



## ► Ex-Schutz im Bereich der Li-Ionen-Batteriezellenfertigung

Erfahrungsaustausch betrieblicher Explosionsschutz  
28.09.2023, BGHM, Hannover

Dr. Martin Föhse, Consulting Services

**PILZ**  
THE SPIRIT OF SAFETY

## ► Übersicht

01

► Einleitung

02

► Produktionsprozess

03

► Beschaffungsprozess

04

► Zusammenfassung

# 01

► Einleitung

## ► Die Firma Pilz



Sicherheitsbauteile

Dienstleistungen –  
u.a. Consulting





## ▶ Grundsätzliche Herausforderungen

- ▶ Maschinen kommen nahezu ausschließlich aus Asien
  - Einige deutsche / europäische Hersteller drängen nach, aber bislang noch nicht wirklich in Giga-Fabriken vertreten
  - Asiatische Hersteller teilweise mit schwer einzuordnender Mischung aus Übervorsicht und Unwissenheit
- ▶ Unerfahrene Betreiber
  - Teilweise neue Prozesse und Gefahrstoffe
  - Personal theoretisch gut ausgebildet durch zahlreiche Bemühungen von Forschungseinrichtungen
  - Erfahrungen aber eher im Labormaßstab
  - Daher auch Personalakquise aus Asien
- ▶ Beschaffungsprozess der Produktionsmaschinen
  - Korrekte und benötigte Informationen zur Verfügung stellen
  - Einigung über Zoneneinteilung teils schwierig



# 02

▶ Produktionsprozess

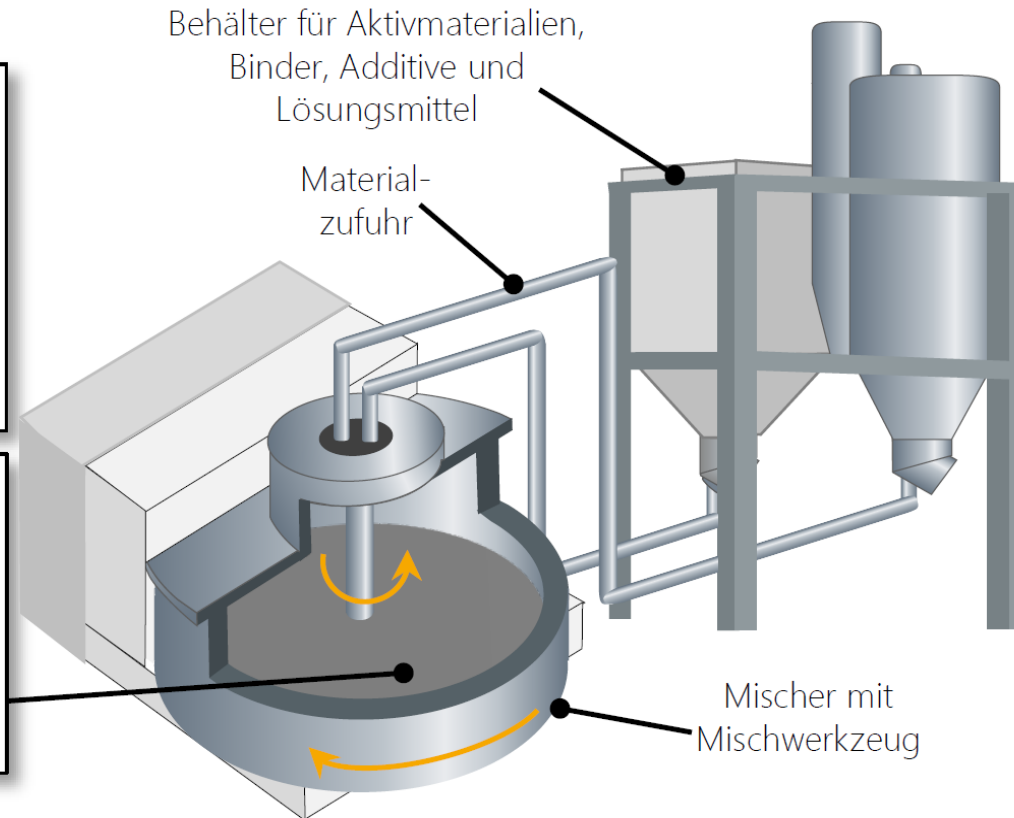
## ► Mischen (Slurry Mixing)

