

Robotergestützte Automation in der Element-Produktion

Stefan Jack
Güdel AG
Langenthal, Schweiz



Robotergestützte Automation in der Element-Produktion

1. Einführung

Die Firma Güdel ist ein weltweiter Lieferant von Automationslösungen für die Luft- und Raumfahrt, den Automobil-Bereich, die Bahntechnik, erneuerbare Energien sowie für Medizin und Intralogistik. Mit 1'200 Mitarbeitern sind wir in 30 Ländern vertreten und erwirtschaften einen Umsatz von 310 Mio. Schweizer Franken jährlich. Wir stellen diverse Synergien fest zwischen unseren Logistiklösungen und dem Holz- und Elementbau. In diesem Markt findet eine zunehmende Automatisierung bei der Zuführung der holzbearbeitenden Maschinen statt. Sie ist jedoch meist nur eine inselartige Automation und keine durchgängige Verkettung der Prozesse durch eine ganze Produktionshalle hindurch. Das heisst, Balken und Platten werden manuell bewegt und zwischengepuffert. Viele Herstellungsschritte werden händisch ausgeführt, was viel Zeit in Anspruch nimmt. Vor allem bei mittelständischen Betrieben nimmt der Effektivitätsdruck ständig zu, sodass mittelfristig eine Reduktion der Stückkosten und somit Steigerungen des Ausstosses notwendig sind. Auch der steigende Fachkräftemangel und das Mitgestalten der Innovation im Holzbau sprechen für die Investition in Automation. Damit sind unsere Kunden auf dem aktuellsten Stand der Technik, was gleichzeitig ein Verkaufsargument bei Investoren und Bauherren ist.

Analysen von Kundendaten haben gezeigt, dass mit unseren Lösungen der Durchsatz im Elementbau bis zu 44 % erhöht werden kann. Als Basis stand ein Werk mit automatischem Abbund, Automation beim Leimen, Heften, Schrauben und Besäumen der Elemente. Die übrigen Arbeitsschritte sind manuell gefertigt. Dieser Ausgangszustand wurde mit der maximal sinnvollen Automation verglichen.

Dieses Referat behandelt zunächst die Ziele, die die Robotergestützte Automation in der Element-Produktion verfolgt. Anschließend nennt es wesentliche Voraussetzungen um Automation einzusetzen. Danach wird die Problemstellung aufgezeigt, die im robotergestützten Elementbau zu lösen ist. Zum Schluss werden konkrete Beispiele zur Umsetzung beschrieben und ein Fazit gezogen.

2. Ziele

Im Elementbau sind folgende Ziele zentral, die jede Lösung bieten soll:

- Erhöhung der Produktivität bei gleichbleibender Fläche
- Fertigung individueller Teile, Losgrösse 1
- Flexibilität, d.h. möglichst keine Einschränkung in der Konstruktion
- Hohe Qualität und genaue Einhaltung von Terminen durch bekannte Fertigungszeiten
- Systemgestützter sauberer Logistikprozess durch vollständige Information über das verfügbare Material und damit Reduktion des Verschnitts von Balken und Platten

3. Voraussetzungen

Damit die oben genannten Ziele erreicht werden können, sind Voraussetzungen zu erfüllen. Das Wichtigste ist, die Arbeitsweise beim Kunden genau zu verstehen, um die einzelnen Prozessschritte abbilden zu können. Die zeitlich koordinierte Planabgabe des Architekten an den konstruierenden Holzbauer ist dabei genauso wichtig wie die Bereitstellung des Materials, die Fertigung selbst und die termingerechte Ablieferung der Elemente an die Baustellen. Natürlich wird sich die Arbeitsweise einer Firma an eine automatisierte Fertigung anpassen müssen, doch die neuen Prozesse sollen von den Mitarbeitern und dem Management

akzeptiert und auch erfüllbar sein. Das bedeutet, die Organisationsentwicklung des Kunden und die Automatisierung müssen gut auf einander abgestimmt sein. Ein Beispiel einer Automationslösung wird in Abbildung 1 gezeigt.

