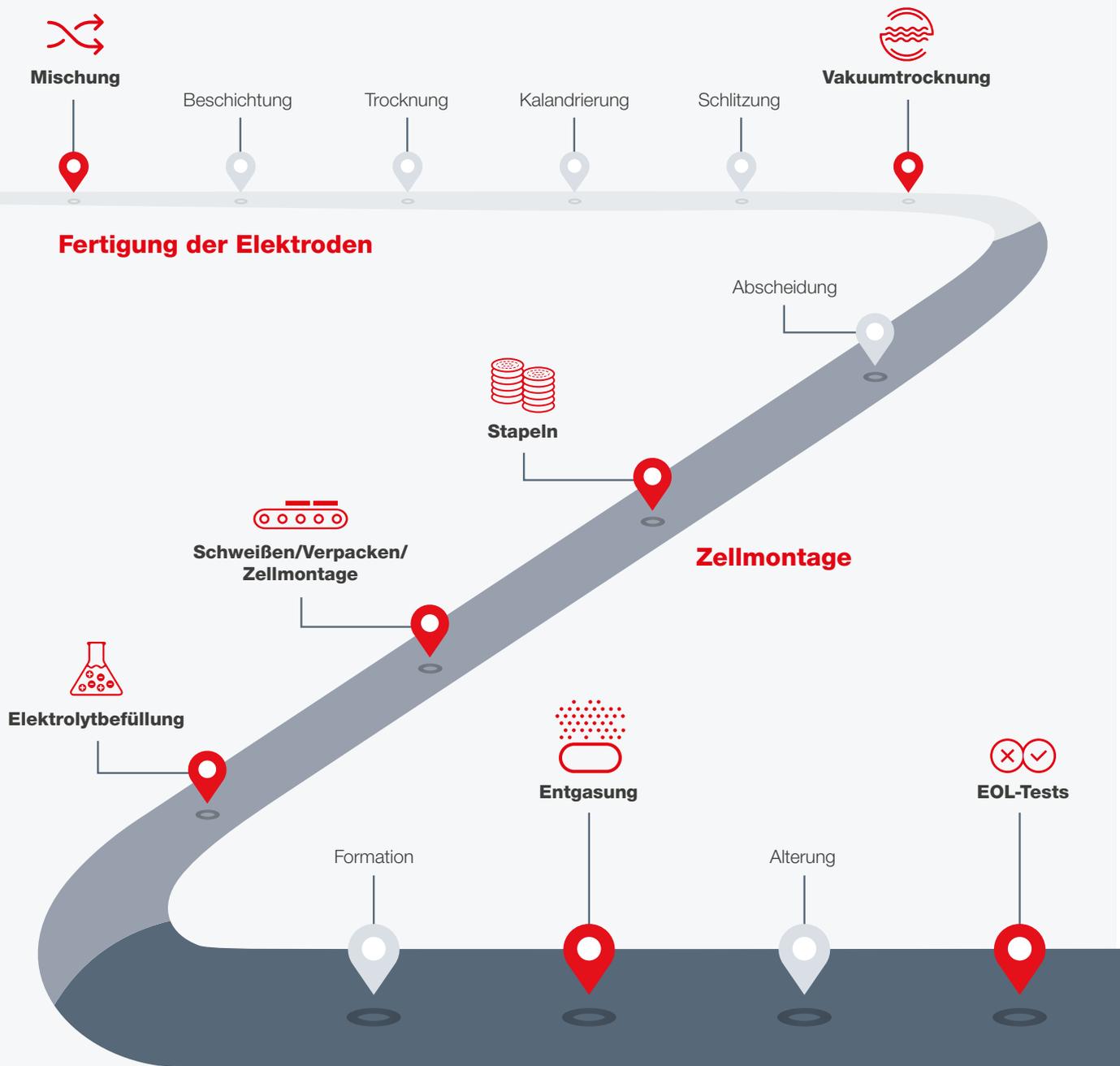
Li-Ionen-Batteriezellen können entweder in Form einer Pouch-Zelle (Pouch = Beutel) mit einer weichen Hülle oder in zylindri-



# in der Herstellung von Li-Ionen-Zellen

scher oder prismatischer Form mit einer harten Hülle aufgebaut sein. Der Herstellungsprozess der Pouch-Zelle unterscheidet sich aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der Einhausung vom Prozess für zylindrische/prismatische Zellen.

Die wichtigsten Schritte in der Batterieherstellung sind die Fertigung der Elektroden, die Zellmontage und schließlich die Zellveredelung.



