



## Palettenumlaufanlagen

# Flexible Anlagentechnik für Massivelemente

Die Produktion von Massivteilen in Palettenumlaufanlagen war in der Vergangenheit aus unterschiedlichen Gründen leider die Ausnahme. Hauptgründe waren die zu geringe Flexibilität von Umlaufanlagen und den dazugehörigen Steuerungen sowie das Fehlen von geeigneten Schalungssystemen. Diese Mankos wurden in den letzten Jahren erfolgreich beseitigt.

Da unbestritten ist, dass Palettenumlaufanlagen stationären Formen in der Arbeitseffizienz überlegen sind, dürfte es keinen Grund mehr geben, Massivteile nicht in Palettenumlaufanlagen zu produzieren.

Die Entwicklung des Marktes für Betonfertigteile in Deutschland und die dort vorhandenen Überkapazitäten sind hinlänglich bekannt. Tatsache ist, dass in den letzten Jahren die Investitionen in die Anlagentechnik in Deutschland sehr gering waren. In anderen Ländern der Welt und Europa besteht jedoch noch Aufholbedarf in der rationellen Produktion von Betonfertigteilen. Die Märkte in diesen Ländern sind gut und die Nachfrage nach Betonfertigteilen ist derzeit hoch. Produkte wie Elementdecken und Doppelwände sind erst in der Einführungsphase. Die Hauptnachfrage besteht für den Sektor der Massivteile wie Sandwichelemente, Massivwände und Massivdecke.

Diese Produkte werden in Deutschland zwar gefertigt, jedoch nicht in den hohen Stückzahlen anderer europäischer Länder. Daher wurde die Entwicklung solcher Produktionsanlagen bisher nur am Rande verfolgt.

Ausgehend von den bekannten Anlagen, welche meistens für einfache Produkte wie die Elementdecke konzipiert waren, wurde versucht, diese an die Anforderungen anderer Länder und Märkte oder auch an andere Produkte zu adaptieren. Das war jedoch nur bedingt möglich, da die Komplexität von Massivelementen in Bezug auf Einbauteile, Bewehrung und Schalungsdetails oft enorm ist. Um die geforderten Aufgaben zu lösen, bedarf es eines neuen Typs von Produktionsanlage, welcher die Vorteile der bekannten Anlagenmodelle mit den Flexibilitätsanforderungen der Massivteilproduktion verbindet.

Christian Prilhofer Consulting plant im Moment einige Anlagen, die die vorher genannten Anforderungen erfüllen. In diesen Produktionsanlagen können unterschiedlichste Massivelemente hergestellt werden, ohne dass sich durch Taktzeitunterschiede Ineffizienzen im Ablauf einstellen.

Die Grundbausteine dieses Anlagentyps werden nachfolgend vorgestellt.



Christian Prilhofer, Jahrgang 1962; 1994 Gründung der Christian Prilhofer Consulting in Freilassing, Deutschland. 1999 Gründung des zweiten Büros in Wels, Österreich. Die Planungs- und Beratungsarbeit hat die Schwerpunkte in Anlagenplanung und -entwicklung, Koordination bei Bau und Inbetriebnahme, Optimierung von bestehenden Anlagen sowie alle damit verbundenen Gebiete. Prilhofer Consulting ist weltweit tätig.

## Pallet rotation system

# Flexible plant technology for precast concrete components

Unfortunately, the production of concrete components in pallet rotation systems has been the exception in the past, for various reasons. Some of these reasons were the lack of flexibility of rotation systems and the associated controls as well as the lack of suitable formwork systems. In recent years, it has been possible to successfully eliminate these deficits.

Since it is an undisputed fact that pallet rotation systems are superior to stationary forms with respect to working efficiency, there should be no longer any reason for not manufacturing concrete components in pallet rotation systems.

The market development for precast concrete components in Germany and the existing excess of capacity is well known. It is a fact that in recent years the investment in plant technology has been very small in Germany. However, in other countries of the world and Europe there is still a need to catch up in the rational production of precast concrete components. The markets in these countries are good and the demand for precast concrete products is currently high. Certain products, such as precast floor slabs and double walls have only just begun to be introduced. The main demand is in the sector of concrete components such as sandwich panels, solid walls and floors.