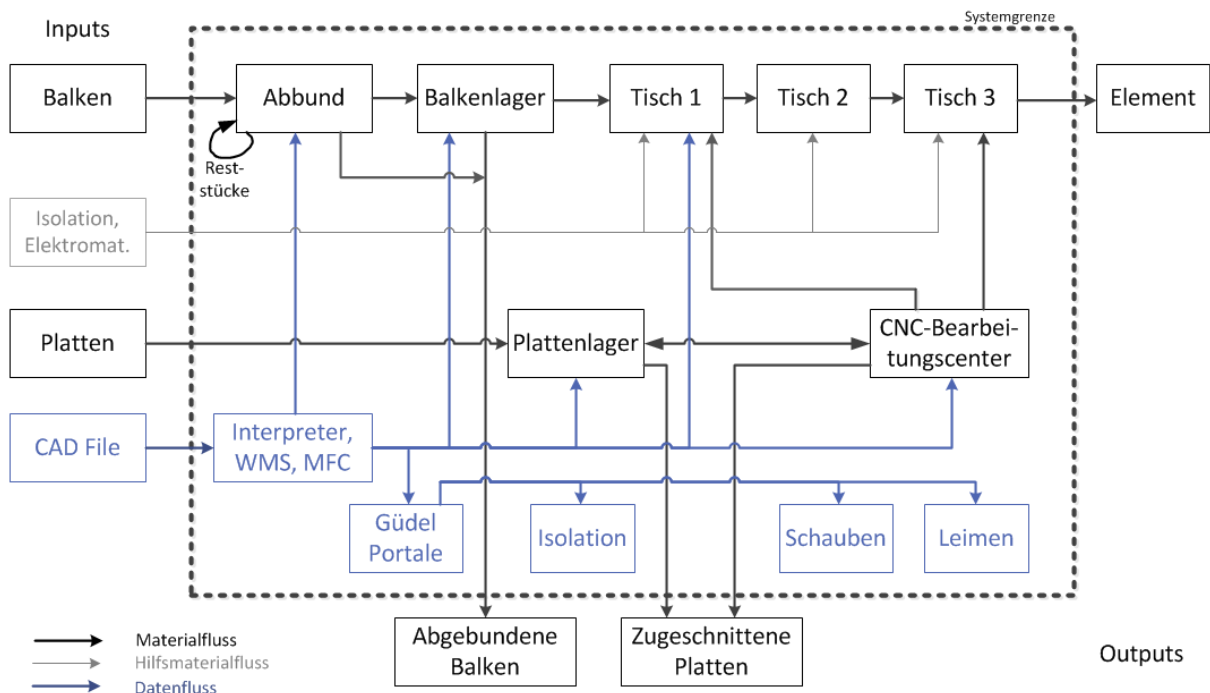


Abbildung 1: Darstellung einer Robotergestützten Automation als System
WMS bedeutet Lagerbewirtschaftung, MFC Materialflusskontrolle

In der Planung wird das System definiert, was genau dazu gehört und was nicht. Dieses bezeichnet die Gewerke, die Funktionen übernehmen, die Teile, die verarbeitet werden sowie diejenigen, die als Resultate entstehen. Anschliessend beschreiben wir gemeinsam mit dem Kunden die Prozesse und messen alle aktuellen Prozesszeiten. Zusätzlich legt der Kunde fest, welche Prozesse automatisiert werden und welche manuell verbleiben. Beide Informationen bilden die Basis für eine Simulation, siehe Abbildung 2. Das Simulieren einer komplexen Anlage ist ein mehrstufiger Prozess, bei dem das Anlagenlayout ständig verfeinert wird. Dieses Vorgehen gibt dem Kunden die nachgewiesene Gewissheit, dass die Gesamtleistung der geplanten Anlage erreicht wird und reduziert uns als Leistungserbringer das Risiko.

