

Ingo Bongers

Automatisiertes Bauen - ein Blick in die Zukunft

Das EUROPAHAUS-System ist die zur Zeit weltweit größte und bedeutendste Entwicklung im Massivbau in Sachen "automatisiertes Bauen". Neben einer eigenen, hochqualifizierten Entwicklungsmannschaft wirken über 200 externe Entwickler - ein großes Team von Wissenschaftlern, Ingenieuren und angesehenen Firmen - an diesem technisch außerordentlichen Projekt mit, welches die heutige Bauweise revolutionieren und neue Maßstäbe setzen wird.

Im Folgenden sollen die technische Ausstattung und die Produktmöglichkeiten des Projektes kurz vorgestellt werden. Natürlich ist unsere gesamte Entwicklung in hohem Maße schutzbedürftig. Aus diesem Grunde bitten wir um Verständnis, wenn wir - insbesondere in bestimmten technischen Bereichen - keine besonders detaillierten Informationen zu den technischen Einzellösungen geben können. Mit unserer insgesamt 30 Mio. € teuren Entwicklung haben wir uns einen mehrjährigen Entwicklungsvorsprung gesichert, den wir selbstverständlich nicht gefährden wollen.

Eine EUROPAHAUS-Produktionsstätte ist aufgrund ihrer gewaltigen Materialflüsse einem Werk der Schwerindustrie gleichzusetzen, also etwa einer Kohlenzeche oder einem Stahlwerk. Die Materialflussermittlungen (Stand März 2002) weisen einen täglichen durchschnittlichen Materialdurchfluss von 11 600 t auf. Der Gleichzeitigkeitsfaktor im innerbetrieblichen Transport beträgt rd. 30 000 t.

Solche Dimensionen unterscheiden sich deutlich von den Materialflüssen im heutigen Baugeschehen. Die Entwicklung hat eine völlig neue Vorgehensweise im innerbetrieblichen Materialfluss erzwungen. Die heute "am Bau" noch üblichen Handlings- und Transportmethoden sind gänzlich unzulänglich und mussten konsequent durch neue Methoden ersetzt werden.

Am Anfang stand die Entwicklung neuer Strukturen, die weitgehend automatisierte Handlings- und Transportprozesse ermöglichten. Rein organisatorisch musste der externe An- und Abtransport zu einem "verlängerten innerbetrieblichen Transport" umfunktioniert werden. Das beginnt mit der Lagertechnik.

Lagertechnik

EUROPAHAUS hat seine Läger aufgeteilt in die Kategorien

- Schüttgutläger
- Schwergutläger
- Hochregallager
- automatisiertes Kleinteilelager.

a) Schüttgutläger

Schüttgüter werden grundsätzlich in kompletten Eisenbahnzügen - und nur in Ausnahmefällen per Lkw - geliefert. Alle Schüttgüter (Sand, Kies, Zement, Kalk, Mörtel) werden "schlagartig" in großen Aufgabebunkern entleert. Von den Aufgabebunkern werden Sand und Kies über drei geschlossene Transportbänder völlig staubfrei in die jeweiligen Vorratssilos abtransportiert. Die Förderleistung beträgt pro Band 200 t stündlich. In erforderlichen Ausnahmefällen kann die Leistung kurzfristig auf bis zu 360 t stündlich hochgefahren werden.

Für die Materialaufnahme stehen drei Sandsilos und 37 Kiessilos zur Verfügung. Die Aufnahmekapazität der Sandsilos beträgt 22 600 m³ je Silo. Jedes der 37 Kiessilos verfügt über ein Aufnahmevolumen von ca. 580 m³. Durch die große Vorratshaltung wird eine große Zuliefer- und somit Produktionssicherheit erreicht.

Über Drainagevorrichtungen in den Silos wird durchnässtes Material entwässert. Die lange Standzeit in den Silos bewirkt, dass der Produktion gleichmäßig trockenes Material zugeführt werden kann. Hierdurch wird bei der Erstellung der Rezepturen ein Höchstmaß an technischer Qualität erreicht.

Die staubähnlichen Schüttgüter (Zement, Kalk, Mörtel) werden ebenfalls "schlagartig" in Aufgabebunker entleert. Alle Aufgabebunker verfügen über Luftdruckausgleichsleitungen. Während des Entladungsvorgangs wird außerdem Luftunterdruck erzeugt, um eine absolut staubfreie Entladung zu gewährleisten. Die staubähnlichen Schüttgüter werden vom Aufgabebunker in 28 Druckgefäßförderer abgeleitet und von dort in die Silos transportiert. Für Zement stehen 14 Silos mit einem Fassungsvermögen von ca. 8 000 m³, für Kalk 12 Silos mit einem Fassungsvermögen von 275 m³ und für Mörtel 14 Silos mit einem Fassungsvermögen von 29 m³ zur Verfügung. Alle Schüttgüter werden in Zugeinheiten mit jeweils 960 t Transportleistung befördert. Die vorgenannte Menge, die jeweils bei einer Zugfahrt transportiert wird, entspricht etwa 35 Lkw-Fahrten.

b) Schwergutlager

Unter Schwerguttransporte fallen vornehmlich die Transporte von

- Stahlcoils
- Gipskartonplatten
- vorgefertigten Treppenläufen.

Selbstverständlich können bei Bedarf auch Großmengen anderer Materialien (z. B. Natursteinprodukte etc.) in die Schwergutlager eingeleitet werden. Voraussetzungen hierfür sind insbesondere lieferantenseitige leistungsfähige Bahnverladeeinrichtungen, schmutz- und nässefreie Verladung sowie Mindestmengenanlieferung von ca. 800 bis 1 500 t Gewicht.