# Vakuumlösungen in der Zellenproduktion

**Vakuum ist in verschiedenen Schritten des Batterieherstellungsprozesses relevant und für eine hohe Qualität der Batterien unerlässlich. Je nach Vakuumanforderungen und Prozessherausforderungen sind unterschiedliche Vakuumpumpen geeignet.**



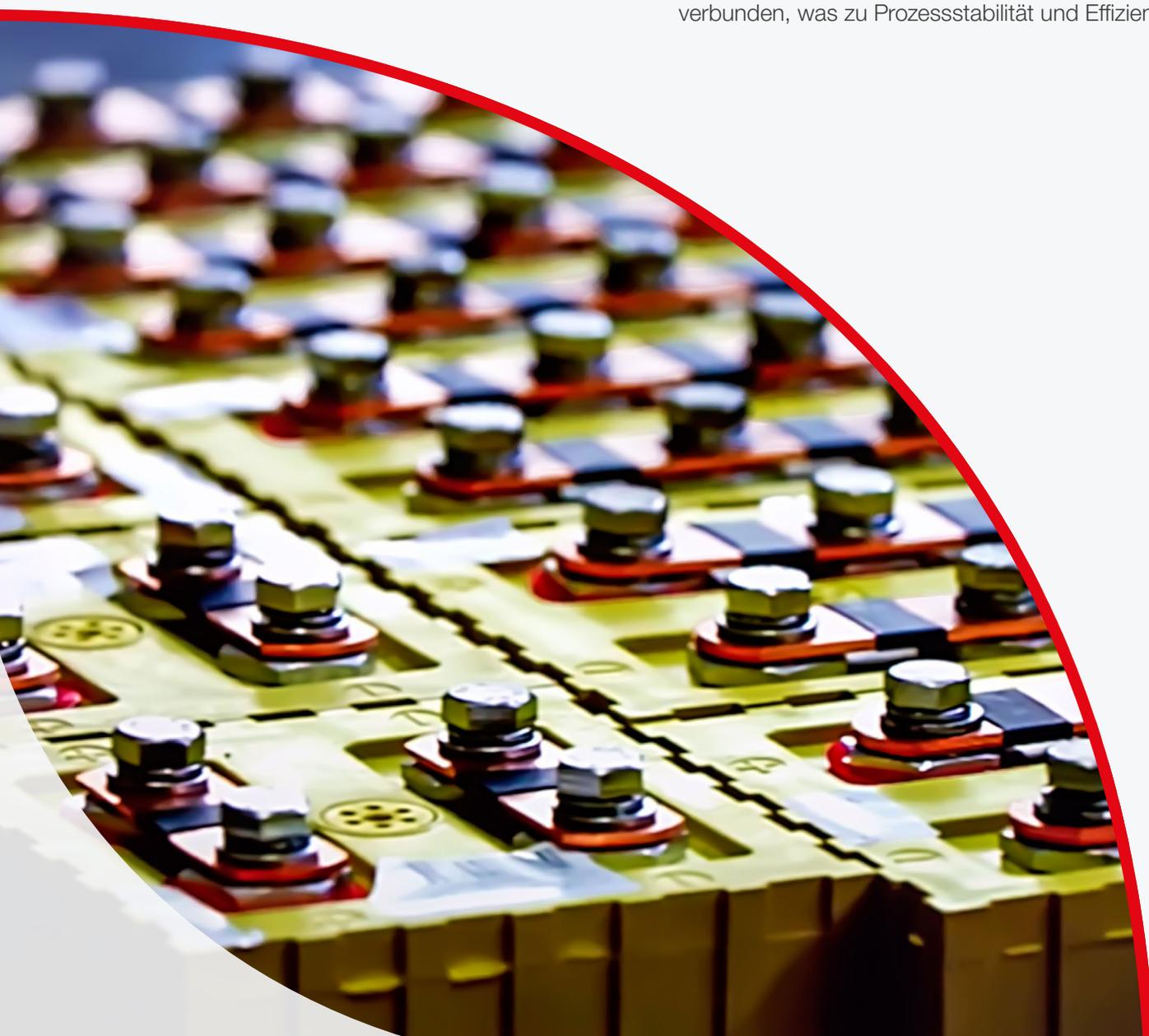
## Mischung

Um Gaseintrag zu vermeiden sowie Homogenität, Viskosität und Reinheit der Suspension zu erreichen, findet der Mischvorgang idealerweise unter Vakuumbedingungen statt. Der Mischer ist daher mit einer Vakuumpumpe ausgestattet. Die Vakuumentgasung führt zu einer hochwertigen Suspension in Bezug auf Homogenität und Reinheit.