### Anodenrezeptur\*

Aktivmaterial: Graphit (95 Gew.-%)  
Leitruß: nanomikroskopischer Kohlenstoff, bspw. Carbon Black® (1 Gew.-%)  
Lösungsmittel: Entionisiertes Wasser  
Binder: CMC (2 Gew.-%)  
Additiv: SBR (2 Gew.-%)

### Kathodenrezeptur\*

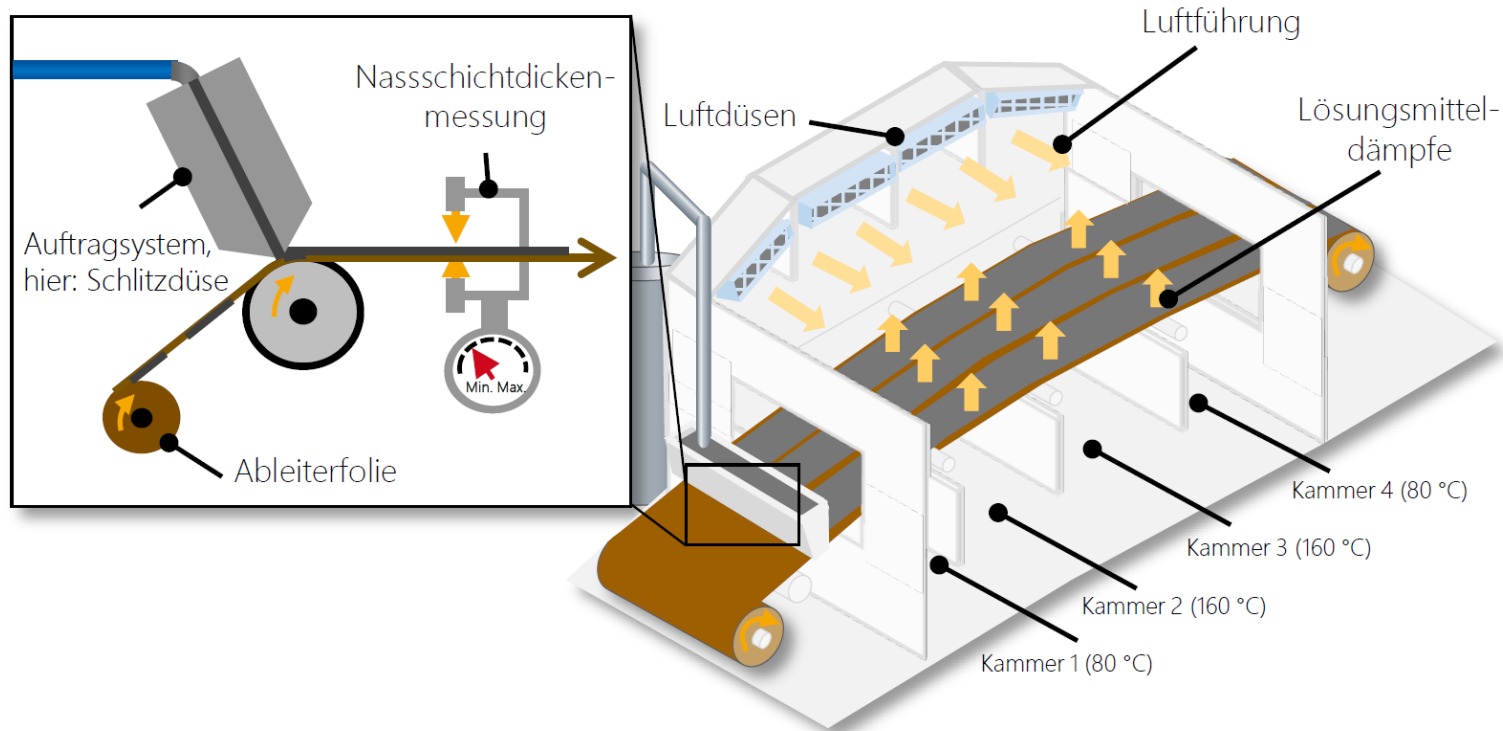
Aktivmaterial:  $\text{Li}(\text{NiMnCo})\text{O}_2$  (95 Gew.-%)  
Leitruß: nanomikroskopischer Kohlenstoff, bspw. Carbon Black® (1 Gew.-%)  
Lösungsmittel: N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP)  
Binder: PVDF (4 Gew.-%)



