

Herausforderungen an flexible Schmalbeschichtungsanlagen

Challenges for flexible coating systems

Interview mit Andrea Glawe, Frank Schäfer, Dr. Tarik Vardag und Dr. Wolfgang Neumann, KROENERT GmbH & Co KG
Interview with Andrea Glawe, Frank Schäfer, Dr. Tarik Vardag, Dr. Wolfgang Neumann, KROENERT GmbH & Co KG

Das Design einer jeden Beschichtungsanlage startet mit dem Produkt. Das auf der Anlage herzustellende Produkt entscheidet über die zu applizierende Schichtdicke, die Verarbeitungseigenschaften des Beschichtungsrohstoffes, den Trocknungs- und Vernetzungsprozess sowie auch das Handling des Substrates. Am Beispiel der Herstellung funktionaler Erzeugnisse für die Herstellung von Elektroden für Lithium-Ionen-Batterien sowie beschichteten Substraten als Basis für die Herstellung von Organischen Solarzellen soll dieses Interview die Funktionalität und Flexibilität einer Laborbeschichtungsanlage darstellen und aufzeigen wie die Verfahrenstechnik der Beschichtungsanlage optimal dem auf ihr herzustellenden Produkt angepasst werden kann.

1. WIE DEFINIERT DAS PRODUKT DIE VERFAHRENSTECHNIK?

Grundvoraussetzung ist es, sowohl das Produkt, als auch alle prozesstechnischen Schritte, die zu seiner Herstellung notwendig sind, genau zu kennen. Diese Informationen sind die Grundlage für eine bestmögliche Auslegung eines optimalen Beschichtungsanlagenlayouts. Theoretisches Wissen und praktische Erfahrungen in Kombination bieten dafür eine Symbiose, die oft durch zusätzliche Beschichtungsversuche in einem gut ausgestatteten Technology Center untermauert werden. Die ideal mögliche Anpassung der Laboranlage LabCo der Firma KROENERT an die Anforderungen des herzustellenden Produktes wird nachfolgend dargestellt.

Definiert werden die notwendigen verfahrenstechnischen Anforderungen zur Herstellung einer Batterieelektrode und



Abb. 1: Laborbeschichtungsanlage LabCo im Technology Center von KROENERT, BMB und DRYTEC

Fig. 1: LabCo laboratory coating system in the Technology Centre of KROENERT, BMB, and DRYTEC

The design of every coating system starts with the product. The product to be produced with the help of the system decides on the layer thickness to be applied, the processing properties of the coating base material, the drying and curing processes, and the handling of the substrate. Taking the production of functional products for the manufacture of electrodes for lithium ion batteries and of coated substrates as the basis for the manufacture of organic photovoltaic cells as examples, this interview will explain the functionality and flexibility of the laboratory coating system and show how process engineering of the coating system can be adapted ideally to the product to be produced using the system.

1. HOW DOES THE PRODUCT DEFINE PROCESS ENGINEERING?

The basic prerequisite is to have accurate knowledge of both the product and all process-related steps required to manufacture the product. This information forms the basis for the best possible design of the ideal coating system layout. The combination of theoretical knowledge and practical experience provides a symbiosis that is often substantiated by additional coating tests in a well-equipped Technology Centre. The ideal possible adaptation of the LabCo laboratory system by KROENERT to the requirements of the product to be manufactured is described as follows. The required procedural requirements are defined for the manufacture of the battery electrode and of an organic photovoltaic layer.

The description includes different products that have one thing in common: the required functions are achieved and/or the substrate is provided with the reaction layer that makes it usable for the respective application by means of applying a functional layer to a moving substrate. Only the combination of substrate and coating layer results in a product that can be used ideally. The substrate is the carrier and therefore defines the physical properties such as tensile strength and temperature resistance. The coating makes the actual function of the product possible, for example conducting current, exchanging or transporting ions. The process engineering of the coating and drying processes is defined decisively by the functional chemistry; with the substrate also having substantial influence on the process regarding its reaction to moisture and heat.

DEFINITION OF THE PRODUCT-RELATED AND PROCEDURAL REQUIREMENTS REGARDING THE MANUFACTURE OF ELECTRODES.

