

Modellbasierte Entwicklung von Regelungsalgorithmen für Abkantpressen

Martin Bruckner
Leitung Sensorik und Regelungstechnik

Pasching, 27.06.2017

Modellbasierte Entwicklung von Regelungsalgorithmen

Inhalt

- Vorstellung TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.
- Einsatz von MATLAB/Simulink in der Entwicklung bei TRUMPF Österreich
- Workflow bei der Entwicklung von Regelungsalgorithmen
- Modulare Entwicklung in MATLAB/Simulink: Gründe/Herausforderungen
- Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000
- I4.0: Predictive Analytics bei TRUMPF

TRUMPF ist...



... ein Familienunternehmen



seit 1923

... Technologieführer

Werkzeugmaschinen



Lasertechnik/Elektronik



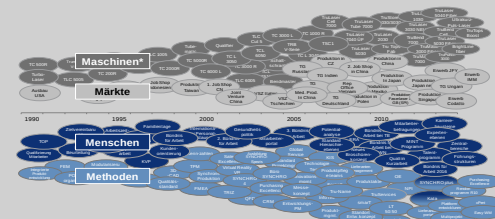
in zwei Geschäftsbereichen

... international aufgestellt



71 Tochtergesellschaften

... Innovationsführer



ständige Veränderung

Auf einen Blick

Unternehmenskennzahlen

Geschäftsjahr 2015/16

Umsatz (in Mio. €)	2.808,5
Ergebnis vor Steuern (in Mio. €)	303,1
Umsatzrendite vor Steuern (in %)	10,8
Investitionen (in Mio. €)	137,6
F+E Aufwendungen (in Mio. €)	296,2
Mitarbeiter (Anzahl zum 30.06.2016)	11.181

Entwicklung von TRUMPF Maschinen Austria



Geschäftsjahr 2015/16

230 Mio.€ Umsatz

550 Mitarbeiter

2014



2008



2000



1991

Kompetenzzentrum Biegetechnologie



TruBend 3000



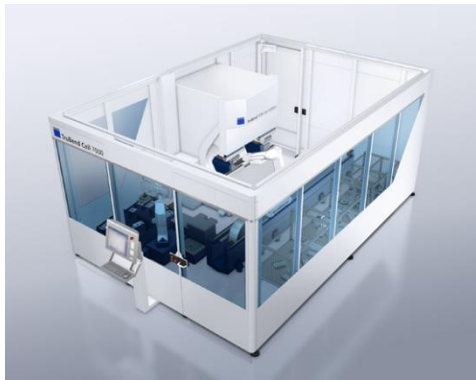
TruBend 5000



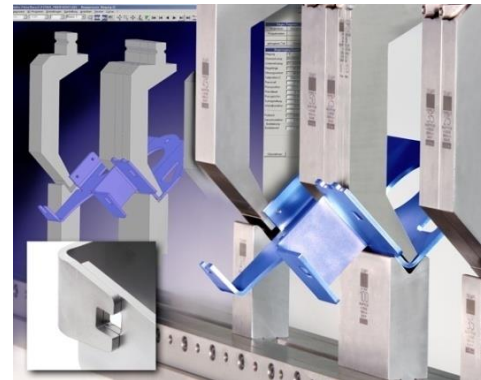
TruBend 7000



TruBend Cell 5000



TruBend Cell 7000



Biegewerkzeuge



TruBend Center Serie 5000



TruBend Center Serie 7000

Produkte aus Blech



Lohnfertiger
Beispiel: Münzsortierer



Maschinen- und Anlagenbau
Beispiel: Druckmaschine



Gehäuse- und Apparatbau
Beispiel: Kaffeemaschine



Fassadenbau
Beispiel: TRUMPF Empfang



Landmaschinenbau
Beispiel: Konsole



Schaltschrankbau
Beispiel: Schaltschrank

Einsatz von MATLAB/Simulink in der Entwicklung

Anwendungsgebiete

- Systemmodellierung- und Simulation
- Identifikation von dynamischen Systemen
- Reglerentwurf
- „Rapid Prototyping“ von Reglern durch Verwendung der automatischen Codegenerierung
- Simulation von Systemmodellen auf der Zielhardware mittels automatischer Codegenerierung
- Datenanalyse – Predictive Analytics



Workflow TRUMPF bei der Entwicklung von Regelungsalgorithmen

Physikalische Modelle der einzelnen Komponenten

$$Q = \alpha_d A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

$$\hat{\sqrt{x}} = \begin{cases} \sqrt{x} & : x \geq 0 \\ -\sqrt{x} & : x < 0 \end{cases}$$

$$\dot{p} = \frac{\beta(p)}{V} [-\dot{V} + Q_{in}]$$

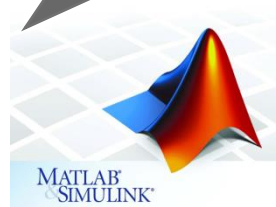
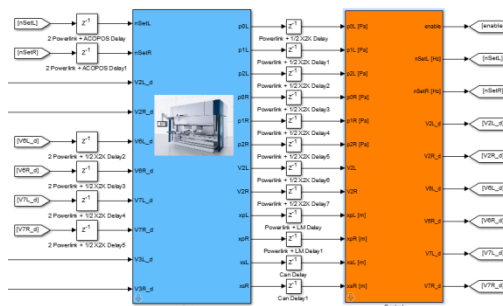
$$m \ddot{y} = m g + p_1 A_1 - p_2 A_2 - F_f - F_{pr}$$