- Handhabung organischer Pulver
- In Big Bag und andere Gebinde
- Zum Teil auch trockenes Anmischen
- Teilweise organische Lösemittel
- Aus Prozessgründen häufig Überlagerung mit Stickstoff

Quelle: PEM der RWTH Aachen, „Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batterie“, 4. Auflage

## ► Beschichtung und Trocknung



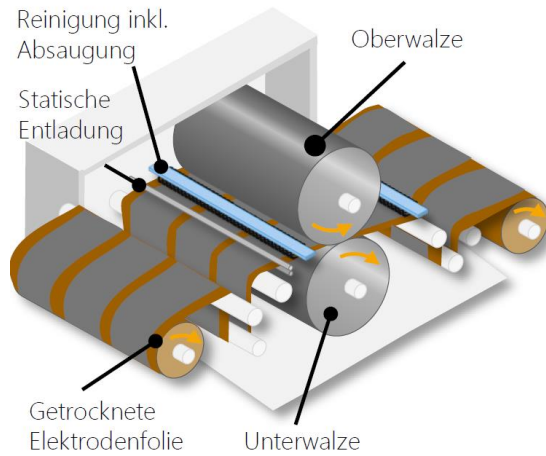
- Beschichtung mit Schlitzdüsen
- Unterschreitung Flammpunkt ( $\approx 90^{\circ}\text{C}$ ) bei Beschichtung
- Freisetzung organischer Lösemittel (v.a. EN 1539)
- Vereinzelt Schwebebahntrockner, meist aber mit Tandemtrockner (Beschichtung beider Seiten nacheinander)

Quelle: PEM der RWTH Aachen, „Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle“, 4. Auflage

