



Claudio Stucki

Student	Claudio Stucki
Examinator	Prof. Dr. Markus Kottmann
Themengebiet	Sensor, Actuator and Communication Systems
Projektpartner	HCH. KÜNDIG & CIE. AG, Rüti, Zürich

## Regelung von Foliendicken

### Regelung der Dicke von Blasfolien



Blaskopf einer Folienextrusion

**Einleitung:** Die Firma Hch. Kündig & Cie. AG ist ein grosser Produzent von Dicken-Messgeräten, die in der Produktion von Kunststofffolien eingesetzt werden. Produziert werden diese Folien mit dem Extrusionsverfahren. Dabei wird das Kunststoffgranulat eingeschmolzen und daraus eine dünne, zylinderförmige Kunststofffolie hergestellt. Die Qualität der Folie ist von ihrem Dickenprofil abhängig. Deswegen werden Heizelemente eingesetzt, die aufgrund der gemessenen Foliendicke erwärmt werden können. Dort, wo stärker geheizt wird, wird die Folie dünner. Neben den Dicken-Messgeräten entwickelt die Firma Hch. Kündig & Cie. AG auch die Regelung der Heizelemente. Deren Performanz zeigt jedoch im Vergleich zu Konkurrenz-Reglern noch Defizite auf. Der aktuelle Regler kann erst nach einer kompletten Messung des Folienschnitts einen neuen Regelschritt berechnen. Dafür muss das Messgerät einmal vollständig um den Folienschnitt herum fahren. Das dauert mindestens 36 Sekunden.

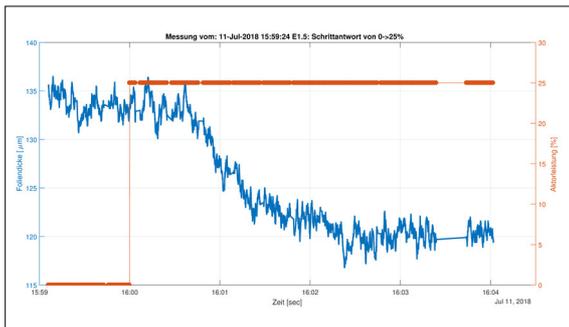
In dieser Arbeit soll mit einer neuartigen Regelstrategie die gewünschte Foliendicke schneller erreicht werden. Dafür sollte jede einzelne Messung direkt für die Regelung verwendet werden.

**Vorgehen:** In einem ersten Schritt wurde der bereits vorhandene Simulator der Firma Hch. Kündig & Cie. AG detailliert analysiert und in Simulink nachgebaut. Um einen bestmöglichen Regler zu entwerfen, muss die Regelstrecke identifiziert werden. Dafür wurden verschiedene Experimente auf einer echten Anlage geplant und durchgeführt. Anhand dieser Messungen wurde ein passendes SISO-Modell ermittelt. Basierend auf diesem Modell wurden die folgenden drei Regelkonzepte entwickelt:

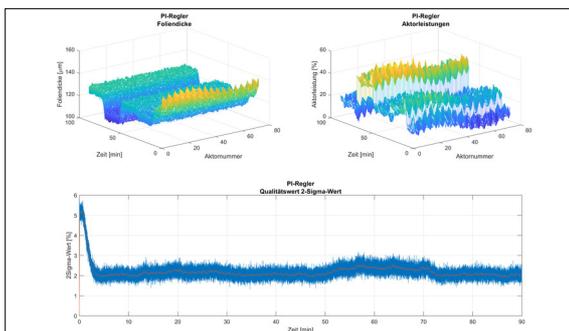
- PI-Regler
- Smith-Predictor mit PI-Regler
- Kalman-Filter mit PI-Zustandsregler

Im ersten Schritt wurde die Regelperformanz am einzelnen SISO-System betrachtet. Anschliessend wurden N parallelen Systeme simuliert und die unterschiedlichen Regel-Qualitäten mit dem 2-Sigma-Wert (branchenübliche Kennzahl) verglichen.

**Ergebnis:** Die erarbeiteten Regelkonzepte können aufgrund der Simulationstechnik nicht mit dem Kündig-Simulator getestet werden. Deswegen wurde eine Simulationsumgebung, basierend auf der identifizierten Strecke, erstellt. Die Simulationen haben gezeigt, dass mit einem konservativ eingestellten PI-Regler die gewünschten Anforderungen erreicht werden können. Das ressourcenintensive Kalman-Filter mit PI-Zustandsregler lohnt sich erst, wenn die Aktoren nicht mehr unabhängig sind. Das Konzept des Smith-Predictors mit PI-Regler benötigt mehr Aufwand und liefert keine besseren Resultate als der reine PI-Regler. Aufgrund der verfügbaren Messungen konnte nur ein Modell entwickelt werden, dessen benachbarte Aktoren keinen Einfluss auf die Foliendicke haben. Somit kann das Modell mit N parallelen SISO-Modellen mit N unabhängigen Reglern betrieben werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, den PI-Regler oder allenfalls das Kalman-Filter mit PI-Zustandsregler einzusetzen. Die Simulationen haben gezeigt, dass mit den neuen Regelkonzepten die geforderte Regelqualität erreicht werden kann.



Sprungantwort einer realen Folienextrusion  
Aufgezeichnet an einer Testanlage in Varese (I)



Simulationsresultate des PI-Reglers der MIMO-Simulation aller 72 Aktoren