Product-related parameters regarding the manufacture of an electrode for lithium ion batteries:

- Application of a carbon- or graphite-containing coating mass,
- Viscosity range from approx. 1,000 to 3,000 mPas,

einer organischen Solarschicht. Beschrieben werden verschiedene Produkte, die eines gemeinsam haben: Durch Applikation einer funktionellen Schicht auf ein sich bewegendes Substrat werden die geforderten Funktionen erzielt bzw. erhält das Substrat die Reaktionsschicht, die es für die jeweilige Anwendung einsetzbar gestaltet. Nur die Kombination aus Substrat und Beschichtungsschicht führt zu einem optimal einzusetzenden Produkt. Das Substrat stellt den Träger dar und definiert damit die physikalischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und Temperaturbeständigkeit. Die Beschichtung bringt die eigentliche Funktion des Produktes, wie z. B. Strom zu leiten, Ionen auszutauschen oder zu transportieren. Die Verfahrenstechnik der Beschichtung und der Trocknung wird dabei maßgebend von der Funktionschemie definiert, wobei auch das Substrat hinsichtlich seiner Reaktion auf Feuchtigkeit und Wärme einen nicht unerheblichen Einfluss in den Prozess einbringt.

DEFINITION DER PRODUKT- UND VERFAHRENSTECHNISCHEN ANFORDERUNGEN ZUR HERSTELLUNG VON ELEKTRODEN

Produkttechnische Parameter zur Herstellung einer Elektrode für eine Lithium-Ionen-Batterie:

- Applikation einer ruß- oder graphithaltigen Beschichtungsmasse,
- Viskositätsbereich von ca. 1.000–3.000 mPas,
- Sowohl wasserbasierend als auch in einem Lösungsmittel gelöst,
- thixotrope und pseudo-plastische Eigenschaften,
- Substrat meist sehr dünne Aluminium- oder Kupferfolien, mit einer sehr geringen Weiterreißfestigkeit.

Die verfahrenstechnischen Anforderungen an die zu applizierende Schicht werden definiert:

- sehr hohen Genauigkeit in Längs- als auch Querrichtung,
- Applikation geometrisch definierter Strukturen bei einer Varianz von ca. 100–150 µm Schichtdicke,
- Sensible Temperatur- und Luftsteuerung während der Trocknung zur Sicherung der Qualität der Beschichtungsschicht.

DEFINITION DER PROZESS- UND VERFAHRENSTECHNISCHEN ANFORDERUNGEN ZUR HERSTELLUNG VON ORGANISCHEN SOLARZELLEN

Produkttechnische Parameter zur Herstellung einer organischen Solarzelle:

- Substrat weniger kritisch. Meist werden hier sehr stabile Polyesterfilme genutzt,
- Beschichtungslösungen meist in sehr kritischen Lösungsmitteln gelöst,
- Beschichtungslösung oft sehr sauer im pH-Wert eingestellt bzw. stark korrodierender Einfluss auf die Anlagenkomponenten.

Die verfahrenstechnischen Anforderungen an die zu applizierende Schicht werden definiert:

- aufzutragende Schichten unter 10 µm nass Schichtdicke,
- höchste Anforderungen an die Schichten in Längs- und Querrichtung,
- Applikation teilweise sehr genauer Schichten in schmalen Streifen übereinander.

- Water-based and dissolved in a solvent,
- Thixotropic and pseudo-plastic properties,
- Substrate mostly very thin aluminium or copper films, with a very low tear resistance.

The procedural requirements regarding the layer to be applied are defined:

- Very high accuracy both in longitudinal and transverse direction,
- Application of geometrically defined structures with a variability of approx. 100 to 150 µm layer thickness,
- Sensitive temperature and air control during the process of drying in order to ensure the quality of the coating layer.

DEFINITION OF THE PROCESS-RELATED AND PROCEDURAL REQUIREMENTS FOR THE MANUFACTURE OF ORGANIC PHOTOVOLTAIC CELLS

Product-related parameters regarding the manufacture of an organic photovoltaic cell:

- Substrate less critical; in most cases, very stable polyester films are used here,
- Coating solutions in most cases dissolved in very critical solvents,
- Coating solution often very acid regarding its pH value setting and/or strongly corrosive influence on the system components.
- The procedural requirements regarding the layer to be applied are defined:
- Layers to be applied below 10 µm wet layer thickness,
- Highest requirements for the layers in longitudinal and transverse direction,
- Application of partially very accurate layers in narrow stripes on top of each other.

2. WHAT DOES ADAPTED COATING TECHNOLOGY LOOK LIKE?

Both products have one thing in common: it is necessary to produce very precise functional layers. However, both the thickness of the required layer and the viscosity of the coating chemistry have an influence on the selection of a suitable coating system and/or the adaptation of process parameters for the same technology.