Bei Beachtung vorstehender Voraussetzungen können die EUROPAHAUS-Verladeeinrichtungen ihre ganze Leistungsfähigkeit ausspielen: Ein Ganzzug von bis zu ca. 700 m Länge und max. 2 000 t Beladung wird in Minutenschnelle komplett entladen. Das entladene Transportgut wird dann über automatisierte Anlagen in die Schwergutlager eingeleitet und so positioniert, dass es bei Abruf durch die Prozesssteuerung von dort aus - ebenfalls voll automatisiert - in den Produktionsprozess abgeleitet wird.

c) Hochregallager

Im Hochregallager werden ausschließlich Kommissionsgüter eingelagert. Die Belieferung dieses Lagers erfolgt aufgrund von Bestellvorgängen, die nach vorläufiger Produktionsfreigabe einer Produktionseinheit weitestgehend automatisiert ausgelöst werden.

Der Bestellvorgang wird an das Lagerverwaltungssystem überstellt. Von dort erfolgt die terminliche Überwachung der zeitgerechten Zulieferung. Die Zulieferung ist in

Sicherheits-Zeitbereiche eingeteilt, in denen der Lieferant vom System zuerst erinnert und dann in einem zweiten Schritt zu zeitgerechter Lieferung angemahnt wird. Ist eine weitere Zeitzone überschritten, ohne dass die fällige Lieferung erfolgte, wird die zuständige Vertriebseinheit über eine Alarmmeldung vom Lieferverzug informiert und kann auf jeden Fall noch rechtzeitig Ausweichdispositionen treffen, ohne dass der eigentliche Produktionsprozess gestört oder gar unterbrochen wird.

Angelieferte Ware wird nur in speziellen, genormten Gitterboxen angeliefert. Auf Lieferantenseite ist hierbei auf eine den werkseigenen Beladevorschriften entsprechende Beladung zu achten. In der Regel erfolgt die Anlieferung von Gitterboxen über Auflegerfahrzeuge. Diese fahren in die Halle der automatisierten Anlieferzone ein, werden dort auf einer Plattform um 180° gedreht und von einer Entlademaschine entladen. Der Entladevorgang für einen 40-t-Lastzug beträgt in der Regel 60 bis 90 Sekunden. Über fahrerlose Transportfahrzeuge werden die angelieferten Gitterboxen in die Lagervorzone gebracht und dort zur Übernahme durch die Regalbediengeräte positioniert. Die Regalbediengeräte übernehmen die gekennzeichneten Gitterboxen und lagern diese "chaotisch" - also unter optimaler Ausnutzung der vorhandenen Regalplätze - in eine der 11 Regalgassen ein. Insgesamt stehen ca. 2 km Regallängen bei einer Höhe von 32 m und einer max. Gewichtsaufnahme-Leistung von 45 000 t zur Verfügung.

Wenn vom Lagerverwaltungssystem die Zulieferung für eine Produktionseinheit als "vollständig geliefert" gemeldet wird, erfolgt die endgültige Produktionsfreigabe. Sobald nun seitens des Produktionsleitsystems der Produktionsauftrag gestartet wird, wird die positionsgenaue, bedarfs- und zeitgerechte Zulieferung des Materials an die Montagebänder eingeleitet. Hierzu lagern die Regalbediengeräte die erforderlichen Gitterboxen aus und übergeben diese an fahrerlose Transportfahrzeuge. Diese fahren die Gitterboxen unterirdisch zu den jeweils vorgegebenen Montageplätzen, wo sie über vorhandene Aushubstationen dem jeweiligen Montageplatz zugeleitet werden.

d) Automatisiertes Kleinteilelager (AKL)

In technisch ähnlicher Weise wie beim Hochregallager erfolgt die Einlagerung und spätere Auslagerung der für die Montage erforderlichen Kleinteile wie z. B. Schrauben, Dübel, Befestigungsunterteile etc. Die Bestückung dieses Lagers erfolgt nach dem Prinzip der Mindest-/Höchstbestandsmenge.

Die Versorgung der Arbeitsplätze an den Montagebändern mit den erforderlichen Kleinteilen wird mittels einer - aus Japan stammenden und in der Autoindustrie verwendeten - Kanban-Methode durchgeführt. Die Bedarfsmeldungen der Arbeitsplätze werden über eine automatisierte Meldung ausgelöst. Ein im ständigen Einsatz befindliches fahrerloses Transportfahrzeug holt daraufhin beim AKL die bestellten Teile ab, liefert diese zu den vorgesehenen Arbeitsplätzen und sammelt dort gleichzeitig die Leerbehälter ein, damit diese im AKL für weitere Zuliefereinsätze nachgefüllt werden können.

Steinproduktion

Für den ersten Standort ist aufgrund der dortigen Gegebenheiten und weiterer besonderer Umstände eine Kalksandsteinproduktion geplant. Unabhängig von dieser Entscheidung können in diesem Werk aber auch alle anderen gängigen Steinsorten verarbeitet werden. Die Steinproduktion ist so dimensioniert, dass täglich ca. 3 000 t Kalksandsteine produziert werden können.

Über unterirdische Abzugsbänder werden die erforderlichen Sandmengen von den Sandvorratssilos den Vormischanlagen zugeführt. Die für die Produktion benötigten Kalkanteile werden aus den neben der Vormischanlage positionierten 34 m hohen Kalksilos über Schneckenförderer beigemischt.

Über weitere Bandsysteme werden die Mischungen den 9 vorgesehenen Reaktoren zugeführt. Von hier aus werden dann gemäß den von den Prozessrechtern ermittelten Bedarfen die vorbereiteten Mischungen in eine der neun 1 200-t-Pressen zur Verarbeitung weitergeleitet. Den Pressen unmittelbar nachgeschaltet sind automatisierte Sägeanlagen, in denen alle Sondermaße nach Wünschen bzw. Bestellungen der Kunden geschnitten werden. Hierbei entstehende Sägeabfälle werden über eine Rückführungseinrichtung wieder direkt in den Produktionsprozess eingeleitet. Auch bei der Herstellung von Sondermaßen und -formen entstehen somit keinerlei Abfälle.

Automatisierte Beladevorrichtungen übernehmen das Stapeln der in den Pressen hergestellten Rohlinge auf den Steinwagen. Die Steinwagen werden nahezu während des gesamten Produktionsprozesses im Heißbereich verfahren. Lediglich der kurz andauernde Beladeprozess findet außerhalb des abisolierten Heißbereiches statt. Durch diese und weitere nachstehend beschriebene Maßnahmen wird der Wärme- - und somit Energieverlust - auf ein denkbar mögliches Minimum beschränkt.

