

## Virtuelle Inbetriebnahme – ein Beispiel aus der Praxis

### 1. Motivation

Die Division Finishing bei Voith Paper in Krefeld entwickelt und fertigt Rollenschneider für die Papierindustrie. Rollenschneider stellen einen wichtigen Anlagenteil im Papierherstellungsprozess dar. Ihre Aufgabe ist es, die großen und schweren Rohpapierrollen – Tambour genannt - in kleinere und leichtere Rollen zu zerschneiden. Hierfür wird das Papier vom Muttertambour (Gewicht ca. 80t, Breite bis zu 10m und Durchmesser bis ca. 4,5m) automatisch abgewickelt und bei einer Papiergeschwindigkeit von ca. 2500 m/min auf Format geschnitten und wieder aufgerollt.



### Hoher Neigungsgrad

Im Rahmen einer Neuentwicklung eines Doppeltragwalzenrollers wurde neben der Antriebstechnik auch die Steuerungstechnik komplett überarbeitet und mit neuen Funktionen ausgerüstet. Um bereits im Vorfeld der Auslieferung der neuen Anlage ein hohes Maß an Funktionssicherheit zu gewährleisten entschied man sich bei Voith Paper erstmals für die Durchführung einer virtuellen Inbetriebnahme. Ziel war es, die Inbetriebnahme effizient zu unterstützen und neue Funktionen auf Herz und Nieren zu prüfen. Diese Notwendigkeit ergibt sich auch durch die beschränkten Möglichkeiten die Anlage im Werk aufzubauen, da sowohl der vor- als auch der nachgelagerte Schritt im Papierherstellungsprozess nicht zur Verfügung stand.

Zusammen mit der ITQ GmbH aus Garching bei München startete man ein im Juni letzten Jahres mit der Sammlung der Anforderungen an ein System zur Durchführung der virtuellen Inbetriebnahme.

## 2. Anforderungen

### Keine Änderungen an der Software

Oftmals leiden Systeme zur virtuellen Inbetriebnahme daran, dass die Software in Teilen geändert werden muss um die Testbarkeit herzustellen. Dies führt in der Regel zu einer deutlich geringeren Akzeptanz bei Programmierern und Inbetriebnehmern, da die Software in diesem Fall nicht dem Auslieferungszustand entspricht. Somit war die erste Priorität bei der Festlegung der Anforderungen, dass die Software in keiner Weise geändert werden durfte. Aus Sicht der Software durfte es keine Rolle spielen, ob die Ein- und Ausgangssignale nun von der realen Maschine oder von der Simulation bereitgestellt werden.

### Echtzeitfähigkeit mit Zykluszeit unter 50ms

Da es sich bei dem eingesetzten Steuerungssystem um eine SPS handelt, ist es notwendig alle Ein- und Ausgangssignale in Echtzeit zu verarbeiten und zur Verfügung zu stellen. Eine Zykluszeit von 50 Millisekunden wurde als Anforderung notiert.

### Simulation mit realen Hardwarekomponenten

Neben der eigentlichen Steuerungssoftware sollten auch weitere Softwarekomponenten die für einen Betrieb der Anlagen notwendig sind einem Test unterzogen werden. Hierzu gehören die Bedienoberfläche auf Basis von Win CC sowie das Mobile Panel welches mit WinCC flexibel programmiert wurde. Als besondere Herausforderung ist die eingesetzte Failsafe Technologie von Siemens zu nennen, die ja als originäres Ziel hat, Fehler und Fehlverhalten zu erkennen und richtig zu reagieren. Der Steuerung hier eine Maschine vorzuspielen die real gar nicht existiert ist nicht trivial, aber machbar.