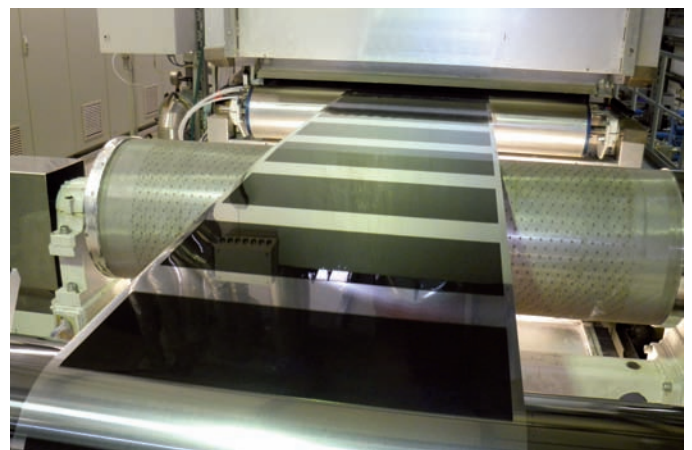


Abb. 2: Versuche zur intermittierenden Batterieelektrodenherstellung im Technology Center von KROENERT, BMB und DRYTEC

Fig. 2: Tests in the field of intermittent battery electrode manufacture in the Technology Centre of KROENERT, BMB, and DRYTEC

2. WIE SIEHT EINE ANGEPASSTE BESCHICHTUNGSTECHNOLOGIE AUS?

Beiden Produkten ist eines gemeinsam. Es müssen sehr präzise Funktionsschichten appliziert werden. Sowohl die Dicke der geforderten Schicht als auch die Viskosität der Beschichtungsschemie beeinflusst die Auswahl eines geeigneten Beschichtungssystems bzw. bei gleicher Technologie die Anpassung von verfahrenstechnischen Parametern.

AUSWAHL OPTIMALER BESCHICHTUNGSVERFAHREN FÜR DIE HERSTELLUNG EINER BATTERIEELEKTRODE

Mit Abbildung 2 ist eine Anforderung an die zu applizierenden Schichten für eine Batterieelektrode dargestellt. Es wird eine intermittierende Beschichtung gefordert, um die Batterieelektroden in Längsrichtung der geometrischen Maße, der aus ihr herzustellenden Batterie anzupassen. Für gewickelte Zellen entspricht die Länge der Intermittierung der Länge der gewickelten Elektrode.

Eine intermittierende Beschichtung für die Herstellung von Elektroden für Lithium-Ionen-Batterien ist mit einer modifizierten Düsen- als auch mit Kombar-Technologie möglich. Beide Verfahren kommen zur Anwendung, wobei die Düsentek- nologie den Vorteil eines komplett geschlossenen Beschichtungs- systems bietet und damit der Einfluss des Beschichtungs- prozesses durch die Verdampfung von Lösungsmitteln minimiert werden kann. Für den Einsatz der Düsentek- nologie ist jedoch eine hinreichend niedrige Viskosität erforderlich. Für die Verar- beitung einer höheren Viskosität kann mit Extrusionste- chnologie Abhilfe geschaffen werden. Streifen in Längsrichtung kö- nen mit Rasterwalzente- chnologie oder Übertrag durch abgesetzte Walzen umgesetzt werden. Auch dieses Verfahren kommt in der Praxis zur Anwendung. Die Flexibilität des Ein- satzes beider beschriebener Verfahren kann modular in der Laborbeschichtungsanlage LabCo umgesetzt werden. Nur geringe mechanische Aufwendungen sind notwendig um von einem Walzenauftrag zur Düsenbeschichtung zu wechseln.

AUSWAHL OPTIMALER BESCHICHTUNGSVERFAHREN FÜR DIE HERSTELLUNG VON ORGANISCHEN SOLARZELLEN

Auch für die Applikation sehr dünner Schichten für organische Solarzellen kommt oft die Düsentek- nologie zum Einsatz. Dabei muss jedoch sowohl der Austrittsspalt der Düse als auch der Abstand zwischen Düse und Substrat an die entsprechend dünneren Schichten angepasst werden. Eine weitere optimale Auftragste- chnologie sind Druckverfahren mittels Rasterwalze. Hier kann durch eine gezielte Auswahl des Designs der Walze sowie auch der Dosier- technologie ein sehr präzises Beschich- tungsergebnis erreicht werden. Mit beiden beschriebenen Ver- fahren kann ein Streifendesign beschichtet werden. Ebenfalls ist es möglich, durch eine genaue Registersteuerung verschie- dene Schichten entsprechend dem Schichtaufbau einer Solar- zelle genau übereinander abzulegen. Das kann durch Anor- dung mehrerer Beschichtungs- und Trocknungsprozesse in der Laboranlage LabCo hintereinander erfolgen oder durch ein zwei- oder mehrmaliges Durchlaufen durch die Anlage. Moderne Beschichtungsanlagen lassen beides durch eine optimierte Warenbahnführung zu.