Dynamisches Gesamtmodell

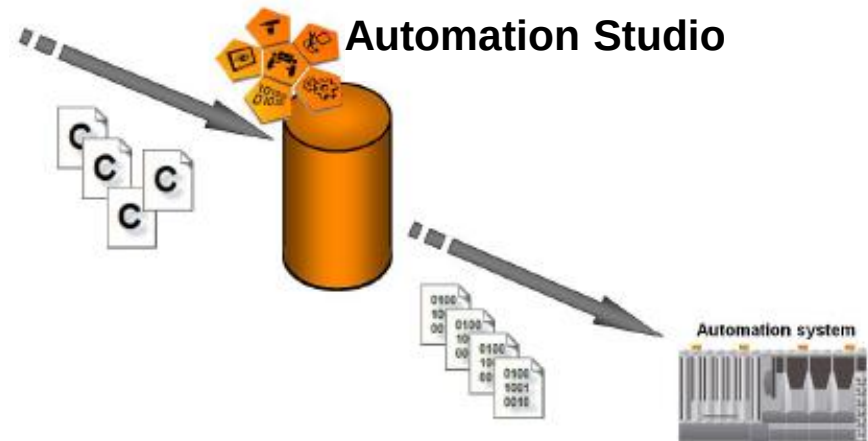
$$\frac{d}{dt} p_{Pos} = \frac{E_{oil}}{V_{0,Pos} + A_{Pos} s_{Cyl}} (Q_{Pos} - A_{Pos} v_{Cyl} - C_{P,Leak} (p_{Pos} - p_{Neg}))$$

$$\frac{d}{dt} p_{Neg} = \frac{E_{oil}}{V_{0,Neg} - A_{Neg} s_{Cyl}} (Q_{Neg} + A_{Neg} v_{Cyl} + C_{P,Leak} (p_{Pos} - p_{Neg}))$$

Simulationsmodell

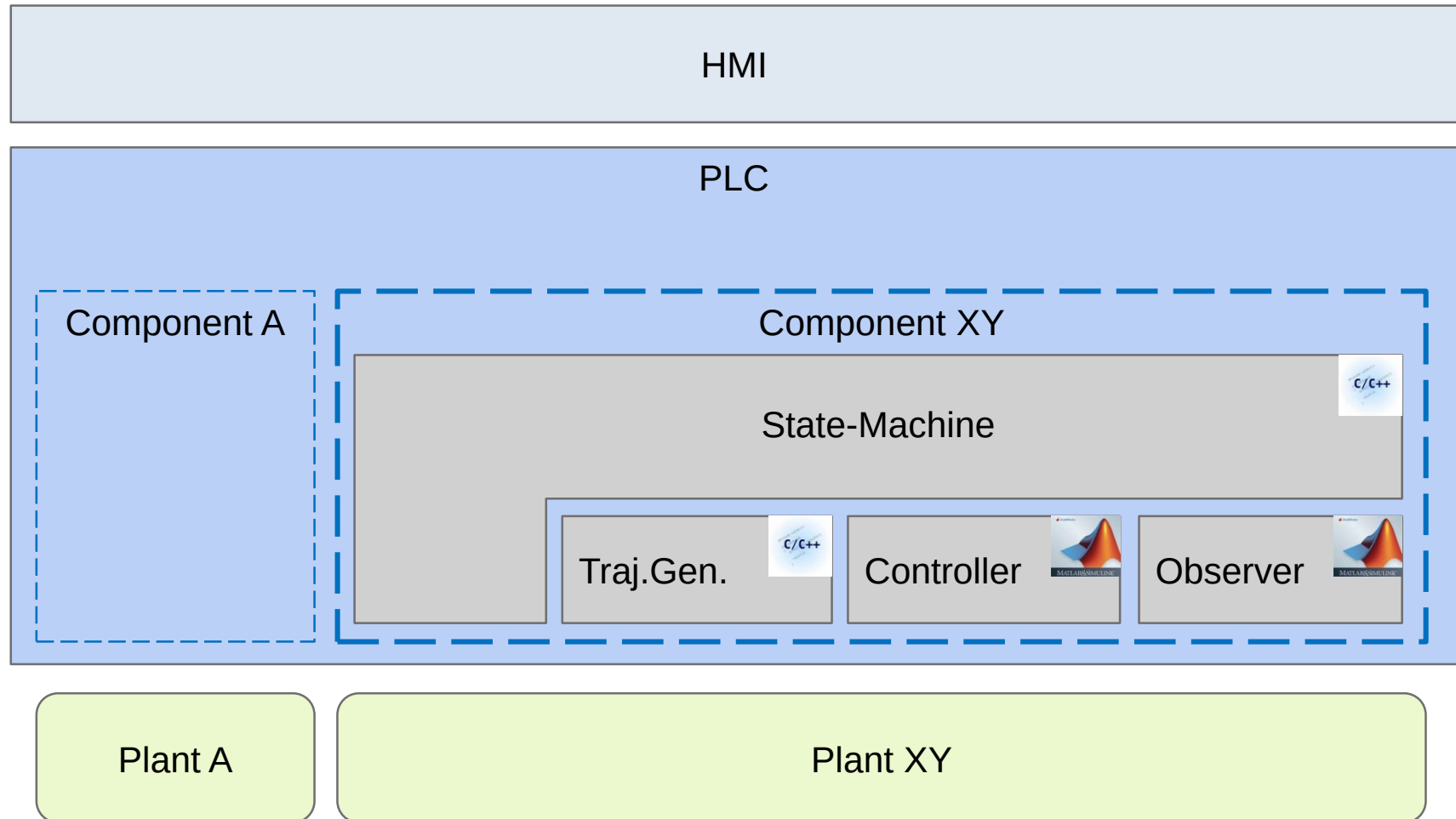


Automation Studio



Workflow TRUMPF bei der Entwicklung von Regelungsalgorithmen

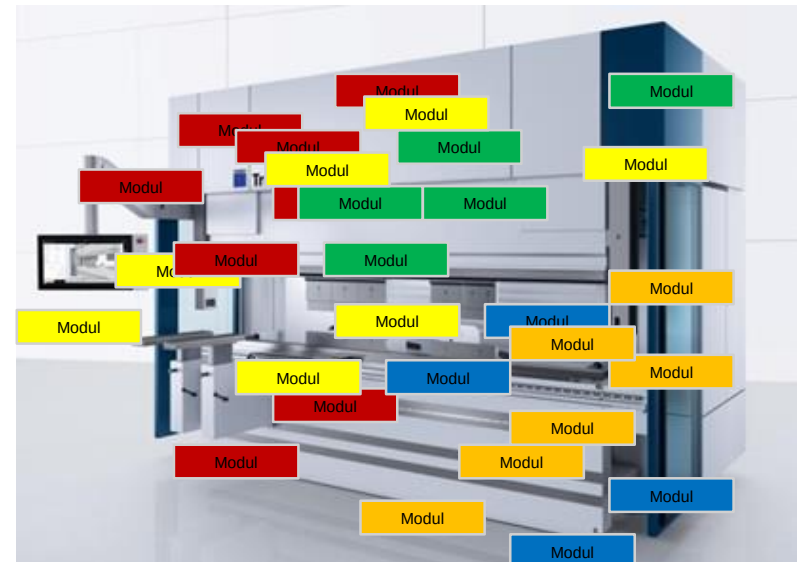
Einbettung der Regelung in ein bestehendes Steuerungssystem