As these products are not manufactured in Germany in large numbers as they are in other European countries, the development of such production plants has to date only been given scant attention.

Starting out from the familiar plants, which had usually been designed for simple products as lattice girder slabs, the attempt was made to adapt these plants to the requirements in other countries and markets and also to other products. However, the scope for implementing this was limited, due to the complexity of the imbedded parts, reinforcement and formwork details. In order to offer a solution to the required tasks, a new type of production plant was needed, one that combines the advantages of the familiar plant models with the requirements on flexibility posed by the new products.

Currently, Christian Prilhofer Consulting is involved in the design of plants that meet the above requirements. In the production plants from this company it is possible to manufacture concrete units of various designs without having to accept inefficiencies due to differences in cycle times. Below we present the basic components of this type of plant.



Abb. 1. Härtekammer  
Fig. 1. Curing chamber

### 1. Steuerungskonzept

Damit die Flexibilität der Anlage optimal genutzt werden kann, sind die Umlaufsteuerung und die Leittechnik der Anlage von entscheidender Bedeutung. Die Daten für die Steuerung müssen durch das CAD-System und die Arbeitsvorbereitung erzeugt werden. Dann ist es möglich, dass die Wege der Paletten durch die Anlage nach Arbeitsplänen automatisch abgefahren werden. Damit können sich die Mitarbeiter auf die Durchführung der Arbeitsschritte konzentrieren und müssen sich keine Gedanken darüber machen, auf welche Arbeitsstation die Palette nach Abschluss der von ihnen durchgeführten Arbeiten transportiert wird. Sie müssen die Palette lediglich für den automatischen Transport freigeben. Der Leitrechner organisiert das Datenmanagement in der Anlage und zwischen den automatischen Maschinen (optional, wenn diese vorhanden sind).

### 2. Härtekammer

Die Härtekammer in einer solchen Anlage unterscheidet sich nur in Details von Härtekammern in konventionellen Anlagen mit einem automatischen Regalkran zur Beschickung der Regale. Der Unterschied liegt nur im Abstand zwischen den Paletten innerhalb der Regale. So ist es möglich, Betonteile mit Höhen von bis zu 1,5 m in die Härtekammer einzulagern. Das Heizsystem kann somit kleiner dimensioniert werden, da das Verhältnis Beton zu Stahl besser ist.

### 3. Schal- und Bewehrungsbereich

In diesem Bereich liegt der entscheidende Unterschied zu den Palettenumlaufanlagen für einfachere Produkte. Auf Grund unterschiedlicher Elemente und Bearbeitungszeiten in den Stationen muss dieser Bereich so gestaltet werden, dass die Zeit für die notwendige Bearbeitung gegeben ist, ohne dadurch den Palettenfluss in der Anlage zu stören. Das heißt, die Palette muss den vorgesehenen Bearbeitungsplatz automatisch anfahren und verlassen können, ohne hierdurch andere Arbeitsstationen zu beeinflussen. Dies kann auf unterschiedlichste Arten geschehen.

In der Vergangenheit wurde dies sehr oft mittels Zentralschiebebühne gelöst. Das hat den Vorteil, dass die Investitions-

### 1. Concept of control system

In order to ensure that the flexibility of the plant can be used to its fullest advantage, the control systems for the rotation and the general processes of the plant are essential. The data for the controls have to be generated through the CAD system and by the appropriate engineering department. Then it is possible for the pallets to automatically follow the routes through the plant in accordance with a designed layout. This means that the workers can concentrate on carrying out their respective tasks and no longer have to worry about which work station a pallet has to be transported to after they have completed their task. All they have to do is to release the pallet for automatic transport. The controlling computer organizes the data management of the plant and between the automatic machines (optional, where these are already in place).

### 2. Curing chamber

The curing chamber of such a plant is only marginally different from curing chambers in conventional plants with an automatic handling crane for stacking products in rack systems. The only difference is the distance between the pallets within the racks. For example it is possible to stack concrete components in the curing chamber up to a height of 1.5 m. This makes it possible to devise a smaller heating system since the ratio of concrete to steel is improved.

