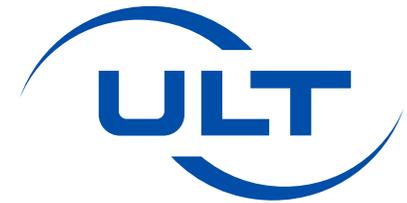




# Saubere Luft und trockene Prozesse

Schlüsseltechnologien für die LIB-Zellenfertigung

Benjamin Zander, 03.12.2024



air quality

	Reinraum	Taupunkt	Temperatur	Anmerkung
Mischen	ISO 7 - 8	<b>Wasserbasierte Elektroden:</b> Semi-dry (5 °C bis -5 °C)  <b>NMP-basierte Elektroden:</b> Trocken bis sehr trocken (0 °C bis -30 °C, bzw. -40 °C bis -60 °C)	22 ±2 °C	Reinraumbedingungen, da Fremdpartikel in der Beschichtung im späteren Prozess nicht mehr durch Reinigungsmethoden zu entfernen sind.
Beschichten				
Trocknen				
Kalandern				
Slitting				
Vakuumentrocknen				
Vereinzeln	min. ISO 7	Sehr trocken (-30°C bis -60°C)	22 ±2 °C	Strenge Rein- und Trockenheitsanforderung, da Wasser die Qualität und Sicherheit der Zelle absenkt.
Stapeln/Wickeln				
Verpacken				
EL-Befüllung				
Soaking	/	/	20°C bis 50°C	Geringere Trocken- und Reinheitsanforderung, da die Zelle verschlossen ist und die Entgasung in der Vakuumkammer stattfindet.
Formierung				
Entgasen	min. ISO 7	Sehr trocken (-40 bis -60°C)	22 ±2 °C	
Reifung	/	/	20°C bis 50°C	
EoL-Testing	/	/	22 ±2 °C	

- Hohe Anforderungen an Reinheit und Luftkonditionierung
- Erst nach dem Verschließen der Zelle geringere Anforderungen
- Absaug- und Filtertechnik trägt einen maßgeblichen Anteil zu einer reinen Produktionsumgebung bei
- Trocknungstechnik ist für das Erreichen benötigter Taupunkte verantwortlich

Quelle: Auszug VDMA Roadmap Batteriezellenfertigung, 2023



**Woher stammen die hohen Anforderungen an die Produktionsumgebung der LIB-Zellfertigung?**

# Auswirkungen von Verunreinigungen und Feuchtigkeit auf...

die Gesundheit der Mitarbeiter



den Fertigungsprozess



die Produktqualität



# Gesundheit der Mitarbeiter

## Auswirkungen von Verunreinigungen und Feuchtigkeit

### Beispiele:

- Durch Bearbeitungsprozess entstehende Emissionen
- Materialfreisetzungen während Materialhandling in der Elektrodenfertigung
- ...



### Trocknungstechnik & Absaug- und Filtertechnik ermöglicht:

- Schutz der Mitarbeiter und Reduzierung von Ausfallzeiten aufgrund von Krankheit

# Fertigungsprozess

## Auswirkungen von Verunreinigungen und Feuchtigkeit

### Beispiele:

- Materialanhäufungen und Verklumpungen pulverförmiger Rohstoffe
- Beschichtungsprozesse laufen unkontrolliert
- Unerwünschte chemische Reaktionen
- Verunreinigungen der Laseroptik
- ...



### Trocknungstechnik & Absaug- und Filtertechnik ermöglicht:

- Prozessstabilität
- Energieeinsparungen
- Schutz der Maschinen und Anlagen
  - Produktionsausfälle
  - Hohe Reparatur und Instandhaltungskosten
  - Ausschuss