Modulare Entwicklung in MATLAB/Simulink

Ziele

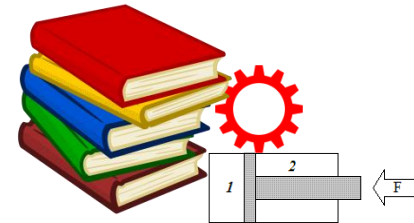
- Reduktion TimeToMarket:
 - Entwicklungsbeschleunigung da auf „fertige“ Komponenten zurückgegriffen werden kann
 - Kooperative Bearbeitung möglich
- „Investitionsschutz“ – Funktionalität muss nur einmal entwickelt werden
- Qualitätssicherung durch automatisierte Tests



Modulare Entwicklung in MATLAB/Simulink

Notwendigkeit von Richtlinien und Konventionen

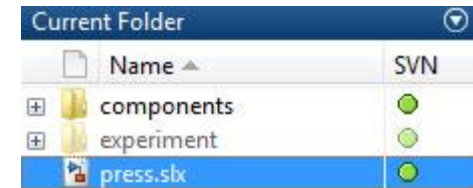
- Kooperatives Arbeiten im Team
 - System in Komponenten aufteilen
 - Nachvollziehbarkeit von Änderungen
 - Wiederverwendbarkeit von Komponenten
- Automatisierte Qualitätssicherung → getestete Komponenten
- Verwaltung der Komponenten
 - Zentral über subversion (SVN)
 - Austauschbarkeit von Komponenten
 - Einfaches Aktualisieren von Komponenten in bestehenden Simulationen
 - Transparenz der Komponenten (einfacher Zugriff auf interne Daten)
- Einheitliche Schnittstellen der Komponenten
- Einheitliche Dokumentation der Komponenten



Workflow TRUMPF bei der Entwicklung von Regelungsalgorithmen

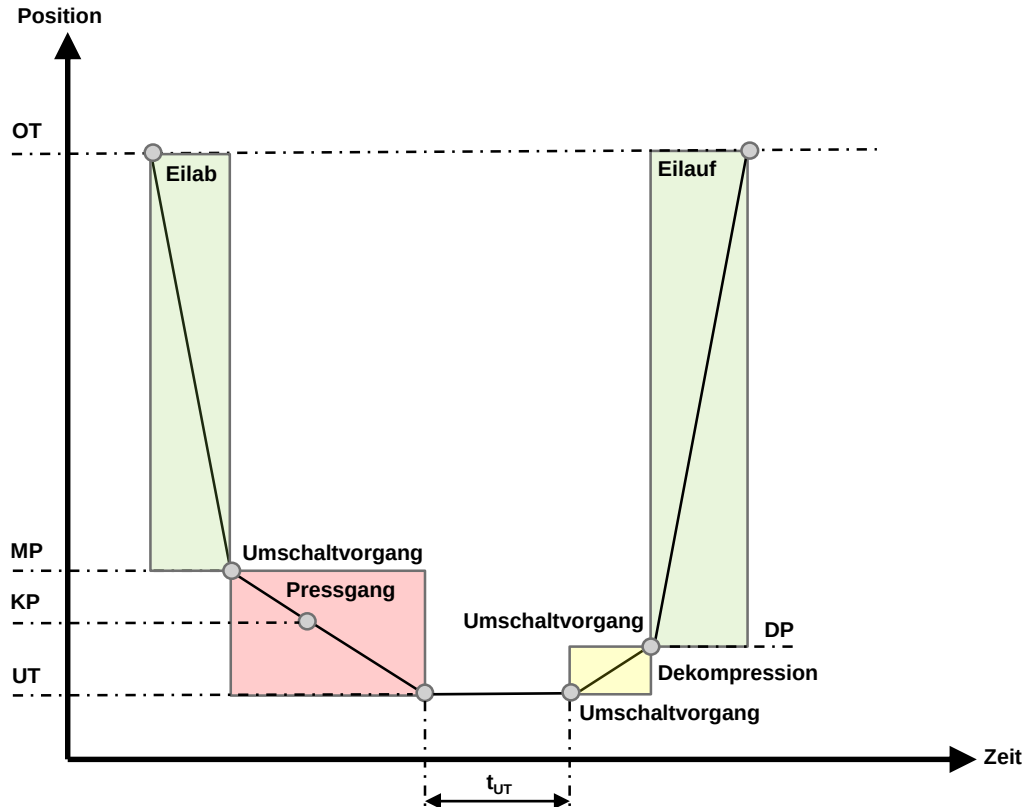
Modulare Entwicklung in MATLAB/Simulink - Strategie

- Erstellung von Komponenten-Bibliotheken
 - Mechanik, Hydraulik, Regelung,...
 - Komponente wird in einer eigenen Bibliothek gespeichert
 - Komponente getestet → Regressionen verhindern
- Die Aufteilung in mehrere Dateien ermöglicht den Entwicklern parallel zu arbeiten
- Wir verwenden Busobjekte, um mit dem hierarchischen Simulationsaufbau einfach arbeiten zu können
- Die Parametrierung erfolgt über Strukturen → die Parameter sind für die Simulation optimiert
- Ziel ist die Verwendung der Maschinenparameter-Datenbank (gleiche Parameter an der Maschine und im Simulationsmodell)
- Versionierung über SVN: abspeichern der Simulink-Dateien im .mdl Format



Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Biegeprozess Positionsverlauf