### 3. Formwork and reinforcement area

This is the area with a significant difference to the pallet rotation systems for simpler products. Due to various components and different processing times at these stations, this area has to be designed so as to allow the necessary processing times without hampering the flow of pallets through the plant. That means pallets need to be able to automatically arrive and depart from the respective work station without affecting other work stations. This can be achieved in many different ways.

In the past, this has often been solved by way of a central transport system. This has the advantage of low investment costs but also the disadvantage that the area of the production building is not utilized to its fullest extent when transporting



**Abb. 2. Optimaler allseitiger Zugang zu den Paletten**  
**Fig. 2. Optimum pallet access from all sides**

summe gering ist, jedoch bei gleichzeitigem Nachteil, dass die Hallenfläche nicht optimal genutzt wird, wenn die Paletten längs transportiert werden. Werden die Paletten quer transportiert, braucht man eigens dafür fast ein eigenes Hallenschiff. Die Lösung dieses Problems ist die Trennung von Transport- und Bearbeitungsebene. Dieses hat viele Vorteile. Die wichtigsten sind:

- ▶ *Optimaler Einsatz der Steuerungstechnik*  
Durch die Zuordnung von Arbeitsplänen zu Produkten und Paletten werden die Mitarbeiter in der Produktion von administrativen und logistischen Arbeiten entlastet. Die Steuerungstechnik übernimmt den Transport, die Leittechnik übernimmt die Sammlung und Verwaltung der Daten.
- ▶ *Maximale Flexibilität bei den Transporten*  
Ein automatischer Längs- und Quertransport der Paletten wird möglich. Die Palette wird auf der Arbeitsstation bereitgestellt. Es muss nur noch das versenkbare Geländer herabgesetzt werden. Fahrten werden nach dem Arbeitsplan organisiert. Ein festgelegter Weg durch die Anlage existiert nicht mehr. Es können Arbeitsstationen beliebig umdefiniert werden, z. B. kann aus einem Schalplatz ein Ort für Bewehrung werden.
- ▶ *Optimaler allseitiger Zugang zu den Paletten*  
Durch das Einhängen der Palette in die Bearbeitungsbühne kann der Abstand zwischen der Schalfläche und der Bearbeitungsbühne optimal und nach Wunsch des Betreibers eingestellt werden (zwischen 0,0 und 20,0 cm).
- ▶ *Die Arbeitsplätze können optimal gestaltet werden*  
Da das Ein- und Ausfahren der Palette aus der Arbeitsstation entfällt, können rund um die Palette Bearbeitungseinrichtungen, Lagerregale für Verbrauchsmaterial oder Werkbänke angeordnet werden.

#### 4. Betonierbereich

Es gibt Produkte, die unterschiedliche Betonsorten erfordern wie z. B. eine Vorsatzschicht mit Farbbeton, spezielle Zuschläge oder andere Zusatzstoffe zum Normalbeton. Die Betone müssen in der Betonierstation dann nacheinander in die Schalung eingebracht werden. Zur effizienten Realisierung muss die Betonproduktion, -versorgung und -verteilung entsprechend ausgeführt werden. Die Mischanlage braucht mindestens zwei Mischer und ausreichend viele Zuschlagstoff- und Bindemittelsilos. Der Betontransportweg sollte möglichst kurz sein und die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Betone gleichzeitig zu transportieren. Der Betonverteiler muss den oder die Betone übernehmen und in die Schalung auf der Palette einbringen. Da die Schalungen unterschiedlich hoch sein können, ist es

the pallets along the length of the building. If pallet transport is to take place across the building, one almost needs a separate facility for this.

