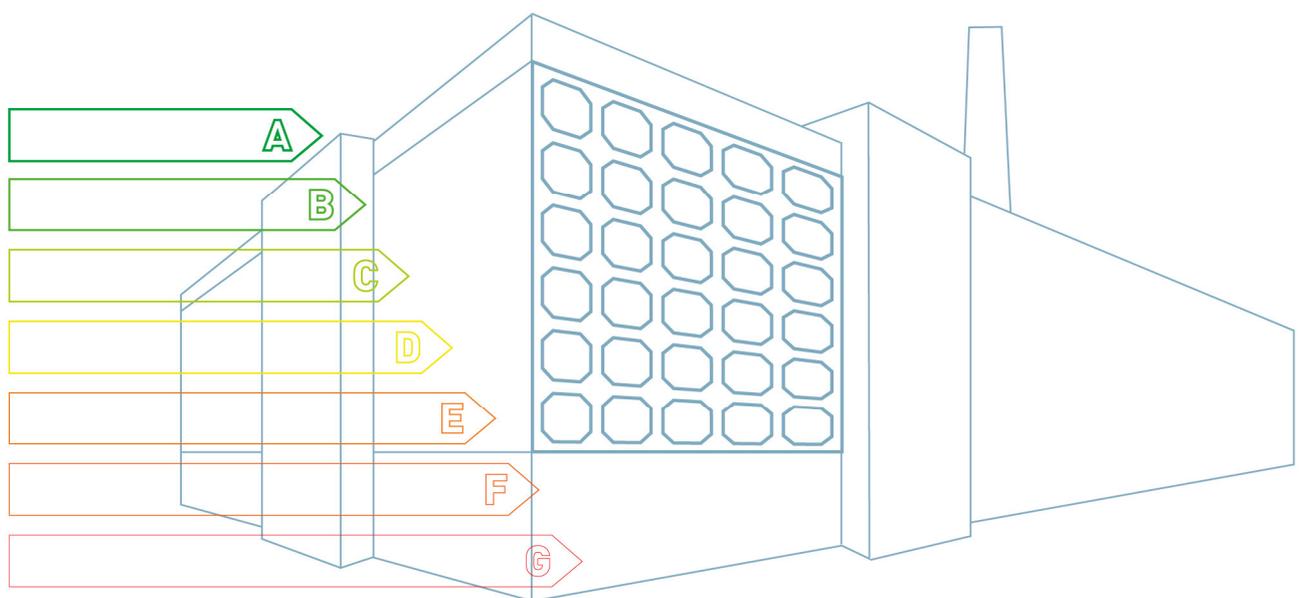




E3ICP

Embedded Energy Efficiency Industrial Controller Platform



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink that reads 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Embedded Energy Efficiency Industrial Controller Platform

[E3ICP]

AutorInnen:

Dipl.-Ing. Reinhard Hametner (TU Wien, Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik)

Dr.techn. Lukas Haffner (VOIGT+WIPP Engineers GmbH)

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	5
2	Einleitung	6
2.1	Kurzbeschreibung des Projektes (Ausgangssituation, Zielsetzung, Methodik – Arbeiten).....	6
2.2	Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	7
2.3	Zielsetzungen des Projektes	7
3	Inhaltliche Darstellung	8
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	18
5	Ausblick und Empfehlungen.....	19
6	Literaturverzeichnis	20
7	Anhang	20
8	Kontaktdaten.....	21