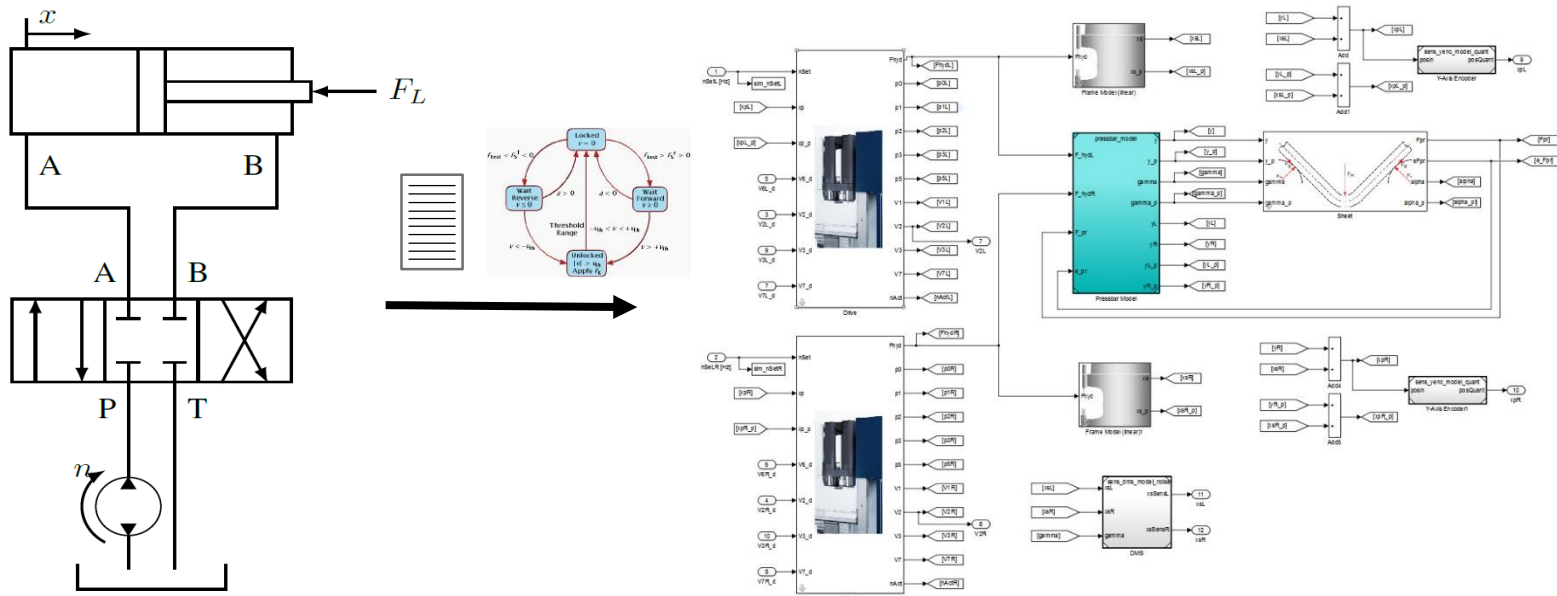


- Eilab: 220 mm/s
- Umschaltvorgang Ventile
- Pressgang: 10-25 mm/s
- Umschaltvorgang
- Dekompression: 10 mm/s
- Umschaltvorgang
- Eilauf: 220 mm/s

Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

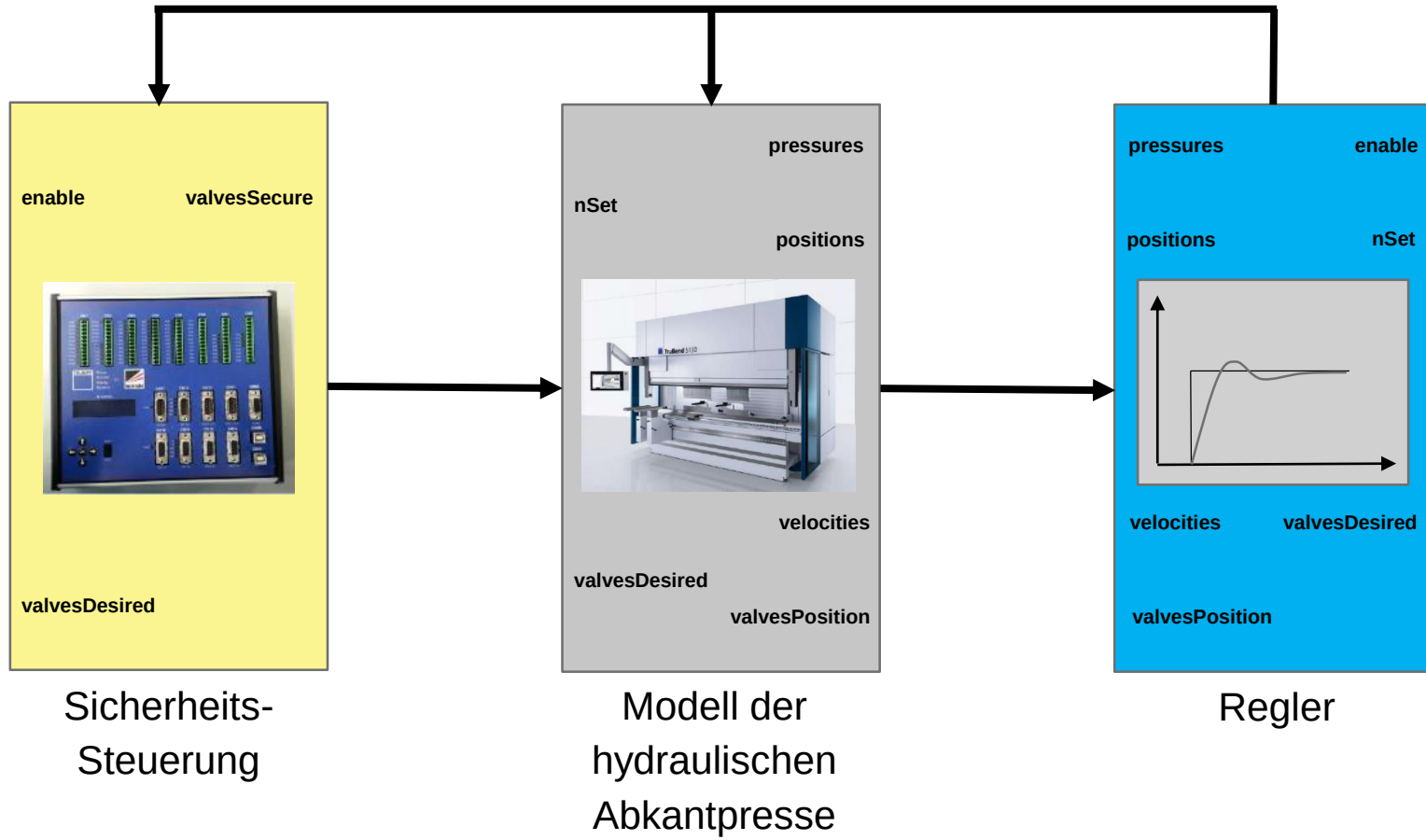
Vorgehensweise

- Auf Basis des Hydraulikplans, unter Berücksichtigung der Datenblätter (Ventile, Pumpe, ...), wird das dynamische System (Differentialgleichungen) und die Ablaufsteuerung der Presse erstellt
- Auf Basis des Simulationsmodells in MATLAB/Simulink wird ein Regler zur Inbetriebnahme für den Eil- und Pressgang erstellt