The solution to this problem lies in the separation of the transport and processing levels, which has many advantages. These are the most important:

- ▶ *Optimum use of the control technology*  
By aligning the work plans to products and pallets, the production workers are freed from administrative and logistical tasks. The control engineering takes care of transport and the process control system takes care of gathering and administering data.
- ▶ *Maximum transport flexibility*  
The system enables automatic pallet transport along and across the hall. Pallets are transported to the work stations. The only job remaining is to lower the railing, which has a mechanism for this purpose. Trips are organized in accordance with the work plan. There is no longer a predefined pathway through the plant. It is possible to redefine work stations as required, e.g. a station for formwork can become a place for fitting reinforcements.
- ▶ *Optimum pallet access from all sides*  
By suspending the pallets in the processing platform, it is possible to adjust the distance between the formwork surface and the processing platform to the optimum spacing required by the operator (between 0.0 and 20.0 cm).
- ▶ *Optimum design of work spaces*  
Since pallets are no longer moved in and out of work stations, it is possible to arrange work equipment, storage shelves for consumables or work benches around the pallet.

#### 4. Concreting area

There are some products that necessitate different types of concrete, for example a facing layer of colored concrete, special aggregates or other additions to normal concrete. These concretes have to be passed into the formwork in sequence at the concreting station. In order to be able to carry this out efficiently, the concrete production, supply and distribution must meet certain parameters. The mixing plant requires at least two mixers and a sufficient number of silos for the aggregates and binding agents. The transport distance for the concrete should be as short as possible and should allow the transport of different concretes at the same time. The concrete distributor has to take over the concrete and fill it into the formwork on the pallet. Since the formwork can be different in height it is an advantage if the concrete distributor is adjustable in height so that the filling-in process can be more precise. Once the concrete has been filled into the formwork, it must be compacted. This is done in the compacting station through an external vibrator. Currently it is not yet possible to use shaking technology for this purpose, given the sometimes complicated forms and different concrete consistencies. For this reason, this station has to be separated from the other work stations from the point of view of sound insulation.

#### 5. Workings after placing the concrete

Once the concrete has been cast and compacted, a finishing surface treatment must be carried out in most cases. Usually this is done by troweling the surface. This treatment is sufficient in many instances, e.g. façade elements. In order not to disturb the flow of pallets, this is carried out at a separate station. When producing sandwich elements, this station can also be used to insert the insulation material. Once these activities have been completed, the pallet is transported into the curing chamber or it continues on back to the formwork and reinforcement area so that the reinforcement for the second shell can be inserted.



**Abb. 3. Betonierbereich**  
**Fig. 3. Concreting area**

von Vorteil, wenn der Betonverteiler höhenverstellbar ist, damit der Betoneintrag gezielt erfolgen kann. Nach dem Eintragen des Betons in die Schalung muss der Beton verdichtet werden. Dies wird in der Verdichtungsstation durch Außenrüttler durchgeführt. Der Einsatz von Schütteltechnik ist durch die teilweise komplizierten Formen und unterschiedlichen Betonkonsistenzen zurzeit noch nicht möglich. Aus diesem Grund muss diese Station schalltechnisch von den restlichen Stationen getrennt werden.

### 5. Arbeiten im Anschluss an das Betonieren

Nach dem Einbringen und Verdichten des Betons muss in den meisten Fällen eine Oberflächennachbehandlung durchgeführt werden. Dies geschieht gewöhnlich durch Abziehen der Oberfläche. Diese Behandlung ist zum Beispiel für Fassadenplatten ausreichend. Um den Palettenfluss nicht zu stören, wird dies auf einer eigenen Station durchgeführt. Bei der Produktion von Sandwichelementen kann an dieser Position auch die Isolierung in die Schalung eingelegt werden. Nach Abschluss dieser Tätigkeiten wird die Palette in die Härtekammer eingelagert oder sie wird wieder in den Bereich der Schal- und Bewehrungsplätze gefahren, damit die Bewehrung für die zweite Schale eingelegt werden kann.

### 6. Glättplätze zur Oberflächenbearbeitung

Sollte eine bessere Oberflächenqualität gefordert werden, muss die Oberfläche durch Glätten nachbearbeitet werden.