2 Einleitung

2.1 Kurzbeschreibung des Projektes (Ausgangssituation, Zielsetzung, Methodik – Arbeiten)

Industrielle verfahrenstechnische Prozesse wie Energieanlagen (Kraftwerke) und Produktionsanlagen aller Branchen erreichen ihr Effizienzmaximum (Energieverbrauch, Produktausbeute und Wirtschaftlichkeit) meist am Limit der Anlagenauslegung. Da die Anlagen in diesem Bereich auf Grund wirksamer Sicherheit- und Prozessbeschränkungen besonders schwierig zu regeln sind, soll mit der Embedded Energy Efficiency Industrial Controller Platform (E3ICP) eine für möglichst viele Automatisierungssysteme einsetzbare Reglerplattform für Optimierungsregelungen auf Basis des IEC 61499 Standards (IEC 61499 Standard definiert eine offene Architektur der neuesten Generation, die für verteilte Automation Anwendung findet.) entwickelt werden. Bisher werden zur Prozessoptimierung Regelalgorithmen wie modellprädiktive Regler (MPC) vorwiegend als Add-Ons zu bestehenden Prozessleitsystemen implementiert. Hierbei entsteht zusätzlicher Aufwand für Daten-Kommunikation, Instandhaltung und Lizenzkosten, sowie mangelnde industrielle Robustheit aufgrund der Installation auf nicht-Echtzeit fähigen PC Systemen. Der Einsatz moderner optimierender Regelalgorithmen ist durch hohe Anforderungen an die Softwarearchitektur und die Rechenleistung der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) gekennzeichnet. Diese Anforderungen an die Rechenkapazitäten und das Echtzeitverhalten der Anlagensteuerung bzw. Regelung haben es mit den bisherigen technischen Methoden nicht zugelassen diese Optimierungsalgorithmen zuverlässig auf industrietauglichen Steuerungen laufen zu lassen, und so in einer hochverfügbaren Hardwareumgebung zu betreiben. Der Standard IEC 61499 für die Programmierung von Steuerungen stellt nun jedoch Grundlagen zur Verfügung diese komplexen Algorithmen unter optimaler Ausnutzung der verfügbaren Rechenleistung (Ressourcen) auf speicherprogrammierbaren Steuerungen mit entsprechenden Echtzeitbetriebssystemen direkt lauffähig zu machen. Ziel des Projektes ist es modellprädiktive Regelung (MPC), Fuzzy Expertensysteme, Internal Model Control und stationäre Arbeitspunkt (Fahrweisen) Optimierung in Form einer Reglerbibliothek für die Anlagenoptimierung verfügbar zu machen. Diese Reglerstrukturen eignen sich besonders um die vielfältigen Randbedingungen und Forderungen nach stabilem Betrieb von Anlagen, auch unter schwierigen Bedingungen und bei Anwesenheit von Störungen, am Wirkungsgradmaximum effektiv erfüllen zu können.

Durch die modulare Struktur, die Verwendung des IEC 61499 Standards und flexible Lizenzmodelle der E3ICP Reglerbibliothek wird ein breiter Einsatz zur Effizienzoptimierung industrieller Prozesse in modernen Automatisierungssystemen verschiedener Hersteller ermöglicht werden. Die Nutzung der Potentiale zur Optimierung von Industrie- und Gewerbeanlagen mittels Implementierung von E3ICP durch die Projektpartner aber auch externe Systemintegratoren als Lizenznehmer tragen somit signifikant zur Steigerung von Energie- und Ressourceneffizienz verfahrenstechnischer Anlagen bei.

2.2 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Mit den hohen Anforderungen an Leistungsfähigkeit, Effizienz, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit industrieller Anlagen geht eine massive Erhöhung der Komplexität dahinter stehender Automatisierungslösungen einher. Im Besonderen gilt das für den Einsatz eingebetteter Systeme im Groß- und Sondergerätebau, wie den Systemen der Energieerzeugung. Hier sind sowohl erhöhte Flexibilität als auch gesteigerte Effizienz der Erzeugung und Fertigung von Bedeutung. Zusätzlich kommen in den letzten Jahren gesteigerte Energiekosten und erhöhtes Umweltbewusstsein der Kunden sowie regulierende Maßnahmen (CO₂-Zertifikate) als beeinflussende Faktoren für den Betrieb von Produktionsanlagen hinzu. Klassische starre Automatisierungssysteme können diese komplexen, teilweise divergierenden Anforderungen nicht oder nur bedingt erfüllen.