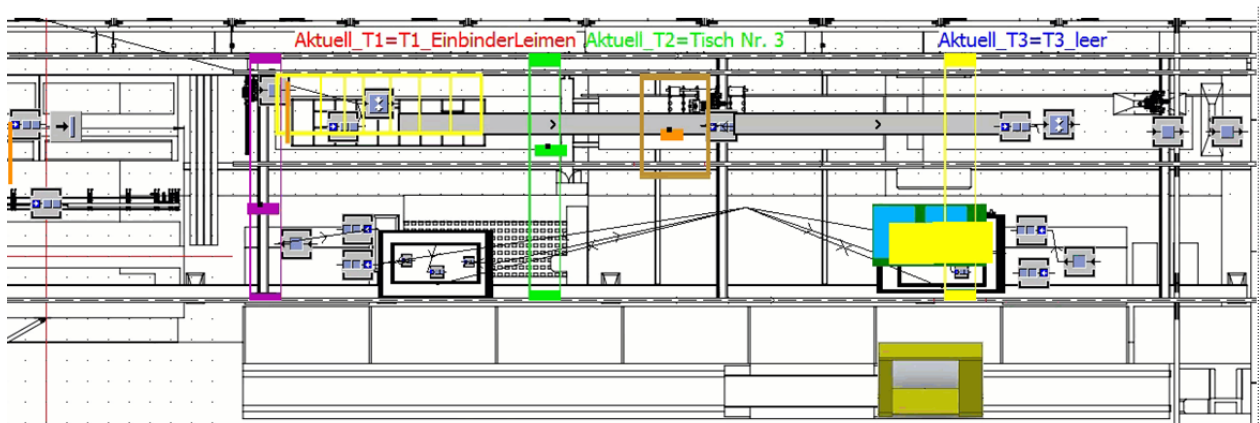


Abbildung 2: Simulation einer Kundenanlage auf Basis eines Anlagenlayouts

Der Abgabetermin der Konstruktion gegenüber der Fertigung muss mit festen Übergabekriterien festgelegt werden. Es empfiehlt sich, auch den Planungsabschluss gegenüber dem Architekten zu terminieren, damit die Konstruktion ihre geregelte Durchlaufzeit hat. Hier wird davon ausgegangen, dass der Holzbauer die Konstruktion und Elementierung der Gebäude selbst vornimmt.

Die Durchgängigkeit der Prozesskette von den Daten bis zum Halbfabrikat Wand-, Dach- oder Deckenelement muss gegeben sein. Dabei werden die CAD Daten direkt von System interpretiert und an die zuständigen Maschinen, Lager und Roboter gesandt.

Die Bedienung der Anlage muss intuitiv verständlich sein. Zur Bedienung werden weder Software-Spezialisten noch Ingenieure benötigt, sondern Schreiner und Zimmerleute, die mit einer 2-wöchigen Schulung in den rationellen Betrieb der Anlage eingeführt werden.

Damit der Zusammenbau der Elemente möglichst vollautomatisch erfolgen kann, muss die Konstruktion automationsgerecht ausgeführt sein. Das bedeutet:

- Es ist eine bevorzugt vertikale Fügerichtung, also bei der Konstruktion möglichst ohne Zapfen vorzusehen. Wenn dies wegen dem Lastabtrag trotzdem notwendig ist, wird vom System im Ablauf ein manueller Schritt eingeplant. Ansonsten ist die Schwalbenschwanzverbindung eine geeignete Verbindungsart, da sich die Balken beim Fügen automatisch zentrieren.
- Durch eine Überblattung der Ecken kann auf horizontales Schrauben verzichtet werden, was einen Prozessschritt spart.
- Der Toleranzverkettung beim Legen von Platten kann durch einen präzisen Zuschnitt oder durch einen Luftspalt zwischen den Platten entgegengewirkt werden. Dadurch entfällt das Besäumen, was einer Verschmutzung des Elementes und der ganzen Anlage vorbeugt und ebenfalls ein weiterer Prozessschritt eingespart.
- Auf den stirnseitigen Leimauftrag bei Kanten kann verzichtet werden, indem Gipsfasersplatten durch Gipskartonplatten ersetzt werden, wo dies zulässig ist.

Dies sind alles nicht zwingende, aber hilfreiche Massnahmen, um Prozesszeit und manuelle Eingriffe zu reduzieren und damit den Durchsatz einer Anlage zu steigern.

4. Problemstellung der Automation im Elementbau

Wie bei jedem automatischen System ist es wichtig, den Zufluss am Eingang genau zu standardisieren. Daten müssen auf Produzierbarkeit getestet und beigestellte Materialien mit den notwendigen Genauigkeiten positioniert werden. Das genaue Positionieren wird erreicht durch das Fahren gegen Anschläge, das Abtasten des Materials durch Lichttaster oder das 3-dimensionale Vermessen von Balken- und Plattenpaketen mit Triangulationslaser. Entsprechend können beim Zugriff schiefliegende Teile erkannt und richtig gegriffen werden.