## Stapeln

Die korrekte Positionierung der Elektrodenplatten vor der Montage wird durch Vakuumgreifer sichergestellt. In diesem Schritt werden Anode, Abscheider und Kathode in einem wiederholten Zyklus in die Elektrodenplatten gestapelt. Die genaue Positionierung der Platten hat großen Einfluss auf die spätere Produktqualität. Um ein exaktes Stapeln zu erzielen, werden Vakuumgreifer verwendet. Diese sind meist mit einem Zentralvakuum-System in der Anlage verbunden, was zu Prozessstabilität und Effizienz führt.





## Vakuumtrocknung

Nachdem die Elektroden aufgespult und in kleinere Elektrodenbänder geschnitten wurden, müssen diese Spulen getrocknet werden. Für eine hochwertige Batterie ist es wichtig, Feuchtigkeit und Lösungsmittelrückstände zu entfernen. Beim Trocknungsprozess werden Wärme und Vakuum eingesetzt, um alle Rückstände zu entfernen, die die Kapazität der Batterie beeinträchtigen. Vakuum spielt eine wesentliche Rolle beim Trocknungsprozess, da so bei den Elektroden eine viel geringere Restfeuchte zurückbleibt.

Dieser Schritt erfordert ein robustes und zuverlässiges Vakuumsystem. Die Vakuumpumpen müssen Feuchtigkeit und Spuren von Lösungsmittel standhalten. Weil zusätzlich eine hohe Prozessreinheit gefordert ist, sind trockenverdichtende Pumpen ideal. Sie verhindern den Rückfluss der Ölpartikel in die Spulen. Die Vakuumtrocknung kann entweder in einem Chargentrockner oder in einem Durchlaufrockner erfolgen.



## Verpackung (Beutel)

Bevor der Zellenstapel in das Beutelgehäuse eingesetzt werden kann, muss die Beutelfolie geformt werden. Dies erfolgt in der Regel durch Tiefziehen der Beutelfolie im Vakuum. Das Vakuumtiefziehen ist eine effiziente Lösung und führt zu stabilen Ergebnissen.



## Entgasung

Beim Formen füllt sich der Gasbeutel der Beutelzelle mit Gas. In einem letzten Schritt muss dieser Gasbeutel entgast und entfernt werden. Zum Entfernen des Gasbeutels wird eine saubere und trockene Umgebung benötigt, damit keine Verunreinigungen in die Beutelzelle zurückströmen können. Entgasung und Versiegelung erfolgen im Vakuum. Da eine feuchtigkeits- und ölfreie Atmosphäre geschaffen werden muss, ist eine trockenverdichtende Pumpe erforderlich.



## Elektrolytbefüllung

Die Elektrolytbefüllung der Batteriezellen (Pouch-Zellen und Zellen mit harter Hülle) erfolgt im Vakuum, um eine gleichmäßige Verteilung der Elektrolyte in der Zelle zu gewährleisten. Anschließend wird die Beutelfolie im Vakuum versiegelt. Der Arbeitsdruck bei der Befüllung beträgt typischerweise  $\leq 0,01$  mbar. Die Vakuumpumpe muss Elektrolytspuren standhalten, da diese in die Pumpe gesaugt werden können. Prozessreinheit ist unerlässlich, weshalb ölfreie trockenverdichtende Pumpen die richtige Lösung sind. Für den Umgang mit explosionsfähigen Gasgemischen können wir ATEX-kompatible Pumpen liefern, die ausreichend Prozesssicherheit gewährleisten.



## EOL-Tests

Aus Qualitäts- und Sicherheitsgründen ist die absolute Dichtigkeit der finalen Batterie unerlässlich. Deshalb wird im letzten Schritt ein Lecktest durchgeführt, um eine dichte Batterie und damit eine lange Lebensdauer sowie eine hohe Produktqualität zu gewährleisten. Dafür bieten wir verschiedene Helium-Lecksucher an, die eine zuverlässige und zerstörungsfreie Leckprüfung zur Erkennung selbst kleinster Leckagen ermöglichen.

# Unsere Erfahrung mit Vakuum – Ihr Vorteil

Wir bieten die optimale Vakuumlösung für den gesamten Batterieherstellungsprozess. Je nach den spezifischen und individuellen Prozessanforderungen können verschiedene Pumpentypen und -konfigurationen ausgewählt werden.