SELECTION OF IDEAL COATING PROCEDURES REGARDING THE MANUFACTURE OF A BATTERY ELECTRODE

Figure 2 illustrates a requirement regarding the layers to be applied for a battery electrode. An intermittent coating process is required in order to adapt the battery electrodes to the geometric dimensions of the battery to be manufactured using them in longitudinal direction. For wound cells, the intermit- ting length corresponds to the length of the wound electrode.

Intermittent coating regarding the manufacture of electrodes for lithium ion batteries is possible using both a slot die tech- nology and a commabar technology. Both processes are used, with the die technology providing the advantage of a comple- tely closed coating system and, thus, the influence of the coating process caused by the evaporation of solvents can be min- imised. However, in order to use the die technology, a sufficien- tly low viscosity is required. Regarding processes with a higher viscosity, extrusion technology can provide a remedy. Stripes in longitudinal direction can be implemented using screen roller technology or transfer by means of offset rollers. This proce- dure is used in practice as well. The flexibility of using both procedures described can be implemented modularly within the LabCo laboratory coating system. In order to switch from roller application to die coating, only minor mechanical work is required.

SELECTION OF IDEAL COATING PROCEDURES FOR THE MANUFACTURE OF ORGANIC PHOTOVOLTAIC CELLS

Slot die technology is also frequently used for the application of very thin layers for organic photovoltaic cells. However, both the die orifice and the clearance between die and substrate must be adapted to the correspondingly thinner layers in doing so. Print- ing procedures using screen rollers are another ideal applica- tion technology. It is possible to achieve a very precise coating result using these rollers by making a specific selection of the roller design and the dosing technology. Stripe design can be coated using both of the described procedures. It is also possi- ble to position different layers exactly on top of each other according to the layer structure of a photovoltaic cell by means of accurate register control. This may be done by arranging sev- eral consecutive coating and drying processes within the LabCo laboratory system or by passing through the system two or more times. State-of-the-art coating systems allow both options due to their optimised material web routing.

In general, it is possible to manufacture an ideally coated prod- uct by means of an adapted selection of the coating technology. Each and any coating technology can be integrated flexibly into the LabCo laboratory coating system, according to the cus- tomers' request as modularly interchangeable aggregates or as a trolley solution in order to change entire coating stations.

3. WHAT IS DEMANDED OF THE DRYING AND CURING TECHNOLOGY?

If the application system is the centrepiece of a coating system, the drying and curing technology is the loop required in order to achieve a perfect end product. The starting point of consider- ing the processes of drying and curing already lies in the area of the coating unit. Optimised extraction of both the solvents formed during application and the often-required inert encl-



Abb. 3: Bead Coat - Düsenauftragstechnologie zur Applikation von sehr dünnen Schichten

Fig. 3: Bead coat – die application technology for applying very thin layers

Generell ist es möglich, durch eine angepasste Auswahl der Beschichtungstechnologie ein optimal beschichtetes Produkt herzustellen. Jedwede Beschichtungstechnologie kann flexibel in die Laborbeschichtungsanlage LabCo integriert werden, auf Kundenwunsch als modular austauschbare Aggregate oder als Trolleylösung zum Austausch kompletter Beschichtungsstände.

3. WAS WIRD VON DER TROCKNUNGS- UND VERNETZUNGSTECHNOLOGIE VERLANGT?

Ist das Auftragssystem das Herzstück einer Beschichtungsanlage, so ist die Trocknungs- und Vernetzungstechnologie der Kreislauf, der notwendig ist, um ein perfektes Endprodukt zu erreichen. Der Startpunkt der Betrachtung von Trocknung und Vernetzung beginnt schon im Bereich der Beschichtungseinheit. Eine optimierte Absaugung der schon während der Applikation entstehenden Lösungsmittel sowie auch eine oft geforderte inerte Einhausung sind gleichermaßen mit der LabCo möglich.