Neue moderne Regelalgorithmen wie beispielsweise Modellprädikative Regelung (eng. Model Predictive Control MPC) ermöglichen eine im Betrieb durchgeführte Optimierung des Anlagenprozesses unter Berücksichtigung diverser Rahmenbedingungen wie beispielsweise Energieverbrauch, Rohstoffeinsatz oder Durchsatz. Des Weiteren erlauben solch hochwertige Automatisierungsansätze eine verbesserte Regelgüte bei variierenden bzw. teilweise nicht messbaren Prozesskennwerten. Diese modernen Regler sind in unterschiedlichsten Branchen erfolgreich in Verwendung, beispielsweise in der Energieerzeugung, industriellen Fertigungstechnik, chemischen Industrie, Gebäudetechnik, Holzindustrie (Biomasseverbrennung), Abwasserreinigungsanlagen, Lebensmittelindustrie, Müllverbrennung, Papierindustrie, uvm. Der energie- und kostenoptimale Betriebspunkt der meisten verfahrenstechnischen Anlagen liegt am äußersten Rand der möglichen Arbeitspunkt (Fahrweisenparameter). Eine Anlage stabil am Optimum zu betreiben, jedoch keine Grenzen (z.B. max. Temperaturen) zu überschreiten, erfordert eine intelligente Regelung, wie MPC, die ständig wechselnde Begrenzungen und variable Regelziele erlaubt.

Obwohl diese Anwendungen die großen Vorteile moderner Regelalgorithmen gezeigt haben, ist deren Einsatz auf Großanlagen der Rohölindustrie konzentriert. Der Hauptgrund dafür ist, dass moderne Regler nur auf zusätzlich zur Steuerungsinfrastruktur zu installierenden, leistungsfähigen Rechnern (PCs oder Server) lauffähig sind. Dies resultiert in höheren Anschaffungs-, sowie höheren Wartungskosten und ist daher für kleinere Anlagen unrentabel. Um den Einsatz von modernen Reglern für andere Anwendungen zu ermöglichen, wäre die Verwendung von bestehender industrieller Steuerungshardware (SPS-Systeme) notwendig. Die steigende Rechenleistung, welche in industriellen Steuerungen zur Verfügung steht würde den Anforderungen moderner Regelalgorithmen genügen, jedoch bieten SPS-Systeme zurzeit nicht den notwendigen funktionellen Umfang.

Daher soll im Rahmen dieses Projektes eine auf industriellen Steuerungen basierte Infrastruktur entwickelt werden, welche es erlaubt moderne Regelalgorithmen gemeinsam mit den klassischen Steuerungsaufgaben zu kombinieren und dadurch eine verbesserte Energieeffizienz einer breiten Masse von Anwendungen zugänglich zu machen.

2.3 Zielsetzungen des Projektes

Im Rahmen dieses Projektes sollen Möglichkeiten untersucht werden wie moderne Regler gemeinsam mit den notwendigen Steuerungsaufgaben in einer industriellen Steuerungsplattform integriert werden

können, um moderne Regler einer breiten Masse von Anwendungen zugänglich zu machen. Um dieses Ziel erreichen zu können muss eine Infrastruktur geschaffen werden, die den Engineeringprozess zur Implementierung von modernen Regelalgorithmen vereinfacht bzw. auf industriellen Steuerungssystemen ermöglicht. Basierend auf den Ergebnissen dieses Projektes wird es auch möglich sein, weitere komplexe Regelarchitekturen in industriellen Steuerungen implementierbar zu machen und dadurch die Lücke zwischen der Regelungstechnikforschung und -anwendung in der Industrie zu verringern. Hierfür soll eine passende Methode zur Modellierung von modernen Reglern entwickelt werden um Echtzeitanforderungen und flexible Abarbeitungsvarianten der Applikation zu unterstützen. Zur Unterstützung des Regelungstechnikers wird eine regelungstechnische Basisbibliothek geschaffen werden, die Grundelemente und Module aus konkreten Anwendungsfällen beinhaltet. Des Weiteren werden notwendige Komponenten entwickelt, die eine einfache und sichere Bewertung der Regelgüte und der Stabilität des Systems erlauben. Schlussendlich wird die echtzeitfähige Optimierungs- und Regelungsinfrastruktur für industrielle Steuerungen an einer Pilotanlage für Biomasseverbrennung, gezeigt.

3 Inhaltliche Darstellung

Zu Beginn dieses Projekts wurde eine ausführliche Analyse zur Prozessoptimierung mittels Model Predictive Control durchgeführt. Gestartet wurde mit einer umfangreichen „Stand der Technik und Wissenschaftsanalyse“. Anhand dieser Analyse wurden die Anforderungen an die Steuerungsinfrastruktur ermittelt. Anschließend wurden Anforderungen an die Modellierung für Steuerungsapplikationen ermittelt. Dabei wurde der Fokus auf den Standard IEC 61499 gelegt, welcher eine optimale Basis für die Modellierung von Event-basierten verteilten Steuerungsapplikationen und den industriellen Einsatz darstellt.