# Produktqualität

Auswirkungen von Verunreinigungen und Feuchtigkeit



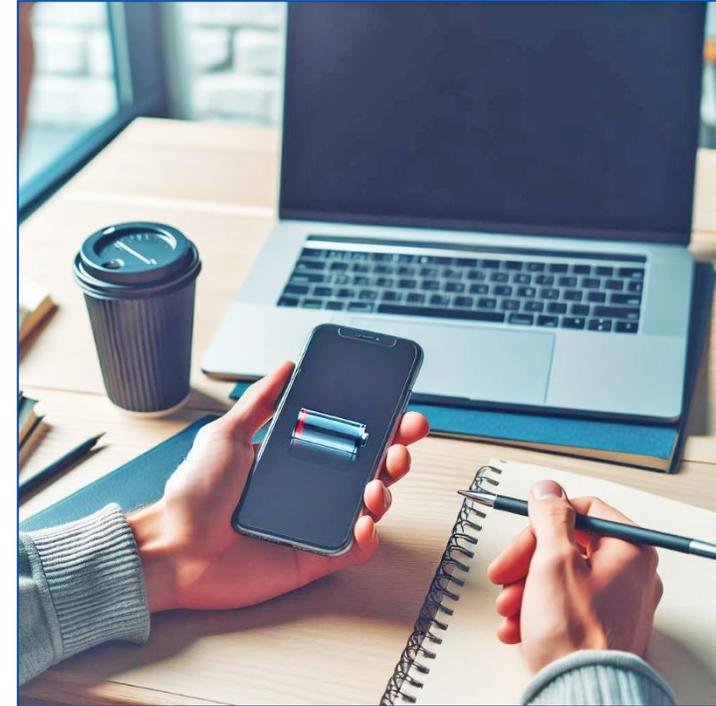
# Die Lithium-Ionen-Batterie im Überblick

- Komplexe und fein abgestimmte Zellchemie
- Chemisch aktive Aktivmaterialien
- Elektroden und Separatoren sind extrem dünn
- Hohe Anforderungen an Lebensdauer
- Höhere Energiedichte als andere Batteriezellen (z.B.: Alkali-Mangan-Zelle)

# Die Lithium-Ionen-Batterie im Überblick

## Auswirkungen von Verunreinigungen und Feuchteintrag

- Komplexe und fein abgestimmte Zellchemie
  - Anfälliger für Verunreinigungen
- Chemisch aktive Aktivmaterialien
  - Chemische Reaktionen und Entstehung unerwünschter Nebenprodukte (z.B. HF) bei zu hoher Luftfeuchtigkeit
- Elektroden und Separatoren sind extrem dünn
  - Bereits kleine Schmutzpartikel können die dünnen Elektroden durchdringen und somit einen Kurzschluss erzeugen
- Höhere Energiedichte und hohe Anforderungen an Lebensdauer
  - Kleine Verunreinigungen oder Feuchteintrag in der Produktion führen zu einer Reduzierung der Lebensdauer



Partikelkontaminationen / Verunreinigungen führen zu Kurzschlüssen  
Feuchtigkeitseintrag reduziert die Lebensdauer der Zelle

→ Unzureichende Produktqualität kann zu einem Thermal-Runaway führen

Quelle: E.G. RISE Report on Fire Safety of Lithium Ion batteries in road vehicles

Moers in Nordrhein-Westfalen

## **Drei Verletzte durch Explosion von E-Bike-Akku**

## **E-Auto-Rückruf brockt GM Kosten in Milliardenhöhe ein**

Elektronik-Konzern

## **Akku-Rückruf beschert Sony Millionenverlust**

## **Flugzeug wegen brennenden Samsung-Handys evakuiert**

Probleme mit Galaxy Note 7

## **Deutsche Samsung-Kunden können sich für Umtausch registrieren**

Samsung startet seine Rückrufaktion für das Galaxy Note 7. Experten schätzen, der Umtausch würde dem Konzern mehr als eine Milliarde Euro kosten. Deutsche Nutzer können sich nun auf [samsung.com](#) registrieren.