Nachdem die Steinwagen zwecks Beladung den wärmeisolierten und durch ein Schnelllauftor verschlossenen Zuführungskanal verlassen haben, werden sie nun auf kürzestem Wege in die ebenfalls vollständig wärmeisolierte und durch Schnelllauftore verschlossene Autoklaven-Vorzone eingefahren. Hier erfolgt eine weitere Aufheizung des ohnehin schon durch die Restwärme vorgeheizten Materials.

Die Produktionsanlage verfügt über 24 Autoklaven (Druckbehälter) von jeweils 43 m Länge. Hierbei ist eine gegenüber "normalen" Steinproduktionen erhöhte Pufferung eingeplant. Das ermöglicht nach Beendigung eines Bedampfungsprozesses eine hocheffiziente Wärmeableitung hin zu anderen Autoklaven, bei denen nach der Beladung ein neuer Bedampfungsprozess eingeleitet werden soll.

Das Ableiten der Steinwagen am rückwärtigen Ende des jeweiligen Autoklaven nach Beendigung des Bedampfungsprozesses erfolgt ebenfalls in einem komplett abgeschotteten, wärmeisolierten Bereich. Auch die hier eingefangene Wärme wird neu verwendet - hauptsächlich durch Umleitung in die Autoklaven-Vorzone.

Nach Ausfahrt aus den Autoklaven werden die beladenen Steinwagen von einer Verfahrenseinrichtung aufgenommen. Mittels dieser Verfahrenseinrichtung erfolgt die Ableitung in die unmittelbar angrenzende Wärmerückgewinnungshalle, welche zum Autoklavenbereich durch ein Schnelllauftor abgeschirmt ist.

Automatisierte Stahlverarbeitung

Die technische Herausforderung bei der automatisierten Verarbeitung von Betonstählen liegt nicht in der Entwicklung von Betonstahlverarbeitungsmaschinen. Solche Maschinen von höchster Qualität und Effizienz sind schon heute europaweit am Markt. Aufgrund ausgeklügelter Bearbeitungssysteme hat sich EUROPAHAUS für den Einsatz von zwei Gitterschweißanlagen - eine davon kombiniert mit einer Gitterträgerschweißanlage - und zwei weiteren Gitterträgerschweißanlagen entschieden. Mittels der vorbeschriebenen Anlagen müssen durchschnittlich jährlich ca. 60 000 t exakt

definierte Bewehrungskonstruktionen hergestellt werden. Um diese großen Mengen präzise und mit hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit betonierfertig in Gießformen einzusetzen, wurden umfangreiche Handlingeinrichtungen entwickelt. Die benötigten Gießformen werden zur Beladung über Pufferstrecken herangeführt und bedarfsweise den einzelnen Beladepätzen zugeführt. Nur durch diese Mehrfach-Belademöglichkeiten konnte die erforderliche hohe Geschwindigkeit bei der Taktfolge sichergestellt werden.

Gießformen, Gießformtransport

a) Gießformen

Für den Produktionsprozess ist die Erzeugung einer Vielzahl von Betonteilen (wie z. B. Decken, Dachkonstruktionen etc.) erforderlich. Diese Teile werden in speziell entwickelten Gießformen hergestellt. Aufgrund der mit hoher Geschwindigkeit ablaufenden Arbeitsprozesse und der erforderlichen Abbindezeit wird eine große Anzahl Gießformen benötigt. So werden allein im Produktionsprozess täglich 860 Gießformen (Taktzeit 1 Minute 41 Sekunden) durchgeschleust. Weitere 140 Gießformen sind am Ende des täglichen Umlaufs in 14 Magazinen abrufbereit gespeichert. Durch diese Magazinierung wird gleichzeitig sichergestellt, dass trotz der 7 technisch unterschiedlichen Gießformtypen immer der aktuell benötigte Gießformtyp vorrätig ist und in den mit hoher Geschwindigkeit ablaufenden Prozess eingeschleust werden kann.

In umfangreicher Entwicklungsarbeit ist es gelungen, die äußeren Abmessungen aller erforderlichen Gießformtypen einheitlich auf eine Länge von 10,90 m und eine Breite von 3,40 m festzulegen. Hierbei waren besonders die Abhängigkeiten zu allen Transportmitteln des Bahn-, Straßen- und innerbetrieblichen Transportes zu berücksichtigen. Die Konstruktion aus Stahl und Kunststoff ermöglicht eine Gewichtsreduktion auf ca. 1,5 bis 2 t Eigengewicht pro Gießform.

Der Schalungsvorgang erfolgt in allen Gießformen über automatisierte Einrichtungen. Es wurden zwei unterschiedliche technische Lösungen entwickelt, und zwar sowohl mit externen als auch gießform-internen Antrieben. Anhand eines geplanten technischen Dauertests wird dann endgültig entschieden werden, welche der beiden Antriebsformen für den Produktionseinsatz Verwendung finden wird.

b) Gießformtransport

Der zeit- und zielgenaue Transport der schweren, großformatigen Gießformen sowie das mehrfach erforderliche Handling während der Transportphase lassen die hierfür erforderlichen Anlagen zu einer besonderen technischen Herausforderung werden.

Der weitläufige Transportkreislauf beginnt mit dem rechnergesteuerten Abruf eines speziellen Gießformtyps aus dem jeweiligen Magazin. Die Abgabe aus den ca. 5 m hohen Magazinschächten erfolgt an der Unterseite. Die dort installierte Greifvorrichtung setzt die angeforderte Gießform auf ein fahrerloses Transportfahrzeug, welches die Gießform zur Schalungsstation fährt. Unabhängig vom einzuschalenden Produkt läuft dort der Schalungsvorgang einschließlich Einsprühung mit Schalöl in ca. 45 Sekunden ab.