Des Weiteren wurde eine Demonstrator Anwendung definiert.

Erweiterung der Steuerungsinfrastruktur

Die echtzeitfähige Laufzeitumgebung 4DIAC-RTE (FORTE) wurde auf die Bachmann M1 Steuerung portiert. Im Zuge dieser Portierung wurde die I/O Anbindung der Zielplattform Bachmann M1 implementiert sowie eine Kommunikationsschnittstelle „Standard Variable Interface“ (SVI) für die Visualisierung von Bachmanns Solution Center realisiert. Dadurch ist es möglich Daten von der Steuerung nicht nur mit dem Visualisierungssystem FBDK (Function Block Development Kit) sondern auch mit dem Visualisierungssystem von Bachmann auszutauschen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Implementierung einer Basisbibliothek, die die Basisfunktionalitäten der klassischen Regelungstechnik erfüllen können und somit klassische Reglerstrukturen auf industriellen Steuerungen ausgeführt werden können. Hier wurde die IEC 61131 OSCAT Bibliothek als Basis herangezogen und ein großer Teil der Regelungstechnik Funktionen nach IEC 61499 portiert. Diese Funktionsblöcke wurden der Open Source Community 4DIAC frei zur Verfügung gestellt. Des Weiteren wurden spezielle E3ICP Funktionsblöcke für komplexe regelungstechnische Aufgaben implementiert.