## Ölgedichtete Vakuumpumpen

Für Schritte in der Herstellung von Batteriezellen, die kein vollständig ölfreies System erfordern, bieten wir sehr robuste und zuverlässige ölgedichtete Pumpen mit einem ausgezeichnetem Preis-Leistungs-Verhältnis. Holen Sie mit außergewöhnlicher Robustheit das Beste aus Ihrer Vakuumpumpe heraus und sparen Sie mit unseren Vakuumpumpen.

## SOGEVAC

### Preisgünstige Entgasung von Suspensionen

- Robuste Bauweise: Profitieren Sie von langen Wartungsintervallen und einer schnellen und einfachen Wartung
- Hohe Wasserdampfverträglichkeit: Machen Sie sich keine Gedanken über die Feuchtigkeit, wenn Sie nasse Suspensionen mischen
- Hohe Pumpgeschwindigkeit, optimiert für größere Mischervolumen
- ATEX-zertifizierte Optionen: Höchste Sicherheit bei der Verarbeitung von brennbaren Lösungsmitteln



## VACUBE

### Die effiziente Zentralvakuum-Lösung für Zellfertigungslinien

- Profitieren Sie von einer Vakuumlösung für Ihre Grobvakuumanwendungen
- Intelligente Drucksteuerung – Sollwertgenauer Betrieb
- Optionales Steuerungssystem für mehrere parallel installierte Pumpen zur Deckung eines höheren Drehzahlbedarfs beim Pumpen
- Einzigartige lastabhängige Drehzahlregelung – Vakuum nach Bedarf
- Benchmark-Energiesparpotenzial
- Saugvermögen von bis zu 1650 m<sup>3</sup>/h



## Messröhren und Controller

## PHOENIX

### Höchste Leckerkennungsgenauigkeit bei EOL-Tests für sichere Batteriezellen

- Schnelle Messsequenzen: Sparen Sie Zeit mit unseren schnellen Messungen
- Überragende Heliumempfindlichkeit in allen Testmodi für eine außergewöhnliche Messgenauigkeit
- Das zuverlässigste Messsystem mit einer außergewöhnlich langlebigen Ionenquelle
- Intuitive Bedienung – bequemer Touchscreen und intelligente Testfunktionen



## Druckmesser

### Sehr zuverlässige Messgeräte für jeden Schritt im Herstellungsprozess der Batteriezellen

- Direkte, gasunabhängige Druckmessung: Kapazitive CERAVAC-Messgeräte mit hoher Präzision, die sich auch für korrosive Prozessgase eignen. Kapazitive DI/DU- und Piezo-Sensoren mit einem großen Messbereich und ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit.
- Indirekte, gastypabhängige Druckmessung: Pirani-Messgeräte der Serie THERMOVAC mit schneller Ansprechzeit, hoher Genauigkeit und optimiertem Preis-Leistungs-Verhältnis. Kaltkathodengeber von PENNINGVAC für einen großen Messbereich selbst in rauen Anwendungen.



## Trockenverdichtende Vakuumpumpen

Bei der Herstellung von Batteriezellen ist Reinheit unerlässlich. Trockenverdichtende Vakuumpumpen sind ölfrei und vermeiden das potenzielle Risiko eines Öleintrags in die Prozesskammer, sodass die maximale Prozessqualität des Vakuumsystems sichergestellt ist. Ihre Vorteile? Sie sparen Zeit und Kosten durch minimierte Wartung und optimierte Lebensdauer und erhalten eine hochwertige Batteriezelle.

### DRYVAC

#### Innovative Pumpe zur Trocknung, Elektrolytbefüllung und Entgasung

- Benchmark für Energieeffizienz, Geräuschpegel und Kompaktheit
- Hermetisch dichte Bauweise verhindert das Austreten von Gas aus der Pumpe: Profitieren Sie bei der Arbeit mit gefährlichen Gasen von höchster Sicherheit
- ATEX-zertifizierte Optionen: Höchste Prozesssicherheit bei der Arbeit mit brennbaren Elektrolyten
- Trockenverdichtende Schraubentechnologie für hohe Prozessstabilität, längere Betriebszeiten und weniger Wartung: Sparen Sie Zeit und Kosten
- Saugvermögen 200, 300, 450, 650 und 1600 m<sup>3</sup>/h