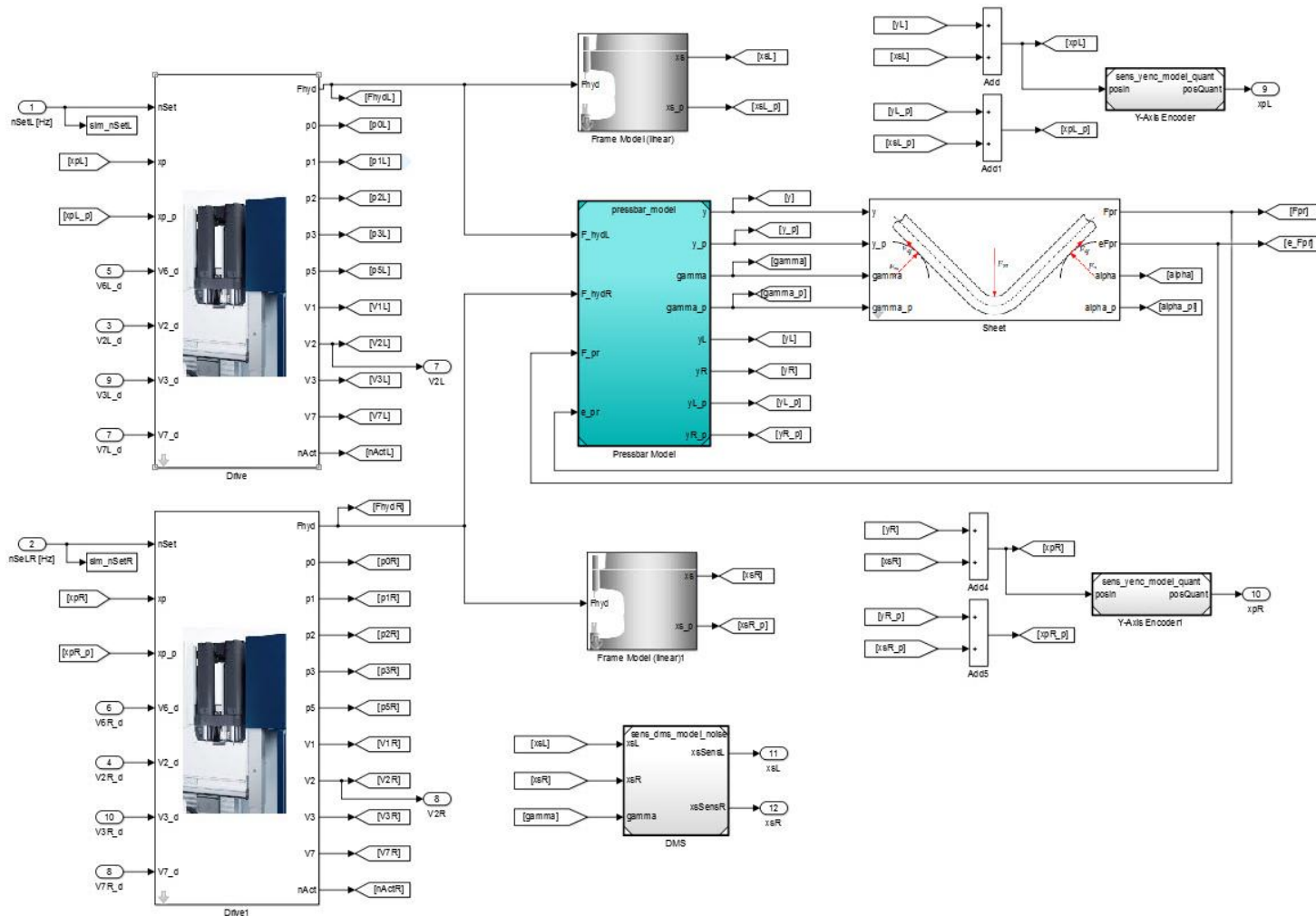
Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Simulationsmodell in MATLAB/Simulink



Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Komponentenmodell der hydraulischen Abkantpresse



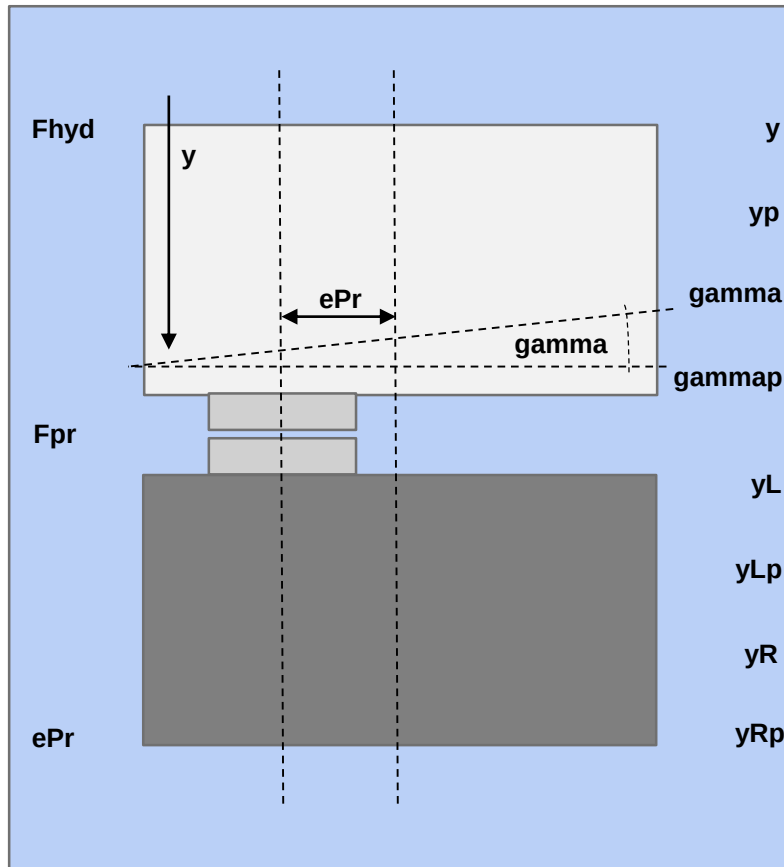
Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Hydraulikantrieb