### Grafische Darstellung der Anlage auf Basis von bestehenden 3D-Konstruktionsdaten

Neben der rein funktionalen Sicht auf die Bereitstellung von Ein- und Ausgangssignalen war eine weitere Anforderung, die bereits bei Voith Paper zur Verfügung stehenden 3D Konstruktionsdaten für die Visualisierung des Anlagenverhaltens zu verwenden. Auch hier kranken viele Simulationssysteme an mangelnden Möglichkeiten einer grafischen Darstellung des Prozessablaufs. Eine Prüfung der Software ohne echte Anlagendarstellung in ihrem Verhalten ist in diesen Fällen oft nur auf Bitmusterbasis möglich und sehr aufwändig. Daneben sollte kein zusätzlicher Aufwand in die Erstellung einer virtuellen Anlage investiert werden.

### Skalierbarkeit der eingesetzten Simulationshardware

Da neben der Vielzahl von Ein- und Ausgangssignalen (>1000) auch eine ruckfreie Darstellung der 3D-Anlage ermöglicht werden sollte, legte man großen Wert auf die Skalierbarkeit der zum Einsatz kommenden Software auf mehrere Pcs. Hiermit war es möglich, die grafische Darstellung der Anlage und die Prozesssimulation auf 2 unabhängigen PCs ablaufen zu lassen. Hinzu kommt die Möglichkeit rechenintensive Bestandteile des Simulationsmodells auszulagern.

Nachdem die Anforderungen für ein System zur virtuellen Inbetriebnahme vollständig gesammelt und priorisiert waren, konnten die Systeme der am Markt agierenden Hersteller evaluiert werden. Die ITQ GmbH, welche über einen großen Erfahrungsschatz im Bereich der virtuellen Inbetriebnahme verfügt, begleitete den Evaluierungsprozess und half bei der Auswahl eines geeigneten Systems. Die durchaus hoch gesteckten Anforderungen konnten letztendlich nur von 2 Herstellern erfüllt werden. Hierbei entschied sich Voith Paper für die Software WINMod von Mewes&Partner.

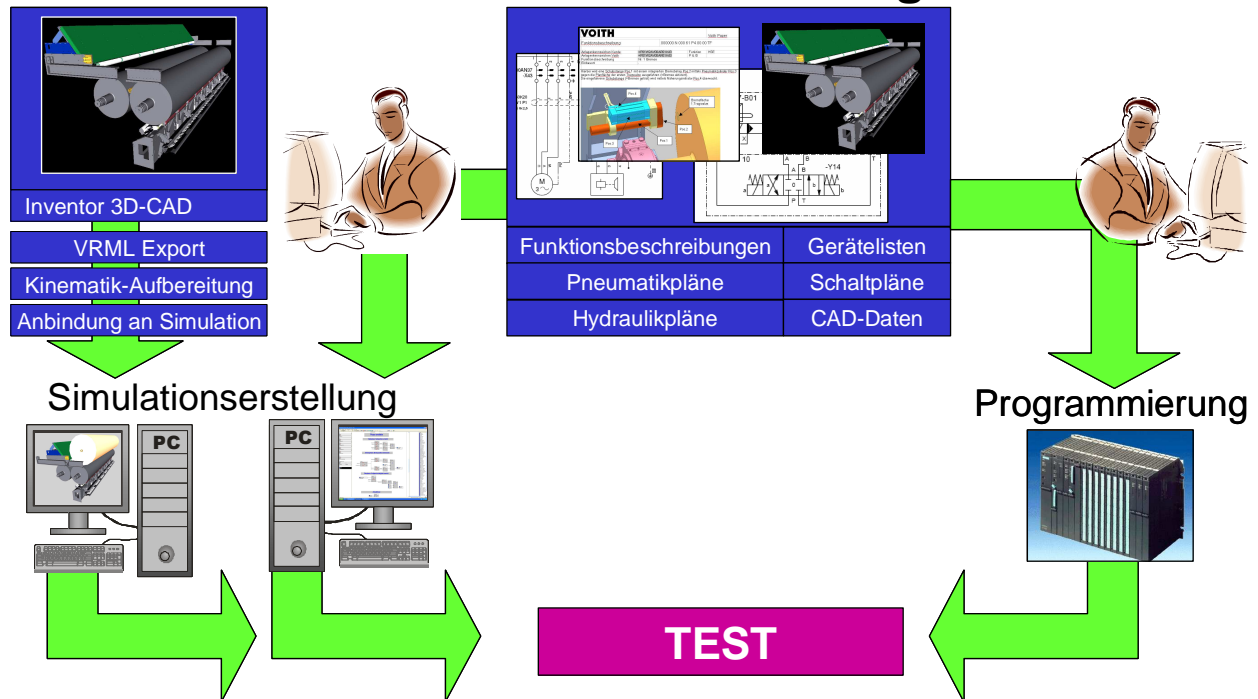
### 3. Workflow bei der Simulationserstellung