ANFORDERUNG ZUR TROCKNUNG VON BATTERIEELEKTRODEN

Die Trocknung von Batterieelektroden verlangt eine sehr diffizile Luft- und Temperaturführung, da die Trocknung einen sehr großen Einfluss auf die Qualität der Elektrode hat. Eine falsche Trocknung kann zu Konzentrationsänderungen in der Beschichtungsschicht führen. Bei zu starker Trocknung im ersten Bereich des Trockners verdampfen die Lösungsmittel aus der Oberschicht und der Binder setzt sich in der darunter liegenden Schicht nach unten ab. Dies führt zu Problemen in der Langzeitstabilität. Zur optimalen Gestaltung des LabCo-Trockners zur Trocknung von Funktionsschichten für Batterieelektroden wird empfohlen:

- Backofenähnliche Luftführung mit wenig Luftbewegung bei möglichst gesättigter Luft in der ersten Zone des Trockners sinnvoll,
- Inerte Trockner sinnvoll aus Sicht des Explosionsschutzes,
- Integration von IR-Technologie sinnvoll zur Reduzierung der Trocknerlänge, jedoch meist nur am Ende des Trockners für eine optimierte finale Trocknung.

ANFORDERUNG ZUR TROCKNUNG VON SOLARSCHICHTEN

sure are possible using the LabCo.

REQUIREMENT FOR DRYING BATTERY ELECTRODES

Drying battery electrodes requires very meticulous airflow and temperature control, as the process of drying has a huge influence on the quality of the electrode. Incorrect drying may result in changes to the concentration within the coating layer. If, within the first zone of the dryer, the products are dried excessively, the solvents will evaporate from the top layer and the binder will settle in the underlying layer. This will result in issues regarding long-term stability. The following is recommended for ideal design of the LabCo dryer in order to dry functional layers for battery electrodes:

- Oven-like air flow with sparse air movement and air that is as saturated as possible in the first zone of the dryer makes sense,
- Inert dryers make sense in terms of explosion protection,
- Integration of IR technology makes sense in order to reduce the dryer length, but mostly only at the end of the dryer for optimised final drying.

REQUIREMENT FOR DRYING PHOTOVOLTAIC LAYERS

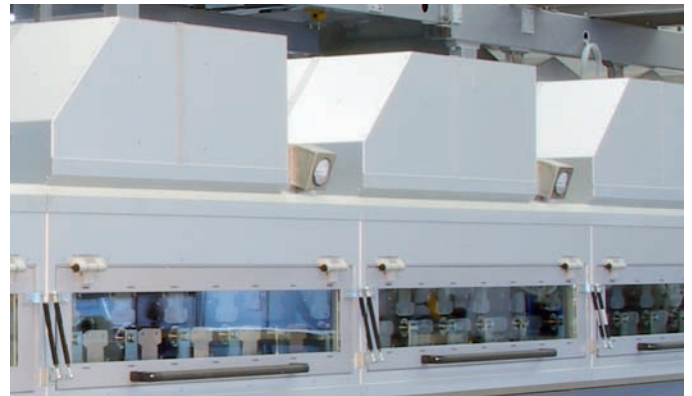


Abb. 4: Inertisierbarer Laboranlagentrockner für die LabCo

Fig. 4: Laboratory system dryer for the LabCo that can be rendered inert

In order to dry the functional layers for organic photovoltaic cells, an inert technology may also be required in order to implement a nearly oxygen-free process this way. Dryers that can be rendered inert and demonstrate a high degree of tightness and are thus able to meet the highest requirements in the field of interisation are offered for the LabCo.

Selecting specific drying technology has a decisive influence on the quality of the coated product, with the selection options being roller dryers, floating dryers, IR and UV technology, depending on the functional layer to be dried and/or cured.

4. WHAT DOES AN IDEAL SYSTEM LOOK LIKE?

Just as with any other coating system, a laboratory coating system also consists of the same components as a production system. Our approach is called “From Fab to Lab”, meaning that we study the design of a production system and try to identify the components which have a decisive influence on an optimised and high-quality product design. This layout is taken as the basis for the design of the laboratory system. Along with the best possible substrate flow through the system (e.g. in order to

Zur Trocknung von Funktionsschichten für organische Solarzellen wird unter Umständen auch eine inerte Technologie gefordert, um so einen annähernd sauerstofffreien Prozess zu realisieren. Dazu werden für die LabCo inertisierbare Trockner angeboten, die eine hohe Dichtigkeit aufweisen und damit höchste Ansprüche an die Inertisierung erfüllen können.