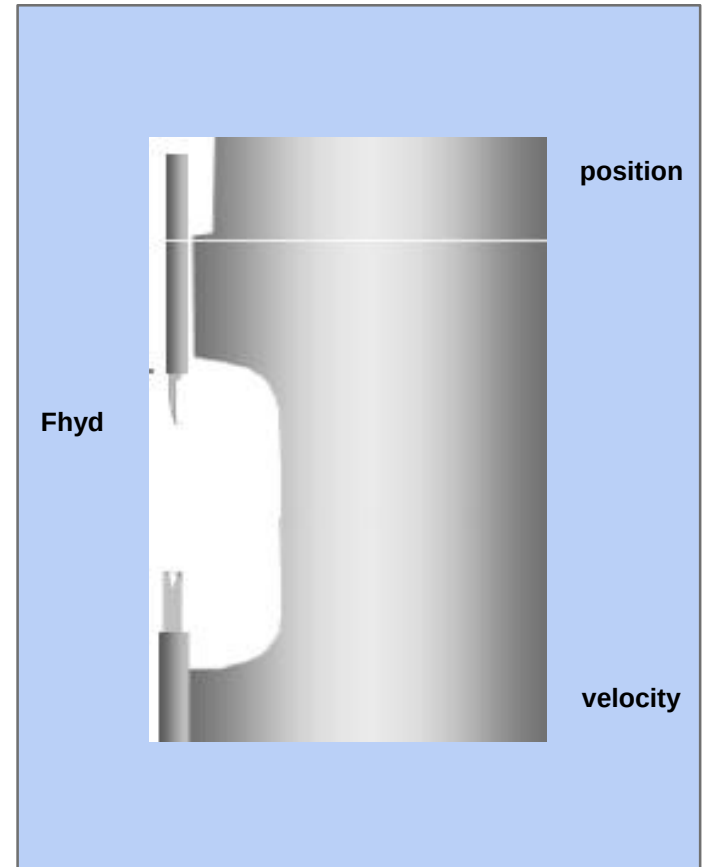


Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Mechanische Teilsysteme



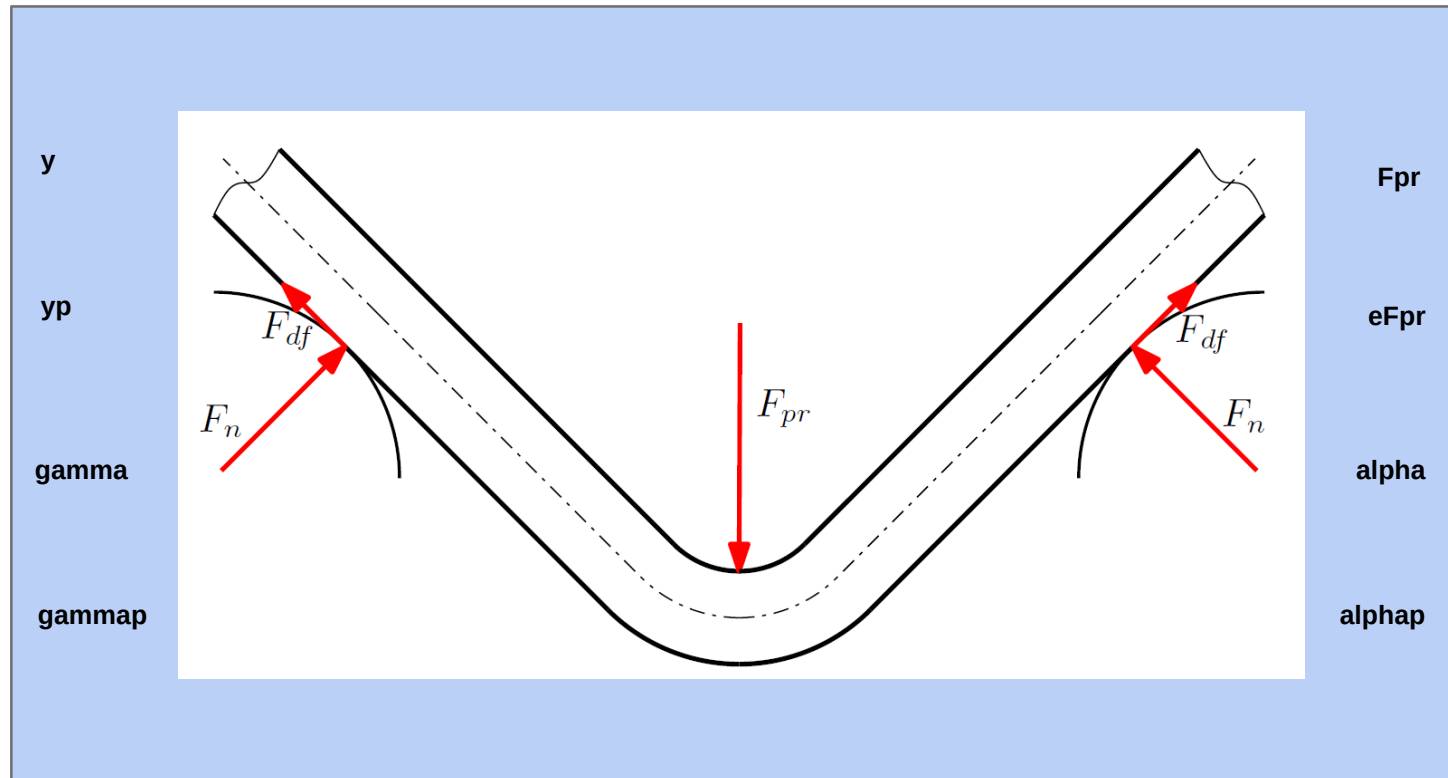
Pressbalkenmodell



Ständerauffederung

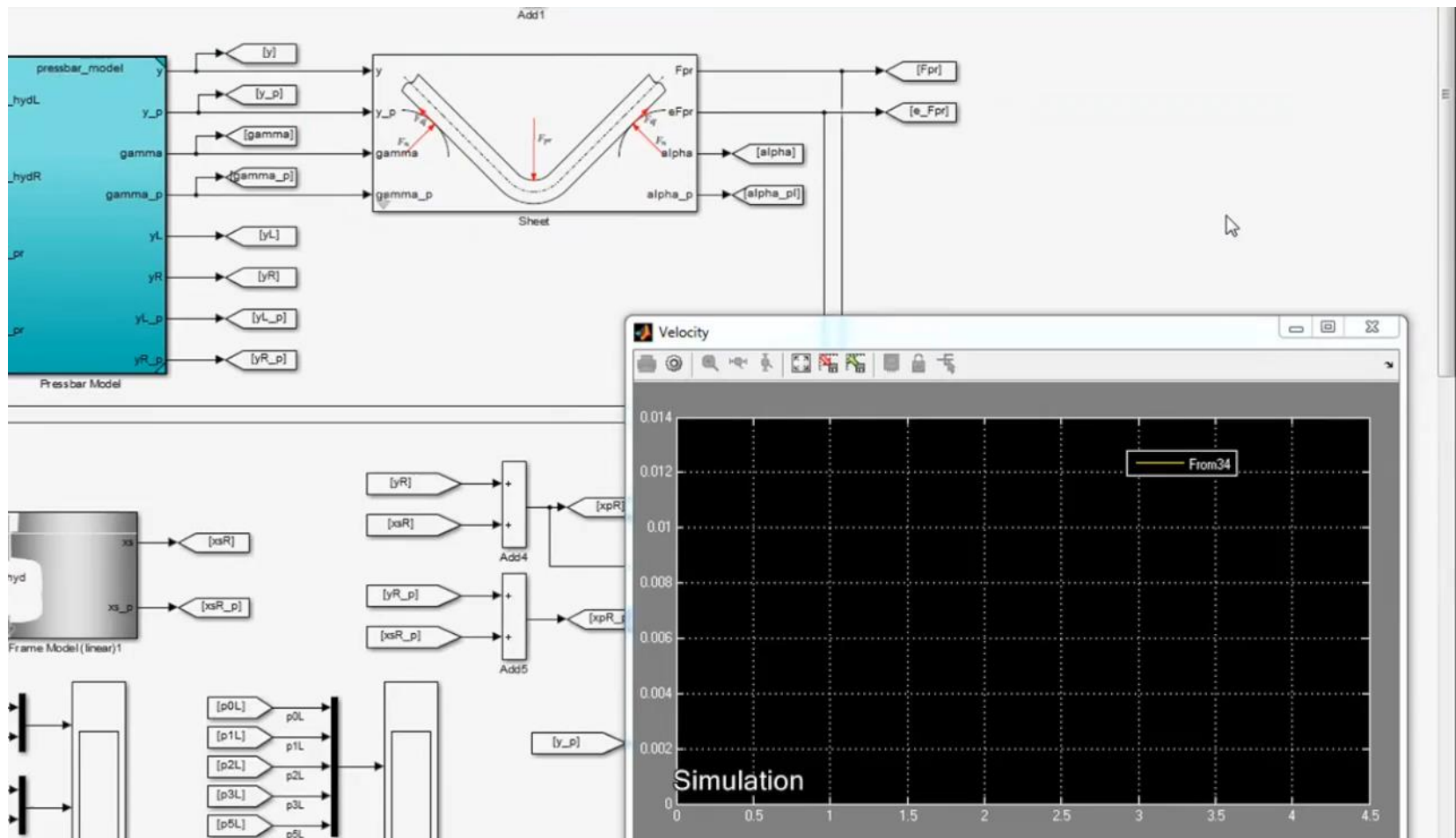
Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Blechmodell



Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Simulation – Vergleich mit Messdaten der Maschine



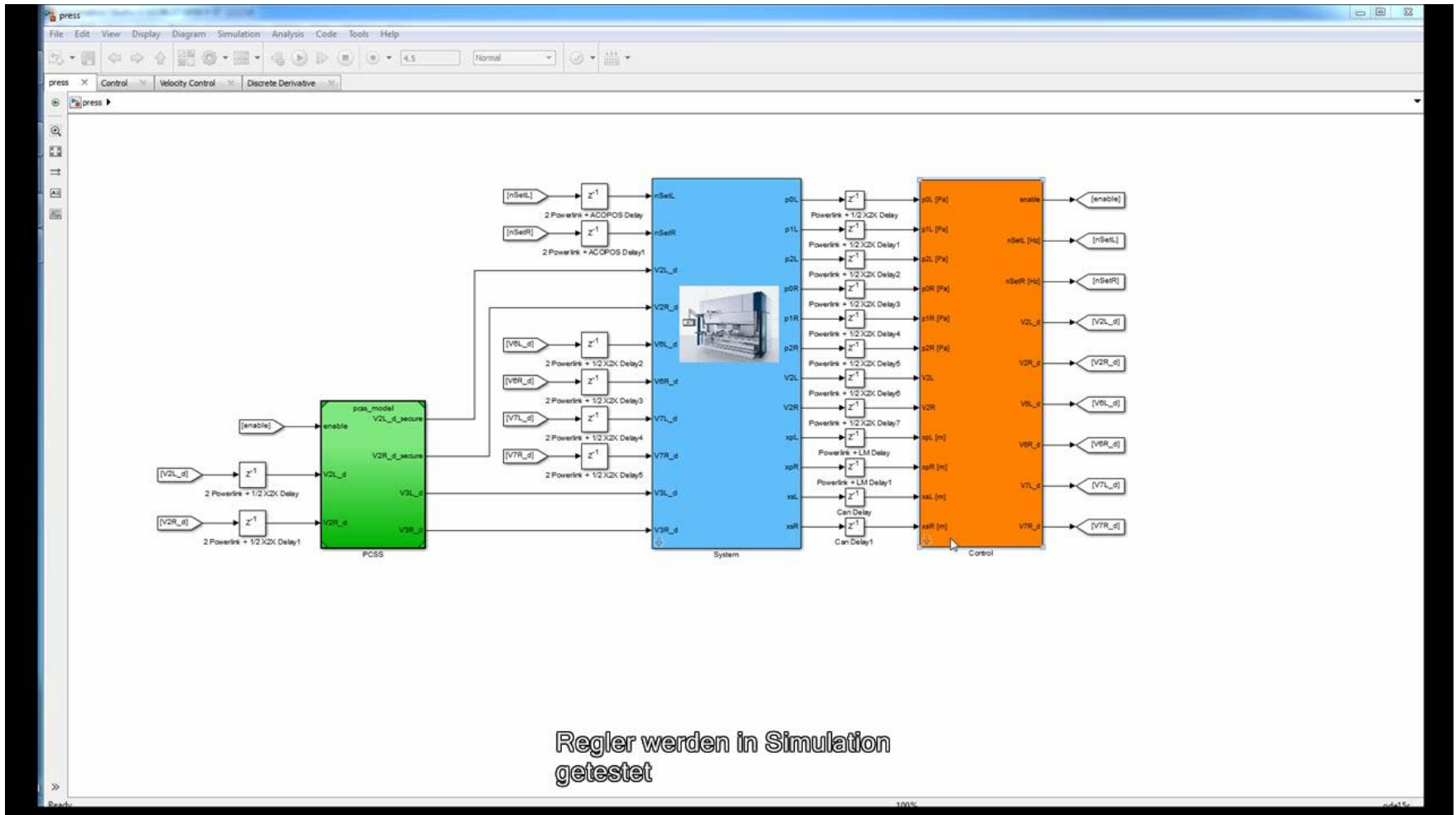
Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Vorgehensweise