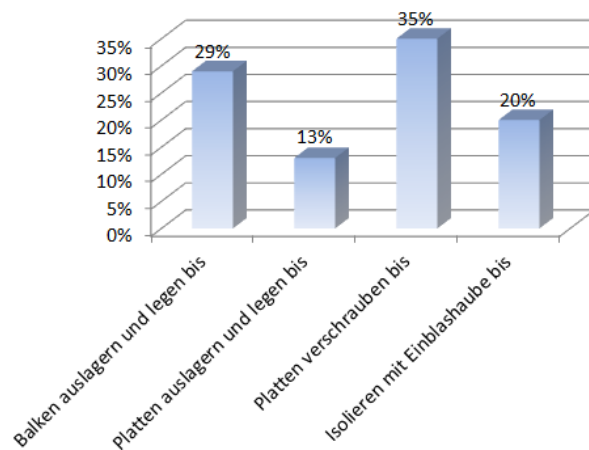
Um eine Anlage prozessstabil zu betreiben, kommt den Greifern eine zentrale Rolle zu. Für saugdichte Materialien empfiehlt sich der Einsatz von Vakuumgreifern, für Weichfasersplatten Nadelgreifer. Zusätzlich kann Prozesszeit eingespart werden, indem das Greifen mit anderen Prozessen kombiniert werden. Sinnvoll ist es, sich gegenseitige bedingende Prozesse auf demselben Greifer anzuordnen, wie beispielsweise das Heften und das Leimen auf dem Plattengreifer, weil dadurch zeitintensive Greiferwechsel vermieden werden.

Holz ist ein «lebendiges» Material: Krumme Balken vor allem bei Decken- und Dachelementen weisen oft erhebliche Abweichungen auf und müssen begradigt werden. Dazu empfehlen wird den Einsatz eines Montagetisches mit automatisch verfahrbaren Spannbackenpaaren. Dieser positioniert die offenen Spannbackenpaare an die richtige Position gemäss CAD-Datei. Der Roboter legt die Längsbalken in die Backen, die Backen spannen die Balken und begradigen diese damit. Schliesslich werden Querbalken und eine erste Beplankung gelegt und fixiert, um die Formstabilität des Elementes gewährleisten zu können. Dies funktioniert sowohl für Wand- wie auch für Dach- und Deckenelemente.

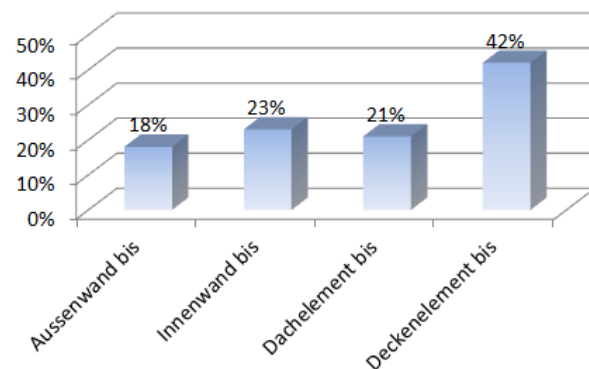
Es gibt Prozesse, deren Automation nicht wirtschaftlich ist. Bisher nicht lohnend sind Dichtungsbänder aufkleben, Elektroden und Leerrohre einsetzen, Kanten fassen, Fenster einfügen, Elemente malen und verputzen. Ein sinnvoller maximaler Automationsgrad liegt bei 75 – 80%. Wichtig ist, automatische und manuelle Tätigkeiten so wenig wie möglich zu mischen, sondern im Produktionsablauf „Inseln“ zu schaffen, wo nur automatische oder nur manuelle Aktivitäten ablaufen können.