Brennende Dreamliner-Batterien

## **Boeings Leichtsinns traf auf schlampige Behörde**

Quelle: Spiegel online, Handelsblatt online, Süddeutsche

# Ein Teil der Lösung



Absaug- und Filtertechnik zum Erfassen luftgetragener Schadstoffe

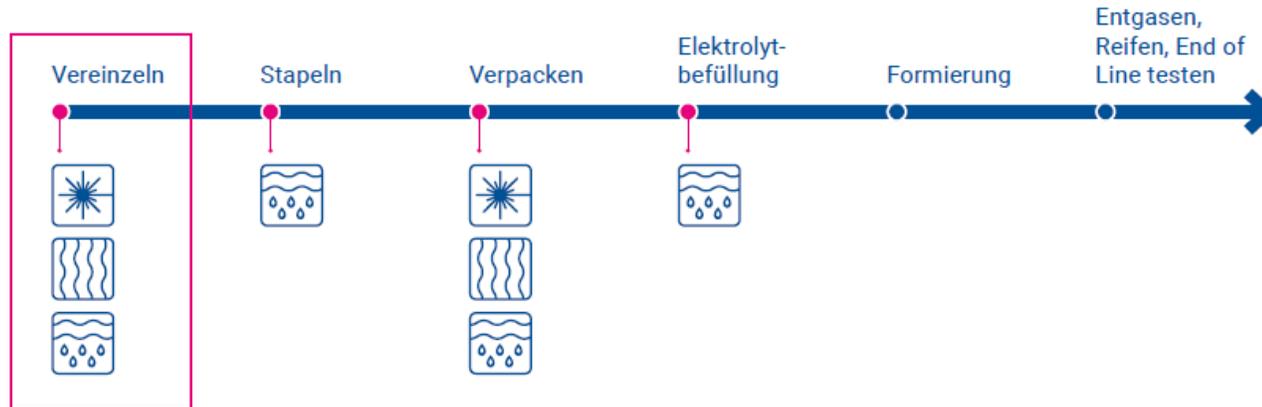


Trocknungstechnik zum Sicherstellen optimaler Luftkonditionierung

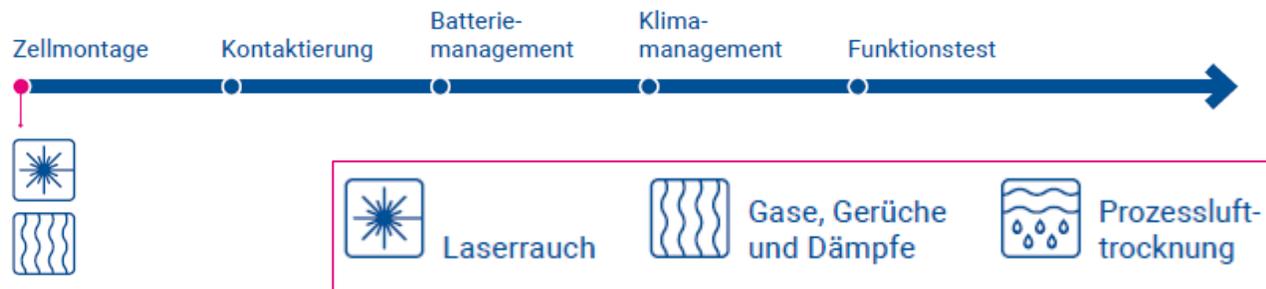
### 1. ELEKTRODENPRODUKTION



### 2. ZELLPRODUKTION



### 3. BATTERIEPRODUKTION

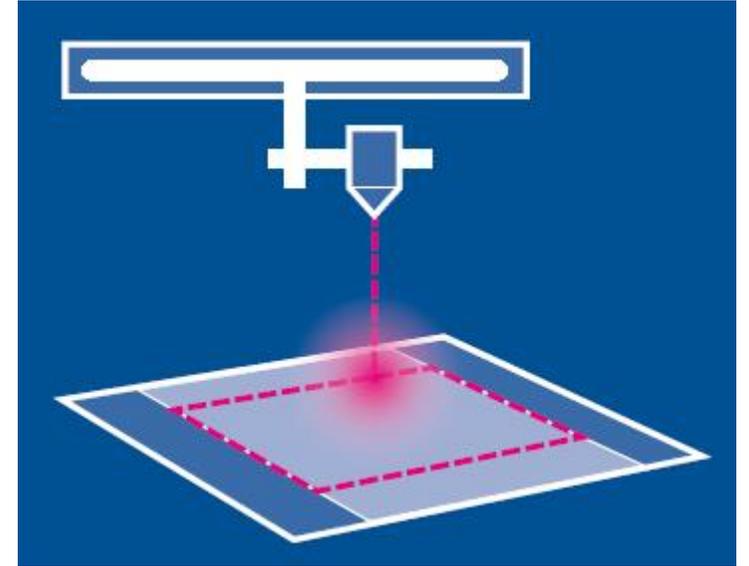


# Exemplarisches Beispiel

## Vereinzeln an einer Prototypenanlage

### Ausgangssituation:

- Anode:
  - Trägerfolie: Kupfer
  - Aktivmaterial: Graphit
- Kathode:
  - Trägerfolie: Aluminium
  - Aktivmaterial: Nickel-Mangan-Cobalt (NMC)
- Binder:
  - PVDF
- Anode- und Kathode werden auf einer Maschine bearbeitet
- Vereinzelungsprozess mittels Laserstrahl
- Prozess in Trockenraumatmosferaere