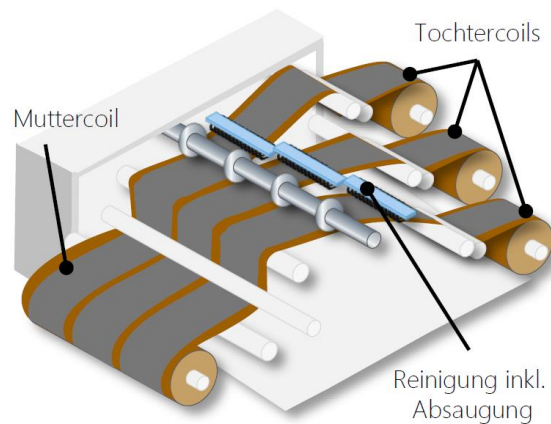


## ► Weitere Prozesse 1/2

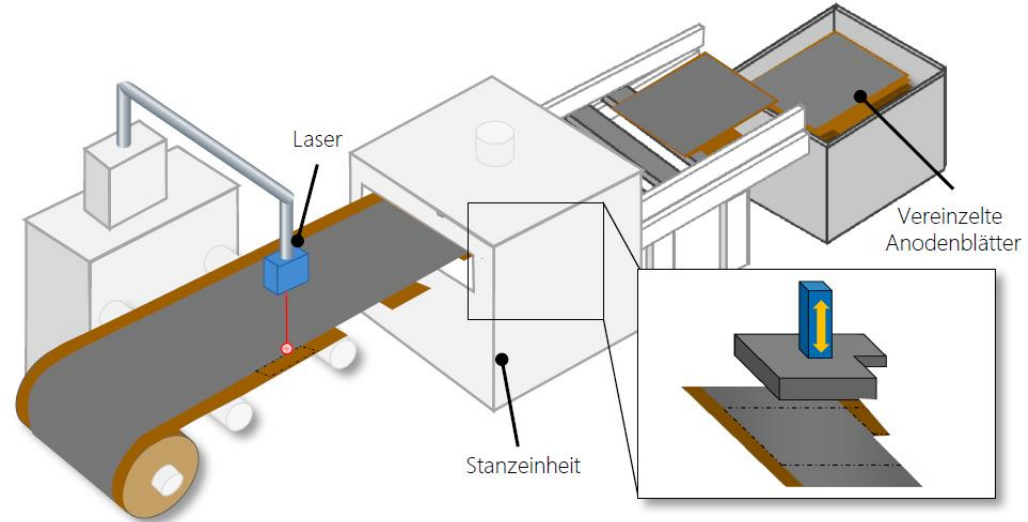
### Kalandern



### Slitting



### Anschlussfahnen zuschneiden („Notching“)

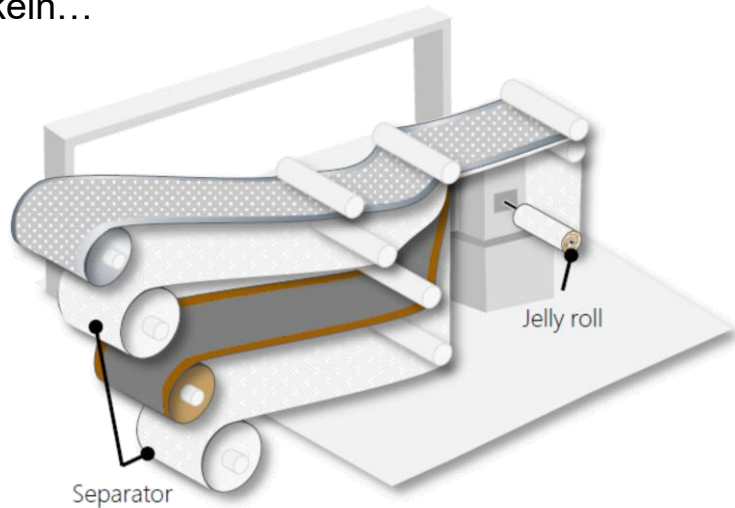


Quelle: PEM der RWTH Aachen, „Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle“, 4. Auflage

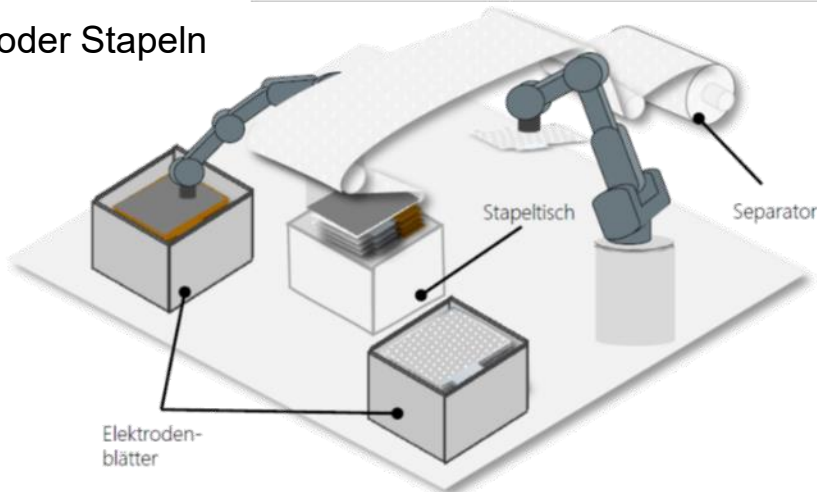
- Mechanische Bearbeitung der beschichteten Folien
- Abplatzungen und z.T. staubförmiger Abrieb
- Laserbearbeitung mit Absaugung