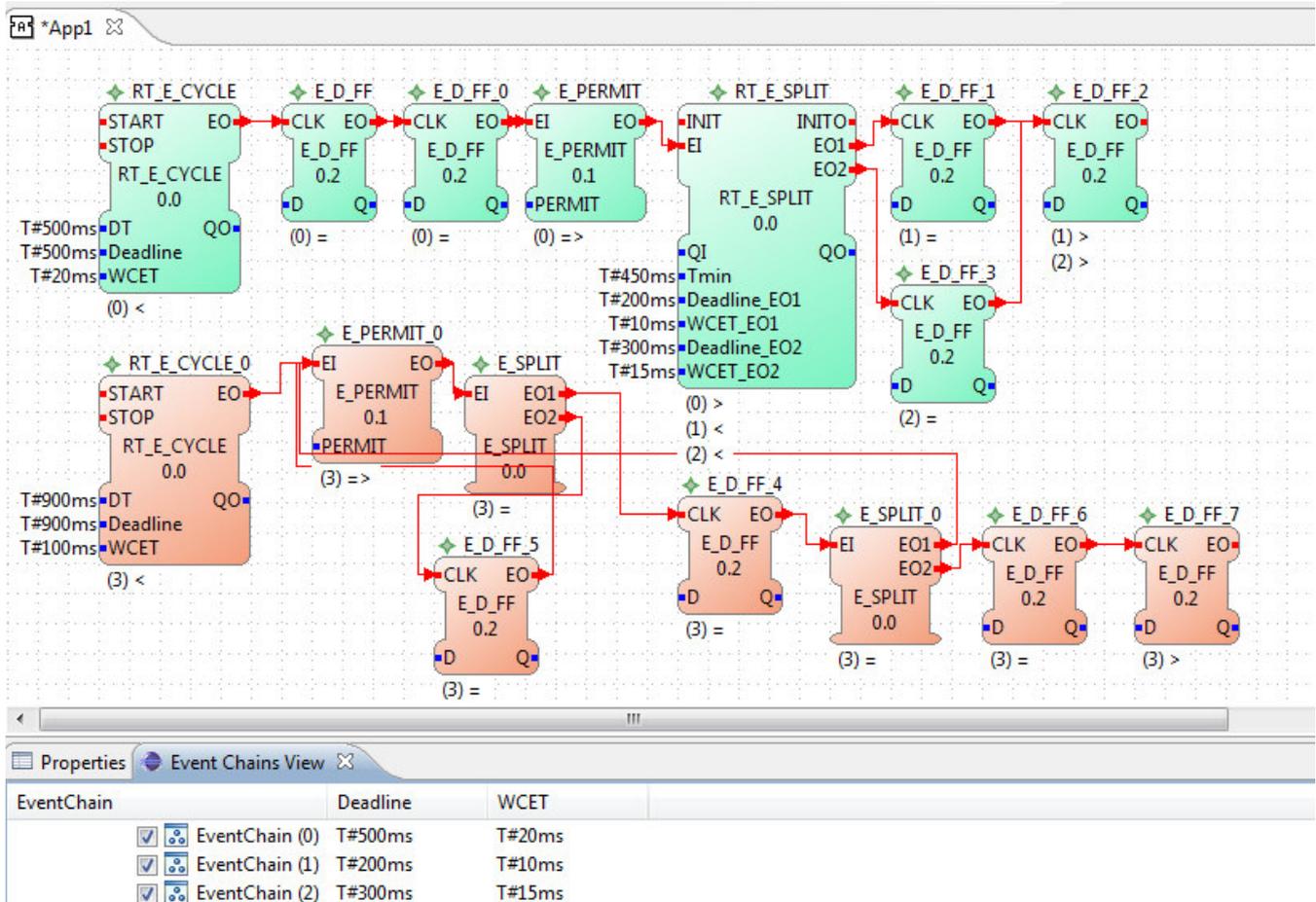


Abbildung 3: Entwickeltes 4DIAC-IDE Plug-In zur Identifikation von Event Chains

Parametrierungsmethode

Speziell bei der Parametrierung von MPCs ist ein übersichtliches und bedienerfreundliches, grafisches Userinterface wünschenswert, welches wir in diesem Projekt erarbeitet haben. Eine Vielzahl an Parametern ist für die Regler Performance ausschlaggebend. Besonders wichtig dabei ist die Möglichkeit einer online-Änderung aller Parameter. Bei der Inbetriebnahme von MPCs ist es meist notwendig folgende Parameter online zu tunen (d.h. Änderung der Parameter während der Laufzeit):

- Modellparameter
 - Totzeiten
 - Verstärkungen
 - Zeitkonstanten
- MPC Tuning Parameter
 - Move Penalty
 - Penalty on Error
 - Rate Limits
 - Constraints

In diesem Projekt wurde speziell darauf geachtet, dass diese Voraussetzungen erfüllt werden. In Abbildung 4 bis Abbildung 6 sind Screenshots unterschiedlicher Ebenen des grafischen Userinterface dargestellt.