Die Produktivität wird erhöht, indem der Durchsatz gesteigert wird. Dies ist durch das Parallelisieren von Prozessen, das Vermeiden von Wartezeiten, das Beschleunigen des Materialflusses und das Verkürzen von Bearbeitungszeiten möglich. Durch die Automation wird eine intensivere Flächennutzung erreicht, weil Zufahrtswege für Gabelstapler reduziert werden können. Je nach den herrschenden Randbedingungen kann der Kunde wählen, wie stark die Parallelisierung der Prozesse und damit die Auslagerung auf spezialisierte Maschinen gesteigert, respektive die Integration der automatischen Herstellungsprozesse bei den Montagetischen vorangetrieben wird. Falls die Steigerung des Durchsatzes zentral und der Platz vorhanden ist, werden ganze Prozesse auf eigenständige Maschinen oder Gewerke ausgelagert. Dazu werden für den Plattenzuschnitt ein eigenes CNC-Bearbeitungszentrum und für das Zwischenlagern spezialisierte Balken- und Plattenlager eingesetzt. Der Durchsatz einer Anlage optimiert sich stets, wenn das Legen von Balken und Platten, die Isolation der Elemente durch das Einblasen von Isolation und das vertikale Schrauben automatisiert werden.

Unsere Auswertung von Kundendaten hat gezeigt, dass besonders die Automation ausgewählter Prozesse für den Hauptnutzen verantwortlich ist. Der daraus resultierende Nutzen bei den Elementen ist in Abbildungen 3 und 4 dargestellt.



Abbildungen 3: Nutzen der Automation auf Prozess-Ebene



Abbildungen 4: Nutzen der Automation auf Element-Ebene

Durch eine Simulation wurde nachgewiesen, dass diese Werte noch weiter gesteigert werden können, indem das Arbeiten auf mehreren Montagetischen in Reihe parallelisiert wird. Die Tische bilden somit eine Linie.

Um Losgröße 1 fertigen zu können, muss die Flexibilität in der Ausgestaltung der Elementvielfalt aus der Konstruktion hervorgehen. Natürlich folgt die Konstruktion den Richtlinien für automationsgerechte Herstellung, darf sich innerhalb dieser aber frei bewegen. Die Anlage ist idealerweise so flexibel aufgebaut, dass sie alle Prozesse und Operationen

ausführen kann, die jemals gebraucht werden. Damit ist die Designfreiheit nicht eingeschränkt. Sollte trotzdem eine Operation fehlen, kann auf manuelle Fertigung in diesem Schritt zurückgegriffen werden.

Ein anderes Kosteneinsparpotential ist den Ausschuss im Zuschnitt zu reduzieren, sowohl bei den Balken als auch bei den Platten. Die Statistik zeigt heute bis zu 30% Verschwendung. Oft bieten deshalb Abbund-Maschinen und CNC-Bearbeitungszentren entsprechende Software, die den Verschnitt optimieren. Die zentrale Frage ist, ob der Prozess durch einen Bediener geführt werden muss oder automatisch erfolgt. Falls die Maschine dies nicht automatisch unterstützt, kann es die Materialfluss-Software stellvertretend automatisch übernehmen.

5. Anwendungsbeispiele

Bei der Automation bisher manueller Prozesse spielen viele Verbesserungen eine Rolle. Beispiele von Innovationen sind:

- Im Abbund und Plattenzuschnitt werden Maschinen für einen Fernstart umgerüstet. Die CE-Konformität wird erreicht durch das Einbinden in das übergeordnete Sicherheitskonzept. Die Ansteuerung erfolgt über die Datenschnittstelle der Maschine, die in das übergeordnete Leitsystem eingebunden wird.
- Die Lagerbewirtschaftung für Balken und Platten erfolgt vollautomatisch, ebenso für das Be- und Entladen. Das hat den Vorteil, dass der Lagerplatz sehr effizient nutzbar ist, weil mehrstöckige Lagerung einfach realisiert und jeder Lagerplatz optimal ausgenutzt werden kann. Wegen der hohen Flächenbelastung wurden Langgut-Lagersysteme aus der Metallindustrie gewählt.
- Die Daten für den Isolationsprozess werden direkt aus dem 3D-CAD-Modell generiert. Isolationsflocken ersetzen herkömmliche Isolationsmatten, die durch eine Isolationshaube in die Hohlräume der Elemente eingeblasen werden. Durch die Aufteilung der Haube in verschiedene Sektoren können einzelne Segmente angesteuert und so auch kleine Gefächer isoliert werden. Bei Dach- und Deckenelementen von über 3 m Länge erfolgt die Abgrenzung zur nächsten Einblasposition durch das Einplanen von senkrechten Trennbrettern.
- Der bestehende Maschinenpark, z. B. Abbundmaschinen, CNC-Bearbeitungszenter, Montage- und Wendetische, Multifunktionsbrücken und Lagersysteme, kann herstellerunabhängig in ein übergeordnetes System eingebunden werden, sofern die Hersteller ihre Datenschnittstellen offengelegen. Dieser grosse Vorteil schützt bereits getätigte Investitionen in Maschinen.
- Durch das modular aufgebaute Baukastensystem kann das System zu einem späteren Zeitpunkt durch weitere Prozesse erweitert werden.