Sofort nach Beendigung des Schalungsvorgangs wird die Gießform auf die Pufferstrecke einer der acht Bewehrungsstationen eingeleitet. Sobald das Ende der Pufferstrecke erreicht ist, fährt die Gießform in die Bewehrungsstation ein und nimmt dort in max. 11 Minuten die fix und fertig vorbereitete Bewehrung sowie alle darüber hinaus

vorgesehenen Sonderausrüstungen (Transponder etc.) auf. Von der Bewehrungsstation wird die beladene Gießform dann sofort in die Übernahmestation abgeleitet.

Die Haupttransportstrecken der Gießformen werden mittels einer Elektrohängebahn (EHB) bewältigt. Eine der rd. 30 Greifeinrichtungen der EHB nimmt die bereitgestellte Gießform an der Übernahmestation auf und fährt damit in die Produktionshalle 1. Über eine Hub-/Senkstation steigt sie mit der Gießform nun bis zur Hallendecke und fährt dort in ca. 15 m Höhe zur Rohgebäudeproduktionsanlage. Auf dem Weg zur Betonieranlage erreicht sie nach kurzer Fahrt eine weitere Hub-/Senkstation, in welcher sie die Gießform auf dem oberen Abschluss der Rohgebäudeproduktionsanlage abstapelt. Jeder Stapel umfasst sechs Gießformen. Über eine Flurfördereinrichtung werden diese Stapel in ca. 5,25 m Höhe zur Betonieranlage gefahren.

Jeweils zwischen zwei der insgesamt acht Betonierkammern befindet sich eine weitere Hub-/Senkstation. Jede der vier Stationen ist in der Lage, bis zu drei Stapeln (18 Gießformen) aufzunehmen. Am untersten Punkt der Hub-/Senkstationen werden die Gießformen über Greifeinrichtungen an eine automatisierte Verfahreinrichtung abgegeben, welche die Gießform für den Betoniervorgang in die Betonierkammer einfährt.

Nach dem Betoniervorgang und der daran anschließenden erforderlichen Zeitspanne für das Austrocknen des Betons in einer der großen Pufferanlagen der Rohgebäudeproduktionsanlage wird die Gießform entleert und im Anschluss daran sofort von einer Greifeinrichtung der EHB aufgenommen, in die Gießformreinigungsanlage verfahren und dort abgesetzt. Zum Reinigungsprozess fährt die Gießform auf einer Flurfördereinrichtung durch die Reinigungsanlage bis hin zum Übergabeplatz. Dort wird sie erneut von der EHB aufgenommen und zu einer Hub-/Senkstation verfahren, über die die nunmehr gereinigte Gießform bis zur Hallendecke hochgefahren und dann auf einem der vorbestimmten Gießformmagazine abgesetzt wird. Von diesem Aufsetzpunkt aus taktet das Magazin die Gießform von oben nach unten durch, bis - prozessgesteuert - der vorbeschriebene Kreislauf erneut beginnt.

Steinvereinzlungs- und Kommissionieranlage (SVK) Die Entwicklung dieser Großanlage stellte ebenfalls eine ganz besondere technische Herausforderung dar. In dieser Anlage wird der von Volumen und Gewicht größte Materialfluss eingeleitet und nach dem Durchlauf über technisch anspruchsvolle Systeme nach komplizierten prozesstechnischen Vorgaben abgeleitet.

Die Maximalleistung der Anlage ist auf einen Durchsatz von 3 000 t täglich bei max. 107 520 Arbeitstakten ausgelegt. Die Materialzuführung erfolgt wahlweise über interne Zulieferung aus werkseigener Steinproduktion und/oder externe Steinzulieferung aus Fremdproduktionen. Alle gängigen Steinsorten können verarbeitet werden. Voraussetzung hierfür ist nur eine gerade Aufstandsfläche an der Steinober- und -unterseite. Produktionsbedingte geringfügige Toleranzen sind dabei unerheblich.

Die interne Steinanlieferung erfolgt über die Zuleitung durch die Wärmerückgewinnungshalle. Nach der Durchfahrt durch diese Halle wird der beladene Steinwagen auf ca. 5,50 m Höhe angehoben und in eine Handlingsvorrichtung eingefahren. Die "auf Lücke" stehenden Steine werden nun zu einem Paket zusammengeschoben, um 180° gedreht und auf eine Stahlpalette aufgesetzt. Das maximal mögliche Gewicht darf hierbei 9,5 t nicht überschreiten. Die Palette wird flurgefördert auf einen Übergabeplatz gestellt, von wo aus sie eines der beiden Regalbediengeräte der

SVK-Anlage übernimmt und in das von der Prozesssteuerung vorgegebene Magazin einfährt. Der gesamte Verfahr- und Übergabeprozess findet ausschließlich in wärmeabgeschirmten Bereichen statt, damit die noch ca. 90° warmen Steine ihre gespeicherte Wärme nicht unkontrolliert abgeben.

Für die Aufnahme extern angelieferter Steine fährt der anliefernde Lkw in die Lkw-An- und Auslieferungshalle. Dort befindet er sich auf einer Wendeplatte, wird um 180° gedreht und dabei so an die Entladeanlage angedockt, dass über die beiden Regalbediengeräte ein voll beladener Lkw in ca. 90 bis 120 Sekunden vollständig entladen wird.

Der Magazinteil der SVK-Anlage umfasst 78 Magazine, von denen 77 der Steinzuführung und eins der Stahlpalettenrückführung dient. Maximal können 24 500 t Steine zugeladen werden. Da die Steine beim Beladen der Magazine in der Regel noch eine erhebliche Produktionswärme gespeichert haben, erfolgt auch im Magazinteil eine kontinuierliche und gezielte Wärmeableitung. Diese reicht beispielsweise aus, um während der kalten Jahreszeit den kompletten Heizwärmebedarf der gesamten Werksanlage abzudecken. Auch dieser Wärmerückgewinnungsvorgang stellt eine bedeutsame Umweltschutz-Maßnahme - verbunden mit erheblichen ökonomischen Vorteilen - dar.