### 7. Entschalbereich

Im Entschalbereich ist es wichtig, die Paletten so zu entschalen, dass der Produktionsablauf nicht beeinträchtigt wird. Der Entschalbereich muss deswegen entsprechend der hergestellten Produkte gestaltet werden. Das heißt, es müssen Nacharbeitsplätze für die Oberflächenkosmetik oder Waschplätze für das Erzeugen von Waschbetonoberflächen geschaffen werden. Die Kräne müssen den Elementgewichten angepasst werden. Es sind Plätze zum Abnehmen und Reinigen der Schalelemente, welche zum Teil sehr kompliziert sein können, zu schaffen. Diese Schalteile müssen nach dem Reinigen möglichst rationell zu den Schalplätzen transportiert werden, wo sie wieder zum Einsatz kommen.

Nachdem die Schalungen abgenommen sind, wird das Beton-element von der Palette abgenommen. Die Elemente müssen dann im Entschalbereich zwischengelagert werden, um dann

### 6. Troweling stations for surface treatment

Where a superior surface quality is required, the surface has to be finished with a smoothing process.

### 7. Removing concrete from formwork

In this area it is important to remove formwork in such a way that the production flow is not hampered. Therefore the formwork removal area must be designed in accordance with the requirements of the respective products. It means that finishing stations have to be created for cosmetic treatment of the surface or wash stations for creating exposed aggregate surfaces.

The cranes have to be adapted to the weights of the elements. The stations have to be created for removing and cleaning the formwork elements which can sometimes be very intricate. After cleaning, these formwork parts must be transported back to the formwork stations with as little effort as possible so that they can be re-used.

Once the formwork has been removed, the concrete component is taken off the pallet. Then the elements have to be put into intermediate storage within the station before they can be transported to the storage area with an appropriate transport system. This means that one can avoid an open gable end of the production hall, and the storage area does not necessarily have to be located just adjoining the gable end of the production hall.

When selecting the correct transport system it is possible to take the parts from the pallets or, alternatively, if no finishing work is required for the surfaces, to place them directly into storage. This avoids unnecessary handling of parts in the storage facility.

Where parts require further surface treatment (e.g. through sandblasting or the application of acid) this is usually carried out, after a short period in storage, in a separate building within the storage facility.

### Conclusion

With production plants as described above it is possible to lower the labor costs for solid precast concrete components for each cubic meter by 35 to 40%. This is achieved by using a pallet rotation system and cutting out the non-productive times which are a necessary by-product of a stationary production process. With this system operatives no longer have to wait for concrete or a crane. Furthermore product quality can be improved by using modern formwork systems and compaction technology with improved efficiency.

Christian Prilhofer, Freelancing



**Abb. 4. Nacharbeit**  
**Fig. 4. Finishing work**



**Abb. 5. Entschalbereich**  
*Fig. 5. Area for removing formwork*

mit Ausfahrssystemen auf den Lagerplatz transportiert zu werden. Dadurch kann eine offene Giebelseite an der Produktionshalle vermieden werden und der Lagerplatz muss nicht unbedingt in der Verlängerung der Produktionshalle angeordnet werden.

Mit der Wahl des richtigen Transportsystems ist es möglich, die Teile von der Palette abzunehmen oder wenn keine Oberflächenarbeit notwendig ist, diese sofort in das Transportsystem einzulagern. Damit wird unnötiges Teilehandling am Lagerplatz vermieden.

Ist noch eine Oberflächenbearbeitung der Elemente erforderlich (z. B. Strahlen oder Säuern), wird dies nach kurzer Lagerzeit auf dem Lagerplatz meist in einem separaten Gebäude durchgeführt.

### **Resümee**

Mit einer wie oben beschriebenen Produktionsanlage ist es möglich, die benötigten Arbeitskosten für Massivelemente pro Kubikmeter um 35 bis 40 % zu senken. Dies geschieht dadurch, dass die unproduktiven Zeiten, welche bei der stationären Produktion ablaufbedingt entstehen, in einer Palettenumlaufanlage entfallen. Das Warten auf Beton oder den Kran gehört der Vergangenheit an. Durch den Einsatz moderner Schalungssysteme und effizienterer Verdichtungstechnik steigt außerdem die Produktqualität.

Christian Prilhofer, Freilassing