#### Grundlagen der Simulationserstellung

Grundlage für einen effizienten und Aussagekräftigen Test stellt die Unabhängigkeit zwischen Softwareentwickler und Simulationsersteller dar. Beide Fakultäten bedienen sich jedoch der gleichen Basisdaten. Wie auch für den Softwareentwickler stellen Spezifikationen, Stromlaufpläne sowie Hydraulikschemas die wesentliche Basis für den Simulationsersteller dar. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass bereits

in dieser frühen Phase Fehler in den Dokumenten gefunden werden, da sich widersprüchliche Daten in Spezifikationen und Plänen seitens der Simulation nicht umsetzen lassen.

## Workflow der Simulationserstellung



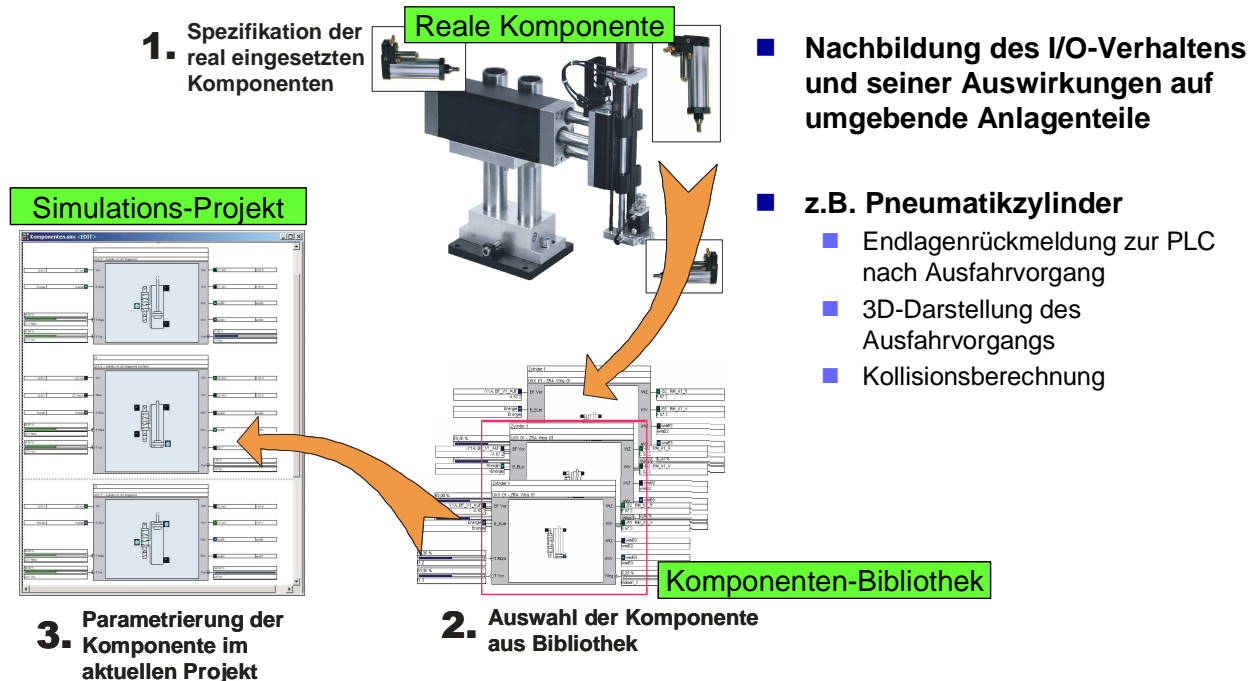
[Bild Workflow der Simulationserstellung]