Alle 77 Steinmagazine haben technische Einrichtungen zur kommissionierfähigen Ableitung der Steine in den Produktionsprozess. Die Vereinzelnung erfolgt über handelsübliche Bandsysteme, die über Umlenkungen und ein aus acht Einzelanlagen bestehendes Paternostersystem die kommissionierten Steine auf acht anschließenden Bandsystemen der Rohgebäudeproduktionsanlage zuführen.

Die Ableitung der Steine wird an allen Magazinausgängen, Bandendpunkten, Umlenkstationen, in den Paternostern und Bandübergaben von prozessgesteuerten Kameras überwacht. Auf diese Weise wird z. B. sichergestellt, dass jeder beschädigte Stein rechtzeitig erkannt und vor Einleitung in die Mauerstation ausgeschleust wird. Die in einem solchen Falle erforderliche Ersatzeinschleusung erfolgt durch Vorrichtungen in der Mauerstation.

Rohgebäudeproduktions-Anlage (RGP-Anlage)

Die RGP-Anlage ist das Herzstück der EUROPAHAUS-Entwicklung. Die über Patente und zahlreiche Einzelansprüche mehrfach abgesicherte Anlage weist gewaltige Parameter auf. Mit ihrer Außenabmessung von 431 m Länge, einer mittleren Breite von 37,50 m und einer Höhenabwicklung von 5,20 m bis 17,00 m wird sie von ihren Entwicklern auch gern als "weltgrößte Baumaschine" bezeichnet. Der ausgelegte Maximal-Tagesdurchsatz beträgt 6 500 t Rohbaumaterial (Steine und Beton). Die gesamte Anlage ist vollautomatisiert und wird von einem außerhalb positionierten Leitstand überwacht und im Bedarfsfall gesteuert.

Die Gesamtanlage gliedert sich in zwei Produktions- und vier Puffer-Bereiche:

- Betonieranlage
- Vermauerungs-Anlage
- Raumzellen- und Sonderbauteil-Puffer
- Sockel- und Kronenbalken-Puffer
- Dach- und Deckenpuffer
- Wandpuffer.

Außerdem sind eine Anzahl mittlerer und kleinerer Nebenanlagen in die Gesamtanlage integriert. Die hauptsächlichen Aufgaben dieser Nebenanlagen bestehen in der Durchführung von Produkt-Ergänzungsprozessen und speziellen Betriebsmittel-Transporten an Schnittstellen innerhalb der RGP-Anlage.

a) Betonieranlage:

Die Betonieranlage besteht aus acht unabhängig voneinander arbeitenden Betonierstationen mit gleichen Leistungsparametern. Jede Betonierstation ist mit einem leistungsfähigen Rütteltisch ausgestattet. Der Betoniervorgang erfolgt in kontinuierlicher Arbeitsweise und wird von einem Portalroboter ausgeführt. Die Oberflächenglättung des Betons erfolgt ebenfalls durch einen Roboter. Er wird über sensorische Oberflächenvermessung gesteuert, wodurch eine extrem genaue Höhe und Gleichmäßigkeit der zu produzierenden Betonteile ermöglicht wird. Nach Beendigung des Betoniervorgangs untersucht die Anlage in einem speziellen Verfahren die Gießform auf absolute Sauberkeit. Eventuelle Betonspritzer an den Außenseiten der Gießformen und den Stapelaufgaben werden restlos beseitigt.

Nach dem Betoniervorgang verlässt die Gießform durch das Ausfahrtstor über eine Flurförderanlage die Betonierstation, während über das Zufahrtstor die nächste bereits bereitgestellte Gießform eingeschleust wird. Die nunmehr in der Betonieranlagen-Ableitungshalle befindliche frisch betonierte Gießform wird von einer der beiden dort arbeitenden automatisierten Krananlagen aufgenommen, auf eine der jeweils vorgesehenen Übergabeplätze verfahren und von dort entweder in den Puffer für Sockel- und Kronenbalken oder den Puffer für Dach- und Deckenelemente abgeleitet. Die Betonieranlage ist bei Volllastbetrieb in der Lage, täglich bis zu 1 850 m³ Beton nach speziellen, individuellen Rezepturen zu mischen und zu verarbeiten.

b) Vermauerungs-Anlage

Nachdem die zu vermauernden Steine die SVK-Anlage - exakt kommissioniert nach Mauerschichten bzw. Einzelsteinen - verlassen haben, werden sie über Pufferbänder direkt in die Vermauerungsanlage eingefahren. Über Einzelbänder und Umlenkstationen fahren die Steine jeweils lagenweise zu den von der Prozesssteuerung vorher bestimmten Verarbeitungsplätzen. Insgesamt 21 Roboter nehmen die für die Vermauerung vorpositionierten Steine auf und versetzen diese mit hoher Geschwindigkeit in den herzustellenden Bauteilen. Die Roboter arbeiten mit hoher Präzision. Ihre Wiederholgenauigkeit liegt bei 0,2 mm, was allerhöchste Qualität bei der Verarbeitung des Mauerwerks garantiert. Wenn eine Steinlage vermauert ist, nutzen die Roboter die Zeit bis zum Heranfahen der nächsten Steinlage für das Aufbringen der erforderlichen Mörtelschicht. Die Roboter können ihre Arbeit immer in nahezu gleicher Höhenlage verrichten, da das zu erstellende Mauerteil gemäß seinem Anwachsen beständig abgesenkt wird. Nach Beendigung der Vermauerungsarbeit werden die frisch erzeugten Bauteile durch ein fahrerloses Transportfahrzeug entweder in den Wand- oder Raumzellen- und Sonderbauteil-Puffer verfahren.

c) Pufferanlagen

Alle vier Pufferanlagen funktionieren nach dem gleichen Prinzip: Die frisch hergestellten Bauteile werden über einen Beladeplatz dem Puffer zugeführt. Der Puffer taktet diese Bauteile über einen Zeitraum von 16 bis 24 Stunden von einem Pufferende zum anderen. Dort werden dann die Bauteile zur Weiterverarbeitung entnommen. In den Puffern

herrschen ideale Bedingungen bezüglich der Trocknungs- und Abbindeprozesse. Die vorher exakt berechneten Daten für Wärme und Feuchtigkeit werden permanent überprüft und gemäß den Messergebnissen ununterbrochen genauestens eingestellt. Für den Transport der in die Puffer eingeführten Bauteile wurden zwei technische Lösungen - basierend auf Luftkissenteknik und Hydraulik - entwickelt. Beide Lösungen werden vor Auftragsvergabe technischen Vergleichstest unterzogen, um die optimale Lösung festzulegen. Die Pufferanlagen gehören zu den "Giganten" der Anlage: Der kleinste Puffer taktet bei jedem Arbeitsgang bis zu 1 700 t; beim größten Puffer sind es bei jedem Arbeitsgang bis zu 8 000 t.