## ► Weitere Prozesse 2/2

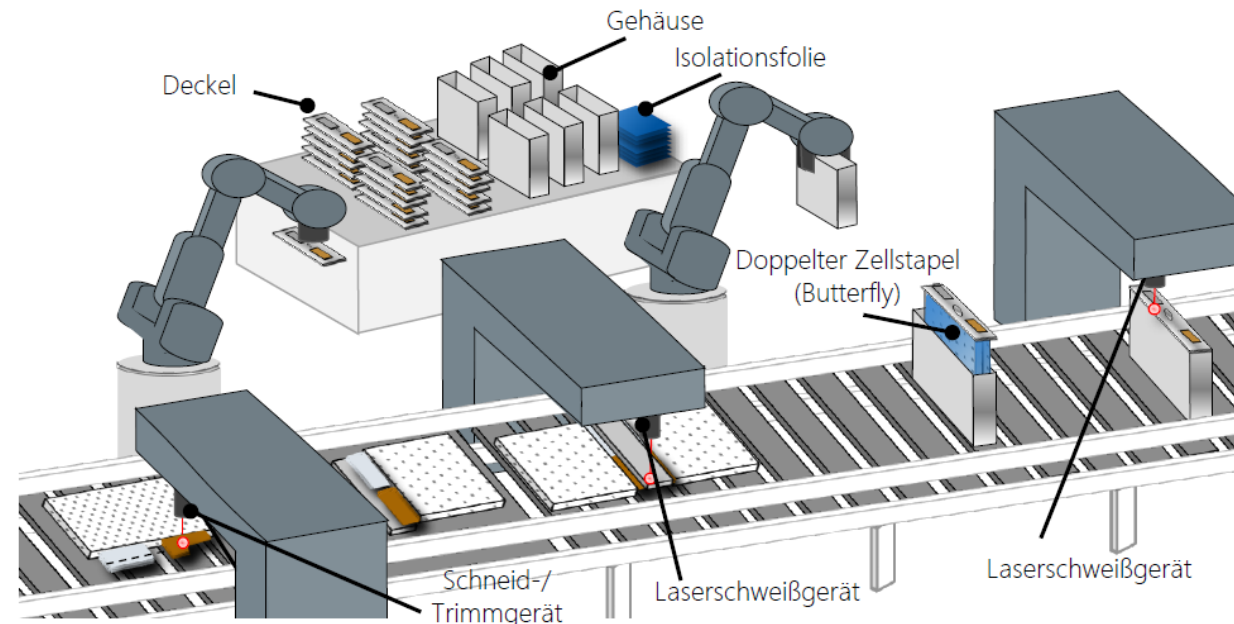
Wickeln...



...oder Stapeln



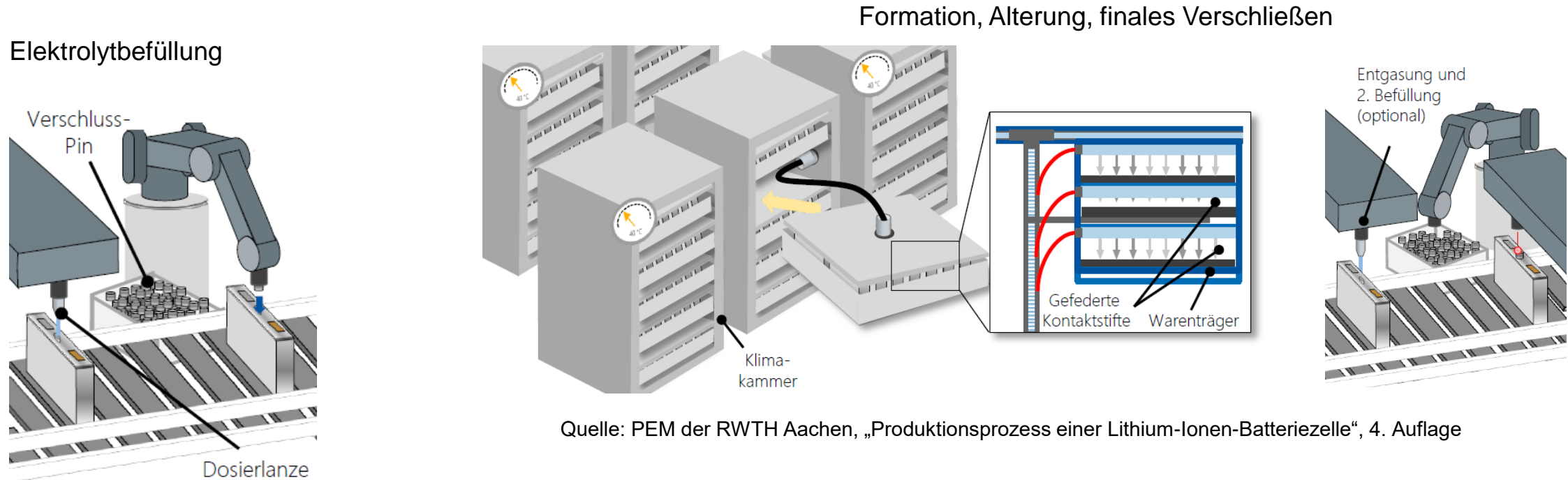
Zellassemblierung (prismatische Zelle)



Quelle: PEM der RWTH Aachen, „Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle“, 4. Auflage