### Anwendungsbeispiel und Erstellung einer Komponentenbibliothek

Seitens der Simulation muss das Verhalten der Ein- und Ausgangssignale korrekt nachgebildet werden. Am Beispiel eines einfachen Pneumatikzylinders mit Rückmeldekontakten soll dies verdeutlicht werden. Wird die Spule des Wegeventils des Pneumatikzylinders angesteuert (z.B. Zylinder ausfahren), so muss der zugehörige Rückmeldekontakt nach einer prozesstypischen Zeit zurückgemeldet werden. Analog dazu wird das Verhalten beim Einfahren des Zylinders abgebildet. Eine Logik im Sinne der Programmierung des Anlagenverhaltens ist nicht nachzubilden, es wird lediglich das Verhalten auf Komponentenseite umgesetzt. Dies geschieht für die verschiedenen in der Anlage verbauten Maschinenelemente wie Antriebe, hydraulische und pneumatische Zylinder, Wegaufnehmer, Drehzahlgeber oder Druckbehälter und Füllstände. Da viele dieser Komponenten häufiger und in oftmals gleicher Funktionsweise in einer Anlage verbaut sind, wurde eine Komponentenbibliothek geschaffen, die im Sinne eines Baukastens wiederverwendet werden kann. Somit werden ein und dieselben Simulationskomponenten lediglich mit

unterschiedlichen Ein- und Ausgangsdaten parametrisiert. Dies ermöglicht nach einem gewissen Initialaufwand für die typischen Komponenten eine einfache und aufwandsarme Wiederverwendung in weiteren Maschinen und Anlagen.