Montageanlagen

Sobald die Bauteile die Pufferanlagen verlassen haben, werden sie in die Montageanlagen überführt. Jeder Montageanlage vorangestellt ist eine Bohr- und Fräskammer, in welcher alle notwendigen Bohr- und Fräsarbeiten, aber auch die Montage von Befestigungsmaterial wie Schrauben, Dübeln, Befestigungsunterteilen durchgeführt werden. Die für diese Arbeiten eingesetzten Roboter können bei Bedarf einen automatischen Werkzeugwechsel vornehmen und somit Arbeiten in großer Bandbreite durchführen. Sie kooperieren miteinander und sind auch in der Lage, bei Ausfall eines Nachbarroboters dessen Arbeit ganz oder teilweise mit zu übernehmen.

Die bei ihrer Arbeit entstehenden Staubemissionen werden über am Roboterarm mitgeführte Absauganlagen bereits am Ort ihres Entstehens eliminiert. Auch die entstehenden Bohr- und Frästäube werden gesammelt, in die Sand- und/oder Kiessilos zurückgeführt und von dort aus wieder in den Produktionsprozess eingebracht.

Nach Beendigung des Arbeitsprozesses in der Bohr- und Fräskammer werden die betroffenen Bauteile in die Montageanlagen abgeleitet. Hier werden alle Bauteile bis zum gebrauchsfertigen Zustand vervollständigt. Die Montagearbeit besteht aus einer Mischung von Hand-, Maschinen- und Roboterarbeit. Ausnahme hierbei ist lediglich die Wandmontage: In dieser Anlage erfolgt die vollständige Bauteilfertigstellung vollautomatisch. Lediglich am Ende dieser Anlage wird vor Ableitung in die Verladung eine normale Sichtkontrolle durchgeführt.

Produktverladung

Die Produktverladung gliedert sich in zwei Bereiche:

- Verladung der Produkte in Transportcontainer
- Verladung der Transportcontainer auf Bahnwaggons und/oder Auflegerfahrzeuge.

Für den Produkttransport wurden spezielle Container entwickelt, die sowohl bahn- als auch straßentransporttauglich sind. Trotz der sehr unterschiedlichen Produktabmessungen ist es gelungen, mit zwei Container-Typen den gesamten Verladebedarf abzudecken. Beide Containertypen beruhen auf einem Grundtyp gleicher Abmessung. Ein Containertyp ist in der Länge, der zweite in der Breite teleskopierbar. In dem längenverstellbaren Container werden die Produkte (Wände, Dächer) stehend transportiert. Der breitenverstellbare Container dient für den Transport von Decken, Raumzellen und Sonderbauteilen.

Die Entnahme eines leeren Containers aus dem Containerpufferlager leitet den Verladeprozess ein. Die Entnahme erfolgt durch ein Luftkissenfahrzeug, welches den leeren Container auf einer Hubplattform abstellt. Gemäß den auf den Arbeitsbildschirmen

eingezeichneten Transportmaßen wird der Container nun bedarfsgerecht in Längs- oder Querrichtung teleskopiert. Nach Beendigung des Teleskopiervorganges senkt die Hubplattform den Container ca. 2 m tief ab. Dann wird der Containerdeckel pneumatisch geöffnet.

Zwischenzeitlich hat der Verladekran das zu verladende Produkt aufgenommen und fährt damit über den geöffneten Container. Mit seinen Positioniereinrichtungen senkt er das Bauteil millimetergenau auf den im Container vorgesehenen Stand- oder Liegeplatz ab. Dieser Beladevorgang erfolgt völlig pendelfrei; die Seile des Verladekrans werden über einen Computer angesteuert. Nach dem Aufsetzen stehender Produkte (Wände, Dächer, Raumzellen, Sonderbauteile) werden diese von Hand verriegelt und transportgesichert. Danach wird der Containerdeckel pneumatisch geschlossen.

Die Hubplattform hebt den - durch die Beladung mittlerweile bis zu 40 t schweren - Container wieder auf sein ursprüngliches Niveau. Das Luftkissenfahrzeug nimmt den Container auf und fährt mit ihm zu einem der jeweils in unmittelbarer Nähe liegenden Zufahrtstore der Bahnverladehalle. An jedem dieser Tore befindet sich eine Transponderstation, welche die Daten des Transportcontainers registriert. Auch die Daten aller Grundbauteile - die ebenfalls mit Transpondern ausgestattet sind - werden eingelesen. Der nachgeschaltete Rechner gleicht nunmehr diese Daten mit den Transport- und Montageplänen ab und errechnet so die Verladeposition des Containers. Jetzt öffnet sich das Schnelllauftor, das Luftkissenfahrzeug fährt in die Bahnhalle ein, setzt den Container auf einem Übergabepplatz ab und verlässt die Bahnverladehalle wieder. Während sich das Tor der Bahnverladehalle wieder schließt, wird der abgestellte Container von einem weiteren fahrerlosen Transportfahrzeug übernommen und in der rd. 700 m langen Bahnhalle zu dem vom Rechner vorbestimmten Verladeplatz gefahren und dort abgesetzt.