Durch eine gezielte Auswahl der Trocknungstechnologie, wobei zwischen Walzentrockner, Schwebetrockner, IR- und UV-Technologie in Abhängigkeit der zu trocknenden bzw. zu vernetzenden Funktionsschicht gewählt werden kann, wird die Qualität des beschichteten Produktes entscheidend beeinflusst.

4. SO WIE SIEHT DIE OPTIMALE ANLAGE AUS?

Wie jede Beschichtungsanlage besteht natürlich auch eine Laborbeschichtungsanlage aus den gleichen Komponenten wie eine Produktionsanlage. Wir verfolgen hier das Konzept «From Fab to Lab», das heißt wir schauen uns an, wie eine Produktionsanlage aufgebaut ist und welche Komponenten maßgebend eine optimierte und qualitativ hochwertige Produktgestaltung beeinflussen. Dieses Layout wird der Gestaltung der Laboranlage zu Grunde gelegt. Neben einer bestmöglichen Substratführung durch die Anlage (z. B. zur Sicherung der Kratzerfreiheit und bedingt durch empfindliche aktive Schichten) und der dem herzustellenden Produkt angepassten Beschichtungs- und Trocknungstechnologie können Zusatzaggregate, wie Korona-Vorbehandlung, Registersteuerung oder Laminationsaggregate flexibel ergänzt und integriert werden. Dies ist auch im Nachgang nach der Installation der Anlage beim Anwender gegeben, sodass eine sich später ergebende Prozessoptimierung noch in der Ergänzung von Komponenten möglich ist. Diese Flexibilität gestattet das modulare Design der LabCo, welche in Baugruppen aufgebaut ist, die variabel getrennt werden können um weitere Einheiten zu integrieren.

5. WAS ERWARTEN SIE FÜR DIE ZUKUNFT?

Mit nur einem Anlagenkonzept ist es möglich durch geringfügige Anpassung ein völlig neues Produkt herzustellen. Diese hohe Flexibilität und Modularität verlangt der Markt heute vom Maschinenbau. Mit dem Konzept der LabCo bietet die KROENERT-Firmengruppe eine optimale Lösung an, um den steigenden Anforderungen des Marktes gerecht zu werden. Ein kompetentes Team aus Beschichtungs- und Technikexperten freut sich darauf, mit Ihnen ein perfekt an Ihr Produkt angepasstes Anlagenkonzept zu entwickeln und die Beschichtungsanlage der Zukunft zu gestalten. In unserem Technology Center können wir die verfahrenstechnische Grundlage für das Design des Auftragsystems als auch der Trocknungstechnologie legen.

FRAU GLAWE, HERR SCHÄFER, DR. VARDAG UND DR. NEUMANN, VIELEN DANK FÜR DAS INTERVIEW.

KROENERT GmbH & Co KG,
D-22761 Hamburg,
www.kroenert.de

ensure scratches are avoided and contingent upon sensitive active layers) and the coating and drying technology adapted to the product to be manufactured, additional aggregates can be added and integrated in a flexible manner, for example corona pre-treatment, register control, or lamination aggregates. This is also provided following installation of the system with the user so that process optimisation resulting at a later point in time can still be implemented by adding components. The modular design of the LabCo allows this flexibility; the LabCo consists of assemblies that can be disconnected variably in order to integrate further units.



Abb. 5: Design einer LabCo für die Herstellung von Batterieelektroden

Fig. 5: Design of a LabCo for the manufacture of battery electrodes

5. WHAT IS YOUR OUTLOOK?

With only one system concept, minor adaptations make it possible to manufacture an entirely new product. The market demands these high levels of flexibility and modularity of the field of mechanical engineering today. With the LabCo concept, the KROENERT group of companies offers an ideal solution in order to meet the increasing requirements of the market. A skilled team consisting of coating and technology experts is looking forward to developing a system concept perfectly adapted to your product and to designing the coating system of the future in cooperation with you. Within our Technology Centre, we are able to lay the procedural foundation for the design of the application system and the drying technology.

MRS GLAWE, MR SCHÄFER, DR VARDAG AND DR NEUMANN, THANK YOU FOR THE INTERVIEW.

KROENERT GmbH & Co KG,
D-22761 Hamburg,
www.kroenert.de