## Modellerstellung auf Basis von Komponenten

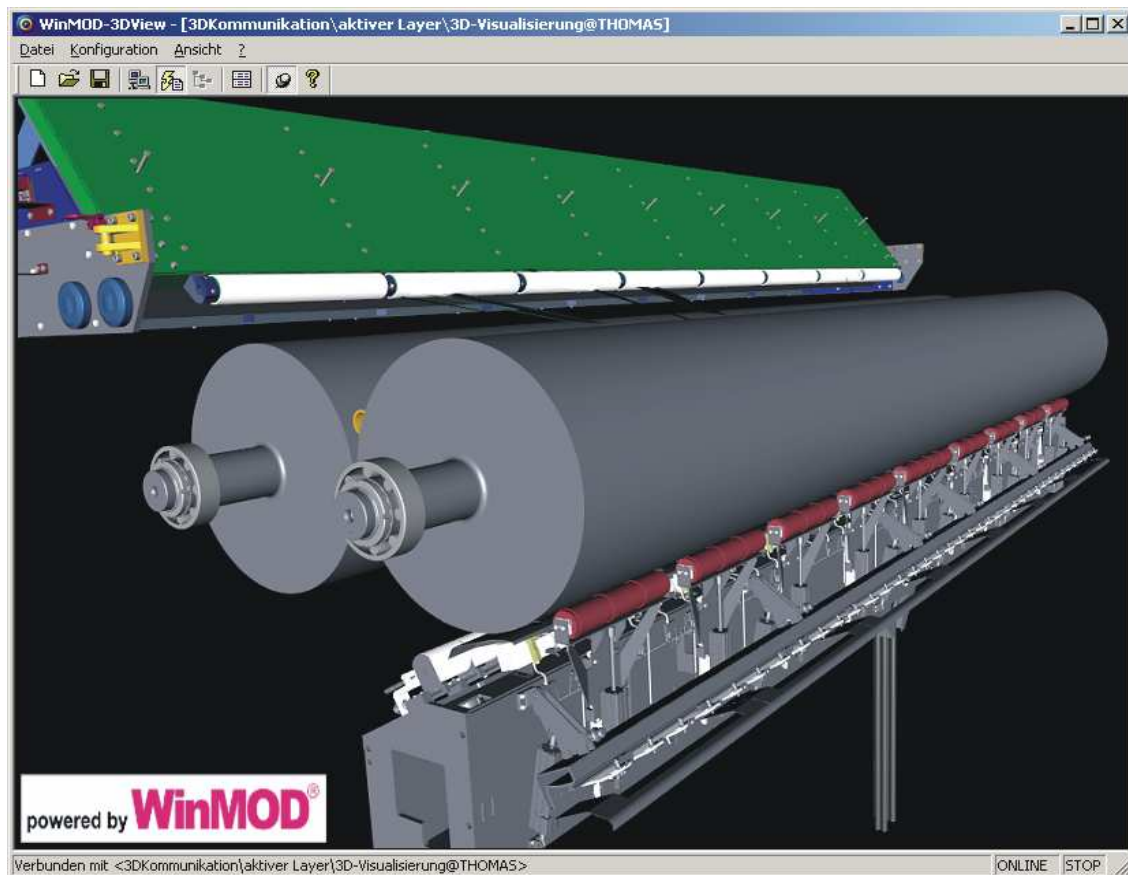


[Bild Modellerstellung auf Basis von Komponenten]

### Aufbereitung der Inventor-Daten

Eine gute Basis für eine wirklichkeitstreue Darstellung der Maschine stellen die mechanischen Konstruktionsdaten in 3D dar. Neben einem hohen Detaillierungsgrad ist der Bekanntheitsgrad der Darstellung unter den Beteiligten sehr hoch, da diese Daten über den ganzen Entwicklungsprozess in dieser Form vorliegen. Somit können bewegte 3D Konstruktionsdaten als gemeinsame Kommunikationsplattform aller Beteiligten dienen. Die in diesem Fall im Inventor-Format vorliegenden Daten müssen für die bewegte Darstellung innerhalb der Simulation aufbereitet werden. Das Simulationsprogramm erfordert das offene und standardisierte Format VRML (Virtual Reality Modelling Language). Für Inventor gibt es entsprechende Programme, die es ermöglichen die Daten in das VRML-Format zu übersetzen. Auf Basis dieser Daten können dann die zu bewegenden Achsen festgelegt und in das Simulationsprogramm eingebunden werden. Am Beispiel des Pneumatikzylinders bedeutet dies, dass das Ausfahren der Kolbenstange samt aller daran befindlicher

Elemente dargestellt wird. Die 3D-Darstellung ist nun in der Lage auch Bewegungen ruckfrei darzustellen. Die Maschine „lebt“ erstmals.