- Auf Basis des Hydraulikplans, unter Berücksichtigung der Datenblätter (Ventile, Pumpe, ...), wird das dynamische System (Differentialgleichungen) und die Ablaufsteuerung der Presse erstellt
- Auf Basis des Simulationsmodells in MATLAB/Simulink wird ein Regler zur Inbetriebnahme für den Eil- und Pressgang erstellt
- Ziel ist es in Zukunft vom Lieferanten getestete Simulationsmodelle für die Komponenten in MATLAB/Simulink zu erhalten
- Der Regler kann über die Simulink-Toolbox ASTarget4Simulink von B&R in das Automation Studio übernommen und als Funktionsblock in der Steuerung verwendet werden

Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Codegenerierung für B&R Automation Studio



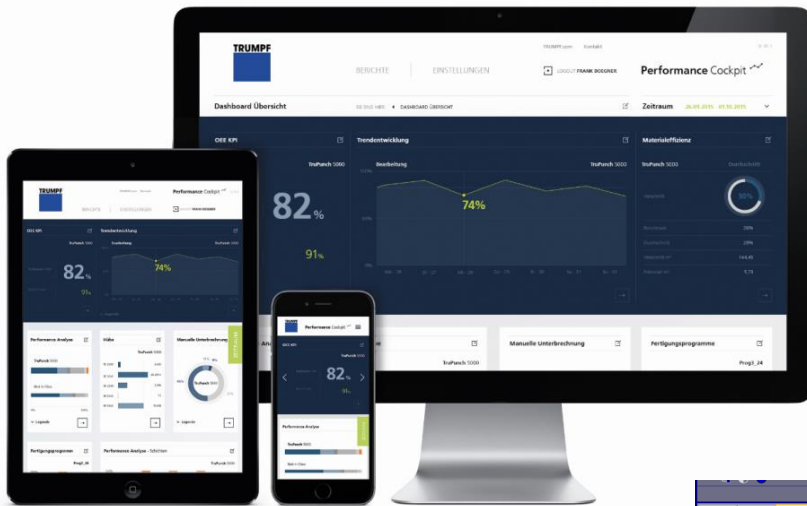
Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Vorgehensweise

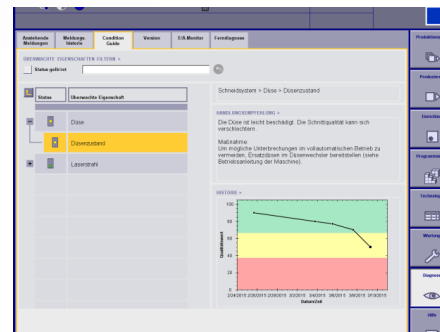
- Auf Basis des Hydraulikplans, unter Berücksichtigung der Datenblätter (Ventile, Pumpe, ...), wird das dynamische System (Differentialgleichungen) und die Ablaufsteuerung der Presse erstellt
- Auf Basis des Simulationsmodells in MATLAB/Simulink wird ein Regler zur Inbetriebnahme für den Eil- und Pressgang erstellt
- Ziel ist es in Zukunft vom Lieferanten getestete Simulationsmodelle für die Komponenten in MATLAB/Simulink zu erhalten
- Der Regler kann über die Simulink-Toolbox ASTarget4Simulink von B&R in das Automation Studio übernommen und als Funktionsblock in der Steuerung verwendet werden
- Messdaten zur Abstimmung des Simulationsmodells generieren
- Auslegung des finalen Reglers

Industrie 4.0 Aktivitäten bei TRUMPF

Aktuelle Beispiele: Performance Cockpit und Condition Guide



- ➔ Performance Cockpit:
Volle Transparenz über
die Produktivität der
Maschinen, Kennzahlen
zur Identifikation von
Optimierungspotenzial.



➔ Condition Guide:
Maschinenzustand immer
im Blick, Diagramme zur
Abschätzung von
Handlungsbedarf.
Vorbeugende Wartung,
Erhöhung der Maschinen-
Verfügbarkeit.

Predictive Analytics

Fehleranalyse, Fehlerdiagnose, Fehlervorhersage



Entwicklung mit MATLAB/Simulink am Beispiel der TruBend5000

Zusammenfassung

1. Bei der Entwicklung von Regelungsalgorithmen für unsere Pressen nutzen wir MATLAB/Simulink: „Rapid Controller Prototyping“
 - a. Aufbau Systemverständnis
 - b. Schnelle Umsetzung neuer Regelungsalgorithmen
 - c. Verringerung der Maschinenzeiten
 - d. Verringerung der Entwicklungszeiten

2. Der gezeigte Ablauf wird durch die Anbindung von Automation Studio an MATLAB/Simulink unterstützt
 → Codegenerierung hilft uns simulierte Prototypen einfach und schnell auf realen Maschinen zu testen

3. Das Simulationsmodell inklusive Regler ist die Basis für Untersuchungen im Bereich Predictive Maintenance
 - a. Fehlerunterstellungen (Ventilfehler, Sensorfehler,...)
 - b. Untersuchung von Methoden zur Fehlerdetektion

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Martin Bruckner, Leitung Sensorik und Regelungstechnik
Pasching, 27.06.2017