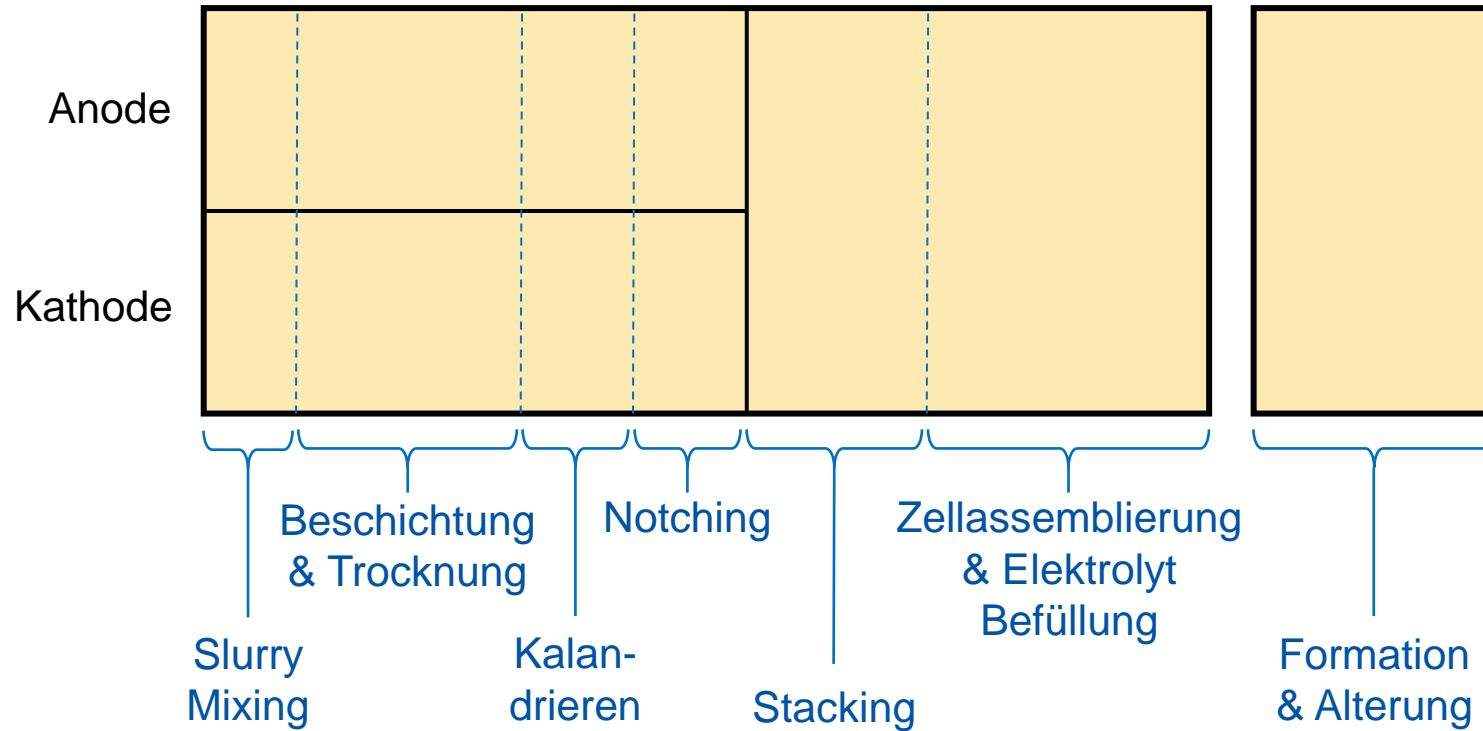
- Mechanische Bearbeitung der beschichteten Folien
- Abplatzungen und z.T. staubförmiger Abrieb
- Diverse Pick & Place Schritte sowie Prüfungen
- Laserbearbeitungen mit Absaugung (Gehäuse etc.)

## ► Fertigstellung der Zellen



- Elektrolyt enthält Lösemittel mit Flammpunkt  $\approx 15^\circ\text{C}$
- Beim Entgasen Freiwerden z.T. brennbarer Bestandteile
- Zellen zum Altern für mehrere Tage eingelagert  $\Rightarrow$  große Brandlasten im Hochregal
- Latente Gefahr des „Thermal Runaway“ durch unerkannte Fehler (z.B. interner Kurzschluss)
- Zellen zunächst nur provisorisch verschlossen (nötig für Entgasen)

## ► Fabrikansicht



- Fabriken für Kapazität von z.B. 25 GWh/a haben Fläche von etwa 100m x 500m
- Aus Brandschutzgründen Gebäude für Formation und Alterung (F&A) meist abgesetzt