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

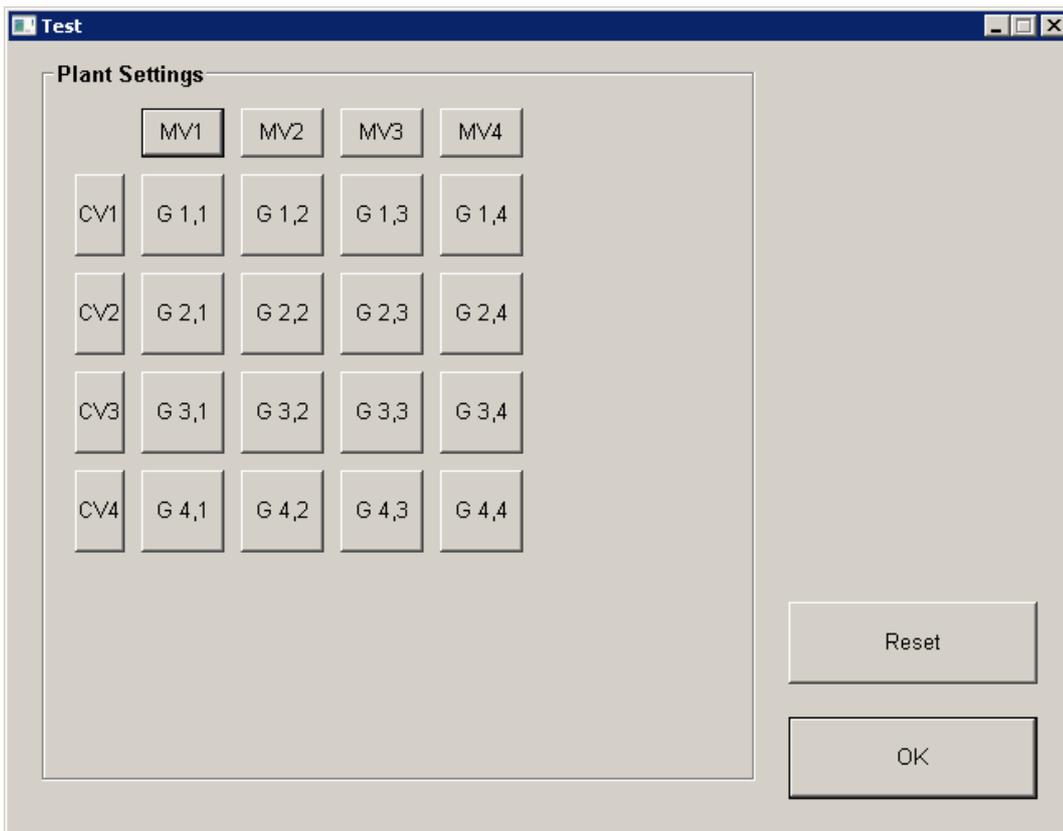


Abbildung 4: Grafisches Userinterface zur Auswahl der Einzelmodelle

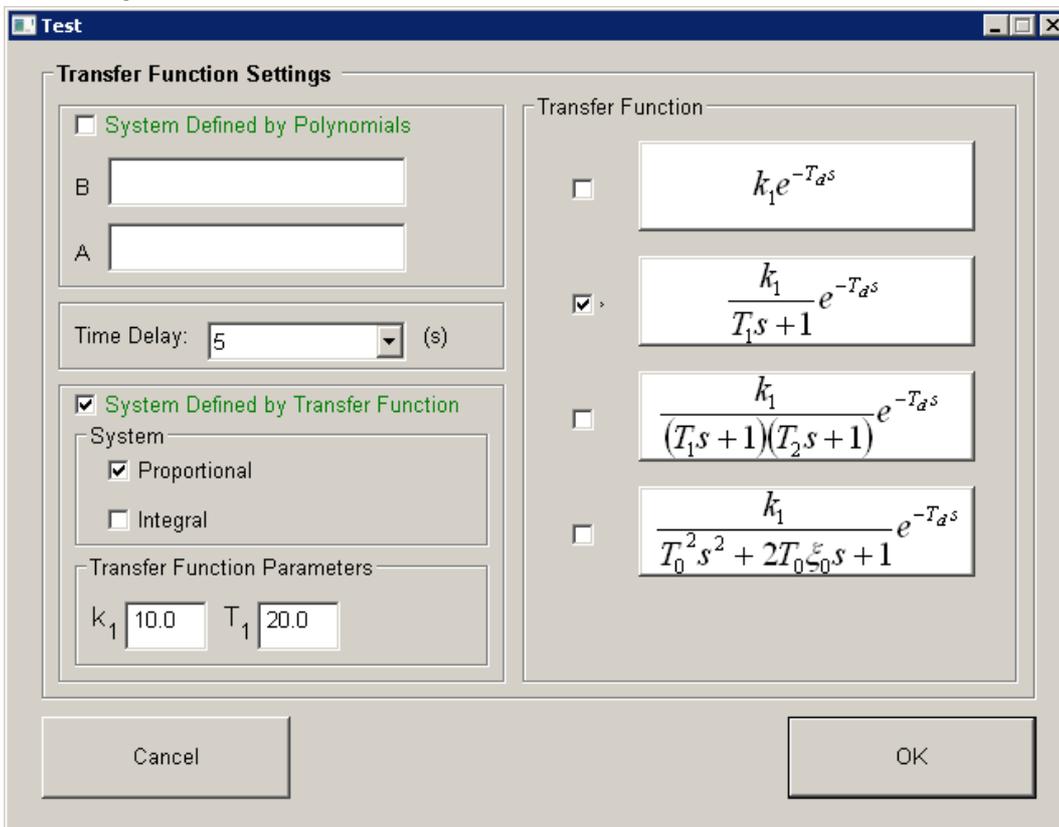


Abbildung 5: Grafisches Userinterface zur Eingabe der Modell-Übertragungsfunktion

Das grafische Userinterface wurde in Matlab und in IEC 61131 CodeSys implementiert.