Alle für den Containertransport bestimmten werkseigenen Güterzüge werden vom zentralen Leitstand über GPS (global position system) ständig kontrolliert. Die auf der Rückfahrt befindlichen Züge werden nach einem festen System auf ihren Beladezustand überprüft. Aus dieser Überprüfung werden automatisch die Entladedaten generiert. Jede der 32 großen Be- und Entlademaschinen in der Bahnhalle hat somit exakte Rechnerinformationen über die von ihr durchzuführenden Aufgaben, sobald ein Zug zur Entladung und anschließenden Neubeladung in die Bahnhalle eingefahren ist.

Alle Be- und Entlademaschinen sind Luftkissenfahrzeuge und somit völlig frei verfahrbar. Sobald ein Zug eingefahren ist, sucht jedes Fahrzeug über einen Infrarotstrahl den für seine eigene Positionierung erforderlichen Referenzpunkt am Bahnwaggon. Hat es diesen erreicht, dockt es fest an den Bahnwaggon an, fährt mit seinen Ladezungen unter die auf dem Bahnwaggon stehenden leeren Container und lädt diesen auf seine eigene Ladefläche um. Der leere Container wird sofort auf einen vorgesehenen Übergabepplatz gefahren und dort abgesetzt. Als nächstes fährt das Fahrzeug zu dem für die Beladung bereitgestellten Container, nimmt diesen auf und belädt hiermit den Bahnwaggon. Auf diese Weise wird in einem Zeitraum von knapp 10 Minuten ein kompletter Zug entladen (Leercontainer) und anschließend mit bis zu 1 400 t Fracht abfahrfertig beladen.

Wird ein Container mittels Lkw abtransportiert, nimmt ein gesondertes fahrerloses Transportfahrzeug diesen vom Übergabepplatz in der Bahnhalle ab und fährt in die Produktionshalle 2 ein. Jeweils rechts und links neben der SVK-Anlage befinden sich eine Aus- und Einfahrtstraße für Containertransporte. Auf der westlich gelegenen

Fahrbahn wird der Container nun in die Lkw-An- und Auslieferungshalle transportiert und dort auf den Lkw-Aufleger zum Abtransport aufgesetzt. In umgekehrter Reihenfolge läuft die Entladung leerer Container zur Ableitung in die jeweiligen Container-Puffer.

Außerbetrieblicher Transport, externe Montage

Der außerbetriebliche Transport findet auf zweierlei Weise statt: Bahn- und Lkw-Transport.

Aufgrund des enormen Transportvolumens sowohl bei der Anlieferung von Schütt- und Schwerlastgütern als auch beim Abtransport der fertigen Produkte ist die richtige "Transportlösung für die Strecke" ein gut organisierter Bahntransport, welcher beim "Verteilen in der Fläche" durch einen Lkw-Transport sinnvoll ergänzt wird.

a) Außerbetrieblicher Transport

Um ein technisch reibungsloses Zusammenspiel zwischen beiden Transportsystemen auf Basis der durch die Produktion bedingten Vorgaben zu ermöglichen, musste eine Anzahl von Sonderentwicklungen durchgeführt werden. Kern dieser Entwicklungen war die übereinstimmende technische Ausstattung von Bahnwaggons und Sattelauflegern. Besonders zu berücksichtigen waren hierbei die Straßenraum- und Bahntransport-Profile. Übereinstimmung musste aber auch bei der Ausstattung mit Versorgungs- und Kommunikationsmedien wie z. B. Strom, Luftdruck, Video- und Datenübertragung hergestellt werden.

Sowohl die Straßenfahrzeuge als auch die Bahnwaggons sind technisch auf das Modernste ausgestattet: Scheibenbremsen, Luftfederung, Laderaumbeheizung (Container), Mittelpufferkupplung, Drehgestelle, lenkbare Hinterachsen gehören ebenso dazu wie ein modernes GPS, kombiniert mit Video- und Transponder-Technik. In Verbindung mit einer umfangreichen Diagnosetechnik ist somit sichergestellt, dass zwischen dem zentralen Leitstand im Werk, allen Bahn- und Straßenfahrzeugen sowie den Montage-Baustellen komplexe Kommunikationsmöglichkeiten bestehen.

Letztlich musste in der Abstimmung der Gesamtplanung noch sichergestellt werden, dass bei allen Ladeflächen (auf den Lademaschinen, Bahnwaggons, Sattelauflegern und externen Umladefahrzeugen) die gleiche Konstruktion eingebaut wird und diese jeweils mit den gleichen technischen Umladevorrichtungen ausgerüstet ist.

b) Externe Montage

Der aus 33 Waggons bestehende Transportzug wird in der Regel auf "freier Strecke" entladen. Hierbei kann es sich z. B. um Nebengleise, Werksgleise oder wenig befahrene Nebenstrecken handeln. Das für die Umladung der Container erforderliche Umladefahrzeug wird mit jedem der ca. 700 m langen Züge auf einem speziellen Waggon mitgeführt. Dieser Waggon ist zugleich das Verbindungsfahrzeug zwischen den mit normalen Puffern ausgestatteten E-Loks und den mit Mittelpufferkupplung ausgestatteten werkseigenen Waggons.

Das Umladefahrzeug wird ohne Fremdhilfe von seinem Transportwaggon heruntergefahren. Nach dem gleichen technischen Prinzip, welches bei der Bahnverladung im Werk angewendet wird, dockt das Fahrzeug an den Waggon an, übernimmt die Fracht (Container), fährt zum bereitstehenden Lkw, wo sich der

vorbeschriebene Vorgang in umgekehrter Folge wiederholt. Der Lkw fährt nach Beendigung des Beladevorgangs sofort zur vorgesehenen Montage-Baustelle.