# Herausforderungen

Bei der Auslegung eines geeigneten Absaug- und Filterkonzeptes

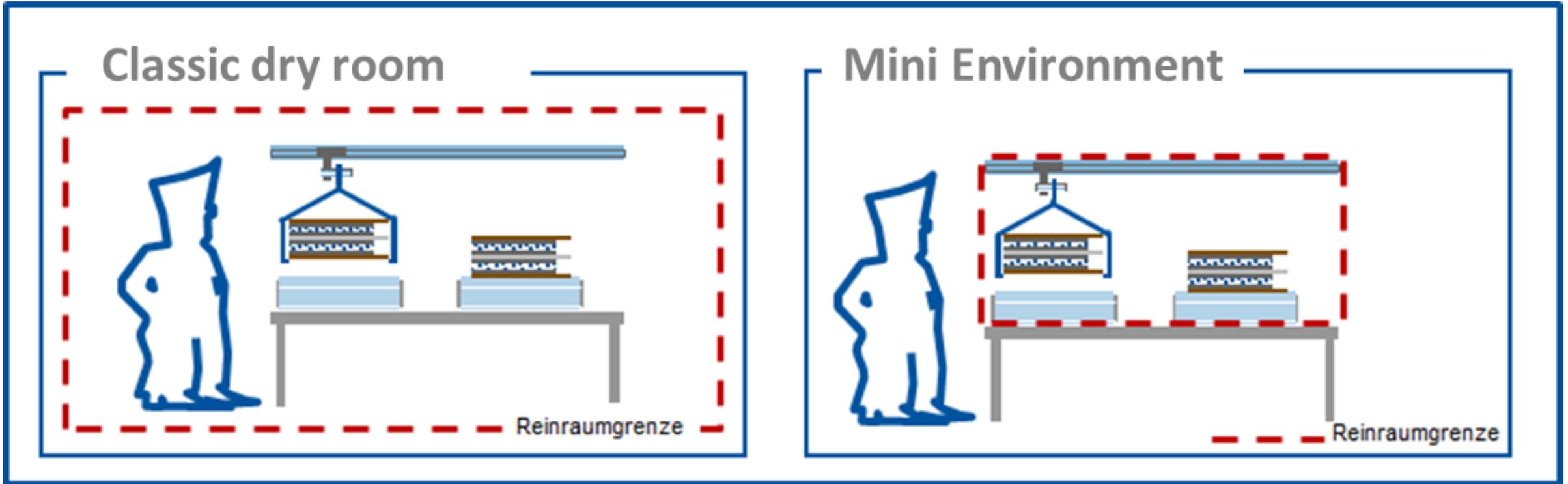
- Optimale Erfassung sicherstellen
  - Design der Absaugstellen/Erfassungselemente
  - Positionierung der Absaugstellen/Erfassungselemente
  - Ausreichender Volumenstrom für effiziente Absaugung
- Potenzielle Entstehung von Flusssäure
  - Freisetzung von Fluorwasserstoff
  - Fluorwasserstoff kann sich in kondensierter Feuchtigkeit oder Wasser als Flusssäure lösen
- Potenzielle Reaktionen abgesaugter Metalle / Metalloxide
  - unvollständig oxidierte Metallpartikel reagieren mit Oxiden (z.B. Al mit CuO)
  - Kann zu exothermen Reaktionen führen
- Betrachtung der möglichen Luftrückführung
  - Anode → Luftrückführung möglich
  - Kathode → Aufgrund KMR-Stoffe (Nickel, Kobalt) keine Luftrückführung möglich

# Fazit

- Allgemein hohe Anforderungen an Reinheit und Luftkonditionierung
- Konkrete Anforderungen und Herausforderungen variieren je nach Produktionsprozess und Zellchemie
- Grundsätzlich gilt:
  - Kontaminierte Luft wird aus der Produktionsumgebung entfernt
  - Getrocknete Luft wird der Produktionsumgebung zugegeben
  - Zusammenspiel der Absaug- und Filtertechnik und der Trocknungstechnik hat direkten Einfluss auf die Effizienz der Produktion

# Die Lösung der Zukunft

## Das Mini Environment



Download Broschüre als  
PDF:

[https://media.ult.de/ult-kompetenzbroschuere-batteriefertigung-lufttechnik-web.pdf?mp\\_dir=61740&mp\\_id=1684491040](https://media.ult.de/ult-kompetenzbroschuere-batteriefertigung-lufttechnik-web.pdf?mp_dir=61740&mp_id=1684491040)





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