6. Fazit

Die Wirtschaftlichkeit jedes Prozessschrittes ist genau abzuwägen. Es dürfen nur die lohnenden Schritte automatisiert werden.

Die Automation lohnt sich unabhängig davon, ob es sich um einen Neubau oder um Nachrüstung (Retrofit) handelt. Dabei ist aber zu beachten, dass mindestens drei Prozesse automatisiert werden sollen, damit sich der Grundaufwand von Steuerung und Software auszahlt.

Die Arbeitsweise im zunehmend automatisierten Betrieb wird sich ändern hinsichtlich

- Der terminlichen Absprache mit dem Architekten, damit der Konstruktion die benötigte Zeit zur Verfügung steht.
- Der automationsgerechten Art der Konstruktion und der Anzahl der konstruierten Gebäude, weil ein höherer Durchsatz in der Fertigung auch mehr Konstruktionsleistung voraussetzt.
- Der Ergänzung von Mensch und Maschine in der Fertigung auf die Weise, dass die Roboter die einfach zu automatisierenden Arbeiten übernehmen. Der Mensch bedient die Maschine und nimmt diejenigen Arbeiten selbst vor, die nicht wirtschaftlich zu automatisieren sind.

Durch die gute Standardisierung des Materialflusses und die wiederkehrend hohe Qualität der teilautomatischen Fertigung sind die Fertigungszeiten bekannt. Damit können Abgabetermine von Elementen, Pritschen und ganzen Gebäuden sehr genau bestimmt werden.

Bei einem Automationsprojekt ist das Know-How der beauftragten Firma zentral: von der Erstellung des Layout-Konzepts und Lastenhefts, der Simulation der Anlage, dem Engineering, zur Montage, Integration von Fremdgewerken, Inbetriebnahme, Abnahmetest und Dokumentation bis hin zu CE-Kennzeichnung. Selbstverständlich sind auch Schulung, Optimierung, Durchsatzsteigerungen und Service Dienste für den Kunden wichtig. Dafür ist die Firma Güdel der richtige Partner mit der notwendigen Erfahrung in Holz-, Elementbau und Logistik: Wir liefern Ihnen eine schlüsselfertige Anlage. Das haben wir unter anderem unter Beweis gestellt mit der Anlage, die wir für die ERNE Holzbau AG realisiert haben. Sie hat unter anderem das Dach des Arch_Tec_Lab der ETH Zürich 99.5% automatisiert gebaut, siehe Abbildungen 5 und 6.

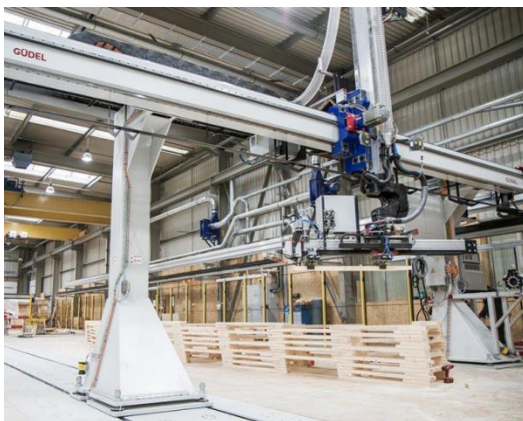


Abbildung 5: Anlage zur teilautomatischen Produktion von Elementen und Fachwerken bei der ERNE Holzbau AG



Abbildung 6: Dach des Arch_Tec_Labs der ETH Zürich