### VARODRY

#### Trockenverdichtende Schraubepumpe zur Mischung, Entgasung, Trocknung und Elektrolytbefüllung

- Senken Sie Ihre Energiekosten mit niedrigem Energieverbrauch ihrer Klasse
- 100 % ölfreies Design für hohe Prozessqualität
- Trockenverdichtende Schraubentechnologie für hohe Prozessstabilität, längere Betriebszeiten und weniger Wartung: Sparen Sie Zeit und Kosten
- Saugvermögen 65, 100, 160 und 200 m<sup>3</sup>/h



### LEYVAC

#### Hohe Reinheit während der Trocknung, Elektrolytbefüllung und Entgasung

- Trockenverdichtende Schraubentechnologie für hohe Prozessstabilität, längere Betriebszeiten und weniger Wartung: Sparen Sie Zeit und Kosten
- Hermetisch dichte Bauweise verhindert das Austreten von Gas aus der Pumpe: Profitieren Sie bei der Arbeit mit gefährlichen Gasen von höchster Sicherheit
- Saugvermögen 80 und 140 m<sup>3</sup>/s



### CLAWVAC

#### Premium-Klauentechnologie zum Stapeln und Verpacken von Zellen

- Trockenverdichtende Klauenpumpe für Grobvakuumanwendungen: Profitieren Sie von einer optimalen Grobvakuum-Energieeffizienz und sparen Sie Energiekosten
- Luftgekühlt und zuverlässig
- Saugvermögen 65, 150 und 300 m<sup>3</sup>/h



### SCREWLINE

#### Hohe Prozesssicherheit bei der Trocknung, Befüllung und Entgasung mit ATEX-Versionen

- Trockenverdichtende Schraubentechnologie für hohe Prozessstabilität, längere Betriebszeiten und weniger Wartung: Sparen Sie Zeit und Kosten
- 100 % luftgekühlt
- Saugvermögen 630 m<sup>3</sup>/h
- ATEX-zertifizierte Optionen: Sorgen Sie für eine hohe Prozesssicherheit beim Umgang mit brennbaren Lösungsmitteln und Elektrolyten



### RUVAC

#### Höhere Pumpgeschwindigkeit für schnelles Abpumpen großer Trocknungskammern

- Trockenverdichtende Technologie: Profitieren Sie von Prozessreinheit für eine hohe Qualität der Batteriezellen
- Auswahl der optimalen Passform für Ihre Anwendung mit mehreren Varianten
- Variable Drehzahlregelung für optimale Bereitstellung und Anpassung an Ihren Prozess: Sparen Sie Energiekosten und bleiben Sie während des Prozesses flexibel





## Innovation als Tradition

Die Kundennähe und anwendungsorientierten Produktentwicklungen sind seit 1850 der Schlüssel zum Erfolg von Leybold. Das Produktsortiment umfasst Vakuumpumpen als Komponenten, standardisierte oder sogar kundenspezifische Lösungen sowie Instrumente zur Messung und Regelung von Vakuum. Leybold als Großlieferant im Sekundärgeschäft der Lithium-basierten Zellen unterstützt Ihre Nachfrage in Produktionsprozessen und sichert wesentliche Vorteile.

- Leistung
- Betriebszeit
- Durchsatz
- Zuverlässigkeit
- Effizienz

Vakuumlösungen von Leybold bieten mehr als moderne Technologie.



## Leybold-Service

### Kompetenter und zuverlässiger Partner

Optimale Betriebszeit und die Reduzierung des Ausfallrisikos sind von entscheidender Bedeutung. Wo auch immer Sie sind, Leybold unterstützt Sie als Vakuum-Servicepartner. Unser Serviceteam und unsere vollständig ausgestatteten Service Technology Center stehen Ihnen zur Verfügung.

#### Ihre Erwartungen:

- Kontinuierliche Produktion
- Zuverlässige Vakuumleistung
- Längere Lebensdauer für Ihre Vakuumpumpen

#### Unsere Lösungen:

- Umfassendes Portfolio an Service-Produkten, um sicherzustellen, dass Ihre Vakuumpumpen regelmäßig gewartet werden können
- Lösungen aus einer langfristigen Partnerschaft für die umfassende Pflege Ihres Vakuumsystems
- Unübertroffene Vakuumexpertise durch gut ausgebildete Vakuumspezialisten
- Professionell ausgestattete Service Technology Center, die sogar mit Pumpen aus kontaminierten Prozessen umgehen können
- Labore, die Messgeräte kalibrieren können, und Messinstrumente mit hoher Genauigkeit und Präzision