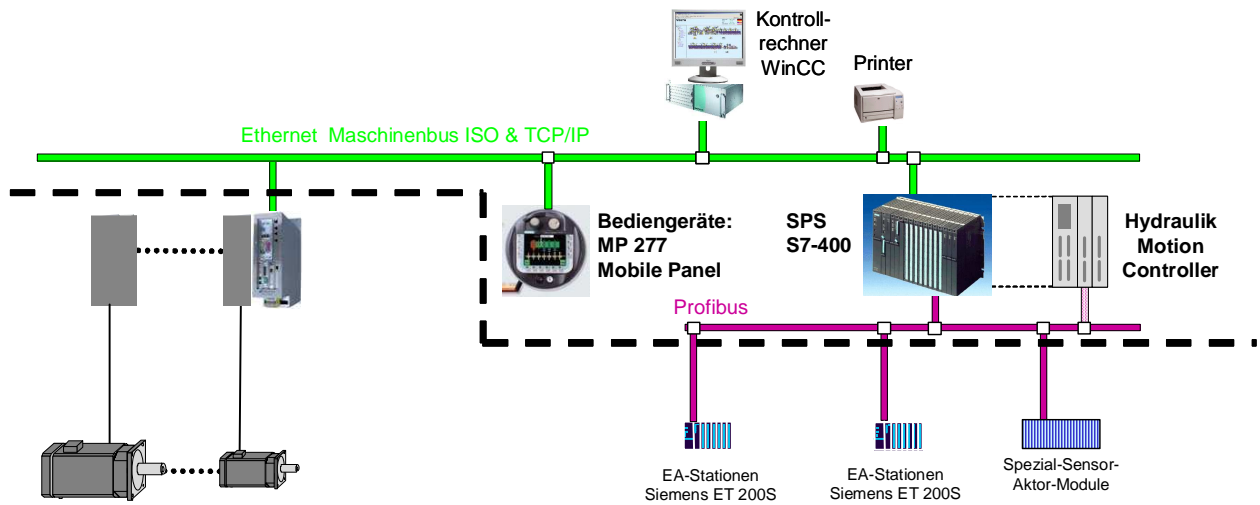


[Bild: 3D Inventor Daten zur Visualisierung]

### Anbindung der Simulation an die SPS

Wie lässt man es eine SPS glauben, dass es sich bei ihrer Peripherie nicht um die reale Maschine handelt, sondern um eine Simulation? Auch hierbei werden auf dem Markt für Simulationssysteme unterschiedliche Wege beschritten. Die Anforderung auch das Sicherheitsprogramm in vollem Umfang zu testen sowie keine Änderungen an der Software vorzunehmen lässt nur die Möglichkeit die dezentralen Feldgeräte zu simulieren. Ausgehend von folgendem Hardwareaufbau hat man sich für eine Schnittstelle direkt am Profibus entschieden.

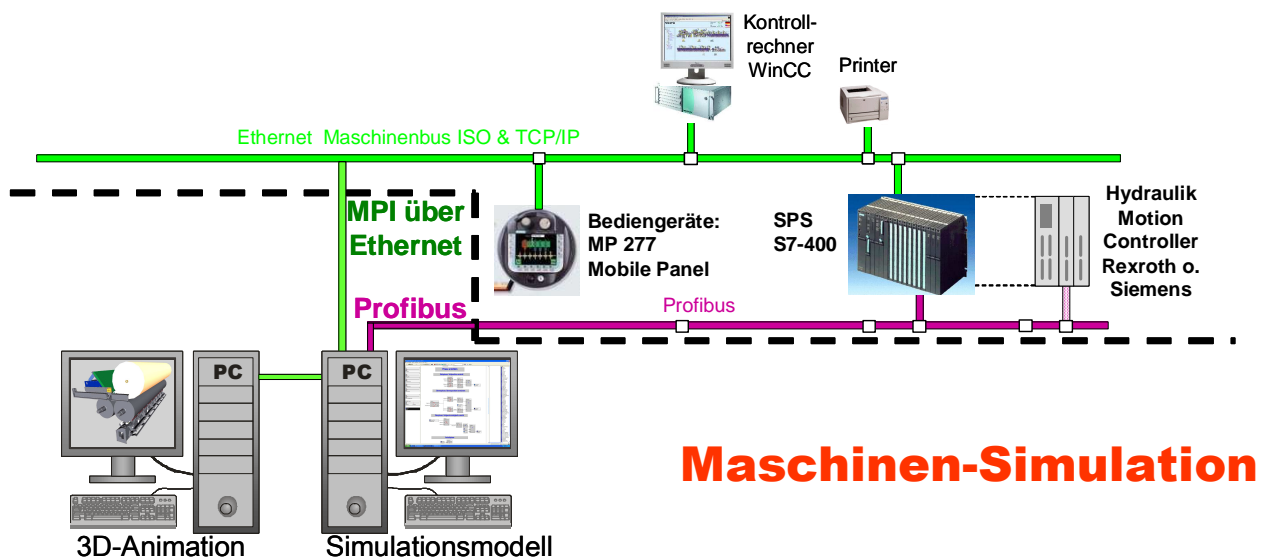
# Hardwareaufbau



[Bild Hardwareaufbau]