Wie bereits erwähnt müssen für die Parametrierung des MPCs die Übertragungsfunktionen von jeder Stellgröße (engl. Manipulated Variable (MV)) auf jede Regelgröße (engl. Controlled Variable (CV)) gefunden werden, siehe Abbildung 4. Um diese Übertragungsfunktionen zu erhalten, werden Open-Loop Identifikationen mit folgendem Ablauf durchgeführt:

1. Abwarten eines störungsarmen Steady-State der Anlage
2. Alle MVs auf Handbetrieb umschalten
3. Mit dem ausgewählten MV einen Sprungversuch einleiten. Dabei muss die Sprunghöhe größer sein als das Prozessrauschen, aber gleichzeitig dürfen keine Anlagengrenzen verletzt werden.
4. Steady-State aller CVs abwarten
5. Mit den gespeicherten Messdaten kann nun eine offline Identifikation des MVs auf alle CVs durchgeführt werden
6. Bei unzulänglichen Ergebnissen muss die Prozedur wiederholt werden

Nach erfolgreicher Modellidentifikation aller Modelle kann der MPC mit einer Standard-Parametrierung der Tuningparameter im Closed-Loop getestet werden. Je genauer die Modelle, desto aggressiver können die Tuningparameter eingestellt werden.

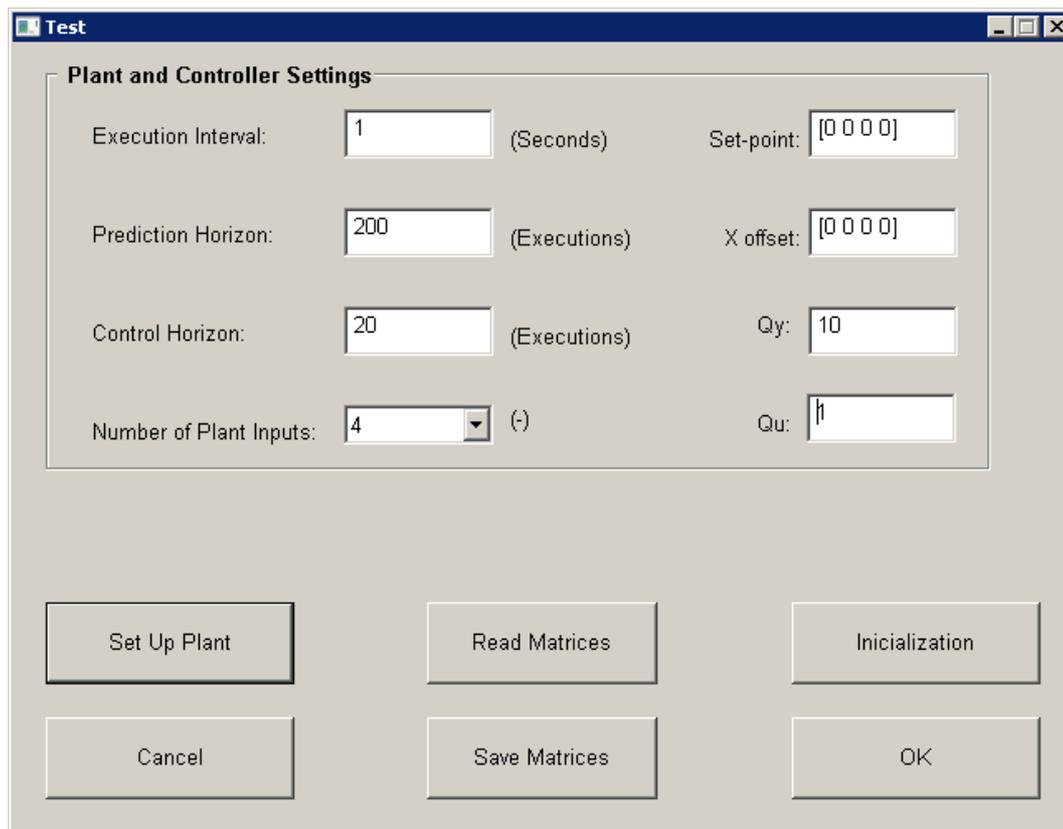


Abbildung 6: Grafisches Userinterface zur Parametrierung des MPCs

Demonstration, Experimente, Evaluation und Verbesserungen

Der MPC Algorithmus wurde nicht aus dem ACADO Toolkit verwendet, da dieser nicht die gewünschte Flexibilität bietet. Deshalb wurde ein eigener MPC Algorithmus entwickelt gemäß „Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB®“ von Liuping Wang, dessen

Kostenfunktion vom qpOASES Solver minimiert wird. Dieser Solver wird in der Armadillo Mathematik Bibliothek, die zuvor in die E3ICP Infrastruktur implementiert wurde, zur Verfügung gestellt.