# 03

▶ Beschaffungsprozess

## ► Informationen zu relevanten Substanzen

- Maschinen werden einige Zeit vor Produktion spezifiziert
  - Batteriefertigung hinsichtlich Zellchemie relativ schnelllebig
  - Ungewissheit bzgl. tatsächlich zur späteren Produktion eingesetzter Substanzen
- Angaben zu Substanzen teilweise nicht belastbar
  - Informationen z.B. zu Pulvern wie Graphit variieren je nach Hersteller (auch bzgl. Korngröße etc.)
  - Übliche Unklarheiten bei Angaben im SDB
- Verwendung alternativer Substanzen
  - Auch nach Produktionsstart spätere Umstellungen der Zellchemie / Rezeptur wahrscheinlich
  - Eignung der Anlagen bzgl. ATEX dabei unklar





## ▶ Zusammenarbeit Hersteller ↔ Betreiber

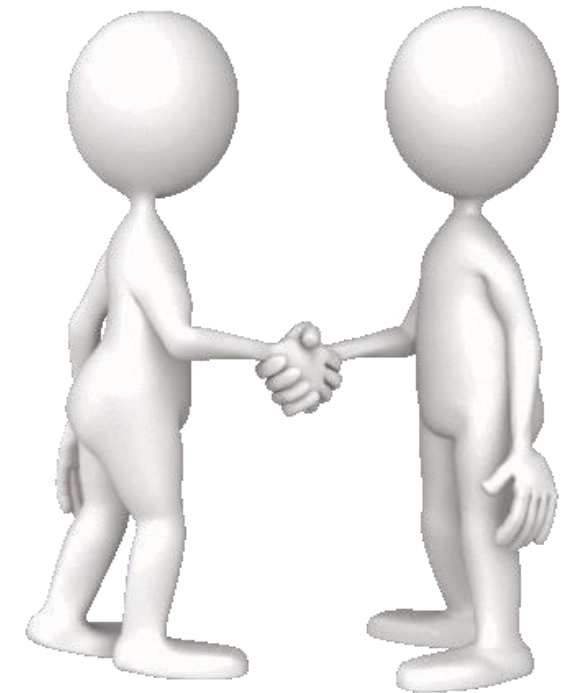
### ▶ Asiatische Maschinenhersteller

- Haben selbst Erfahrungen mit Betreibern v.a. in Asien
- Maschinen beruhen teils auf entsprechenden Vorschriften
- Auf den ersten Blick „mehr Sicherheit“ verbaut als nötig
- Bei näherem Hinsehen wird dieser Eindruck jedoch nicht bestätigt: z.B. Eignung verwendeter Sensoren fragwürdig

### ▶ Kulturelle Schwierigkeiten und Differenzen

### ▶ Herausforderungen beim Ex-Schutz

- Betreiberverantwortung bzgl. Ex-Schutz-Dokument
- Hersteller fertigt Anlagen mit Zonen in abgeschlossenen Räumen und ggf. auch außerhalb
- Einigung auf Ex-Zonen im Vorfeld zwingend erforderlich
- Abweichende Interessenlagen bzgl. Zoneneinteilung



# 04

▶ Zusammenfassung

## ▶ Zusammenfassung und Ausblick

- ▶ Sorgfältiger Beschaffungsprozess zwingend erforderlich
  - Möglichst detaillierte Spezifikation inkl. Normenreferenz etc.
  - Sichtung der Risikobeurteilung, ggf. Zündquellenbewertung und anderer Unterlagen bei Konstruktionsfreigabe
  - Besuch vor Ort zur Vorabnahme, gründliche Endabnahme
- ▶ Flexibilität
  - Versuch einer weitsichtigen und zukunftsicheren Planung
  - Gleichzeitig Vermeidung überzogener Zoneneinteilung und wartungsintensiver Zündschutzmaßnahmen usw.
- ▶ Weitere Entwicklungen
  - Aktuell (noch) Schwerpunkt bei Lithium-Ionen-Zellen (NMC)
  - Parallel läuft bereits z.T. Produktion von LFP-Zellen
  - Außerdem z.B. erhöhte Silizium-Anteile im Aktivmaterial
  - Weitere Trends sind Trockenbeschichtung (Wegfall Lösemittel bei Beschichtung), Natrium- oder Schwefel-basierte Zellen, ...