Das bedeutet, dass die vollständige dezentrale Peripherie, welche typischerweise an verschiedenen Stellen an der Maschine verbaut ist mit in die Simulation einbezogen wird. Das Profibuskabel wird hierbei „aufgeschnitten“ und die Informationen, welche die Feldgeräte typischerweise mit der SPS austauschen nachgebildet. Klingt kompliziert, ist es aber nicht. Es ist ein sauberer Schnitt zwischen Feldebene und Steuerung.

## Einsatz realer Hard- und Software



[Bild Hardwareaufbau Simulation]

Das Simulationssystem ist mit einer Profibuskarte ausgerüstet, welche es ermöglicht eine Vielzahl von Busteilnehmern zu simulieren. Diese Profibuskarte wird mit exakt der gleichen Hardwarekonfiguration geladen, wie die eigentliche SPS. Somit weiss die Karte genau, welche Teilnehmer sie simulieren soll und welche Ein- und Ausgangsstrukturen diese haben. Somit liegen nun alle dezentralen Ein- und Ausgabedaten innerhalb der Simulation zur Verfügung. Somit kann das Maschinenverhalten auf den Profibus aufgeschaltet werden.

#### 4. Benefit

##### Höhere Softwarequalität

Durch die Bereitstellung einer Simulationsumgebung vor der eigentlichen Inbetriebnahme an der realen Maschine bringt eine Reihe von Vorteilen. So ist es möglich eine Vorabinbetriebnahme –quasi am Schreibtisch- durchzuführen. Somit kann in konzentrierter Weise auch mit schnellem Zugriff auf alle Beteiligten Abteilungen an aufkommenden Problemen gearbeitet werden. Hierdurch kann trotz der zunehmenden Komplexität der Software ihre Qualität deutlich gesteigert werden. Niemand glaubt heute mehr ernsthaft, dass man nur an der realen Maschine in einer zügigen Halle auf Bierkisten sitzend gute Software schreiben kann.

##### Optimierung von Abläufen

Neben der eigentlichen Inbetriebnahme ist ein weiteres Ziel Abläufe und Verfahren an Hand der Simulation zu optimieren. Hintergrund ist die Tatsache, dass Maschinenzeiten beim Kunden oft nur schwer zu bekommen sind. Die Maschinen produzieren typischerweise an 360 Tagen je Jahr.

##### Bedienerschulung vor Auslieferung der ersten Maschine

Mit Hilfe der Simulation konnten die Bediener des Erstkunden schon im Vorfeld an Hand der Simulation und der Benutzeroberflächen auf die neue Bedienphilosophie geschult werden. Berührungspunkte und Fehlbedingungen oder Fehlinterpretationen können hierdurch deutlich minimiert werden. Neben den eigentlichen Anlagenfahrern konnte auch das Wartungspersonal an Hand der 3D Visualisierung auf wichtige Punkte hingewiesen werden.

#### 5. Fazit



Der zunehmende Funktionsumfang von Maschinen und Anlagen schlägt sich heutzutage in verstärktem Maße in steigender Komplexität der Software nieder. Die Notwendigkeit der Simulation einer komplexen Finishing Maschine wird heutzutage von niemand mehr ernsthaft in Frage gestellt. Ohne vorherige Simulation lassen sich größere Umbauten oder neue Maschinenkonstruktionen nicht mehr mit überschaubaren Risiken umsetzen.