Die Montage-Baustelle wurde bereits vor Produktionsbeginn vorbereitet. Erst nach Fertigstellung aller Vorbereitungsarbeiten und deren technischer Abnahme wird der Produktionsauftrag im Werk freigegeben. Zu den Vorbereitungen gehören insbesondere die Ausschachtungs- und Gründungsarbeiten, der Bau des Kellers, Anbringung der Isolierung gegen Erdfeuchte, Einbau der Drainage und Verfüllung der Arbeitsräume. Der Keller verfügt zu diesem Zeitpunkt noch nicht über eine Decke. Da die Bodenbefüllung demnach vor dem Einbau der Kellerdecke erfolgt, ist eine besondere Ausformung der oberen Keller-Außenwände erforderlich, damit jeglicher Gebäudeschaden durch die vorherige Arbeitsraumverfüllung und den damit verbundenen Erddruck vermieden wird. Die vorerwähnte Ausformung dient - außer zur Kellerwand-Aussteifung - zur Aufnahme des zu montierenden Gebäudes. Hierzu gehört auch die Kellerdecke. Diese ist nämlich - ebenso wie das komplette übrige Gebäude - auf Lebensdauer passiv reaktionsfähig und somit ein "intelligentes" Bauteil.

Die Gebäudemontage beginnt mit dem Transport der Montageanlage auf drei großen Auflegerfahrzeugen zur Baustelle. Dort baut sich die Anlage unter Zuhilfenahme ihrer hydraulischen Antriebe selbsttätig auf. Durch eine bestimmte Abfolge im Aufbau zieht sie sich hierbei selbsttätig eine Einhausung aus hochreißfestem, lichtdurchlässigem Stoff über die Konstruktion. Hierdurch entsteht eine witterungsgeschützte und beheizbare Montagehalle.

Die für den Transport eingesetzten Lkws bringen nun die beladenen Container in der für die Montage erforderlichen Reihenfolge zur Baustelle. Zur Entladung fahren die Lkws einzeln in die Montage-Einhausung. Sobald ein Lkw innerhalb der Einhausung zum Stillstand kommt, wird er von der oberhalb seines Standortes fahrenden Krananlage vermessen, um festzustellen, ob er ausreichend waagrecht positioniert ist, damit die in den Containern befindliche Fracht gefahrlos und beschädigungsfrei herausgezogen werden kann. Fällt die Vermessung positiv aus, wird der Containerdeckel pneumatisch geöffnet. Gemäß den Vorgaben der rechnergestützten Montageplanung "sucht" der Montagekran nunmehr die Bauteile in der vorbestimmten Reihenfolge heraus, greift sie mit automatisiertem Anschlag und hebt sie aus dem Container. Das Herausheben ebenso wie das anschließende Verfahren der Bauteile erfolgt völlig pendelfrei, sichergestellt durch die rechnerausgesteuerten Hubseile.

Am Ende der Verfahrstrecke stellt der Montagekran das jeweils zu transportierende Bauteil millimetergenau an seinem endgültigen Standort ab. Erst danach erfolgen die ersten Montagearbeiten von Menschenhand. Zu Beginn der Montage wird als erstes die Kellerdecke montiert. Danach werden Lasttraversen aufgesetzt, auf denen nun als nächstes das Dach montiert wird. Sobald das Dach fertig montiert ist, wird es mittels vorerwählter Lasttraversen unter das Dach der Einhausung hochgezogen und dort hydraulisch arretiert. Die Montagekrananlage transportiert nun unterhalb des Daches alle benötigten Gebäudeteile. Ist das Gebäude fertig montiert, wird als letztes das bereits fix und fertig montierte Dach mittels der Lasttraversen auf das Gebäude abgesenkt und fest verbunden.

Der gesamte vorbeschriebene Montagevorgang dauert - bei ca. 120 bis 180 m² Wohn- und/oder Nutzfläche - ca. 3 1/2 Stunden. Für das anschließende Finish ist dann noch maximal ein weiterer Arbeitstag erforderlich.

Option: Eigenständige Energieerzeugung

Das geplante Werk hat große Energiebedarfe. U. a. ist die Bereitstellung von ca. 180 000 bis 210 000 t Dampf (230° heiß bei einem Betriebsdruck von 18 bar) jährlich erforderlich.

Die vorbildliche ökologische Ausrichtung der gesamten Produktion führte zu der Überlegung, auch im Energieversorgungsbereich ökologisch vorbildliche Lösungen zu schaffen. Nachdem eine Versorgung mit Bio-Brennstoff ermöglicht werden konnte, wurde eine Vorplanung für ein Biokraftwerk mit einem Leistungsvermögen von 68 MW Feuerungswärmeleistung durchgeführt. Durch das geplante Leistungsvolumen und die technische Auslegung ist eine redundante Dampferzeugung sichergestellt. Die auftretenden Energieüberschüsse werden zur Stromerzeugung verwendet. Zurzeit wird an weit reichenden Konzepten zur Verwendung der Rest-Abwärme gearbeitet.

Da die Kosten für eine solche Energieversorgung (geschätzt derzeit ca. 35 Mio. €) im Gesamtfinanzierungskonzept nicht enthalten sind, finden zur Zeit mit bedeutenden Stromversorgern Verhandlungen über eine Contracting-Lösung statt.

Beispielhaussiedlung

EUROPAHAUS verfügt mittlerweile über rd. 1 000 patentfähige Innovationen. Die nach Einschätzung seiner Entwickler bedeutendste wird durch das Wort "Beispielhaussiedlung" symbolisiert: Eine nahezu völlig flexible Produktionsweise für Gebäude, und zwar nicht nur die Innenausstattung sondern auch die Architektur betreffend. Die Serienproduktion eines Haustyps ist für eine preiswerte Produktion nicht mehr erforderlich. EUROPAHAUS ist in der Lage, individuell gestaltete Häuser in Losgröße 1 hochwirtschaftlich zu produzieren.

Die im südöstlichen Bereich des Werksgeländes geplante "Beispielhaussiedlung" wird hierfür der Beleg sein. Im Rahmen eines Wettbewerbs wird einer Vielzahl von Architekten die Möglichkeit eingeräumt, einen kreativen und völlig individuellen Hausentwurf beizusteuern.

Für die technischen Mitarbeiter von EUROPAHAUS bedeutet die Produktion dieser "Beispielhaussiedlung" - geplant als Null-Serie - zugleich der Probelauf und Härtetest für zukünftige Herausforderungen und Höchstleistungen.