Die Grundlegenden Gleichungen des MPC beginnen mit der Zustandsraumdarstellung des Modells:

$$x(k + 1) = Ax(k) + B\Delta u(k)$$

$$y(k) = Cx(k),$$

aus welchem sich ein „augmented“ Zustandsraum Modell ableiten lässt:

$$Y = Fx(k_i) + \Phi\Delta U,$$

mit

$$F = \begin{bmatrix} CA \\ CA^2 \\ CA^3 \\ \vdots \\ CA^{N_p} \end{bmatrix}; \Phi = \begin{bmatrix} CB & 0 & 0 & \dots & 0 \\ CAB & CB & 0 & \dots & 0 \\ CA^2B & CAB & CB & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ CA^{N_p-1}B & CA^{N_p-2}B & CA^{N_p-3}B & \dots & CA^{N_p-N_c}B \end{bmatrix}.$$

Nun kann die Kostenfunktion angeschrieben werden, welche es zu minimieren gilt:

$$J = (R_s - Y)^T (R_s - Y) + \Delta U^T \bar{R} \Delta U,$$

mit den Gewichtungsmatrizen für Error R_s und Move \bar{R} .

Die Modellbildung des MPC wurde für den BIO-Kessel 2 des Heizkraftwerks Altenmarkt durchgeführt. Das Übersichtsbild der Gesamtanlage ist in Abbildung 7 dargestellt.

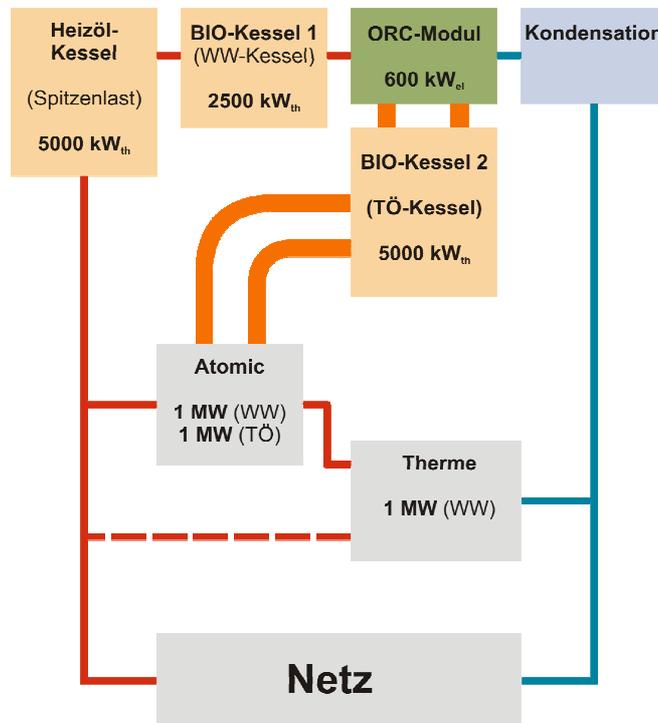


Abbildung 7: Übersichtsbild Biomasse-Heizkraftwerk Altenmarkt

Der entwickelte MPC Algorithmus und die zugehörige Implementierung wurde in der Simulation getestet. Die Ergebnisse der Closed-Loop-Performance Messung mit und ohne Constraint Parameter ist in Abbildung 8 und Abbildung 9 dargestellt.

Ersichtlich in Abbildung 8 und Abbildung 9 ist die Soll- und Istwert Frischdampf Menge, Restsauerstoff, Feuerraumtemperatur und Feuerlage über einen Zeitraum von 2000 Samples (2h 47min). Bei Sample 500, 800 und 1000 werden Sollwertsprünge für Restsauerstoff, Frischdampf Menge und Feuerlage durchgeführt. Ohne Constraint Parameter werden die Sollwerte innerhalb von 100 Samples erreicht. Mit Stellgrößen Constraint Parameter können allerdings nur Trade Offs erreicht werden, da ein Freiheitsgrad fehlt.

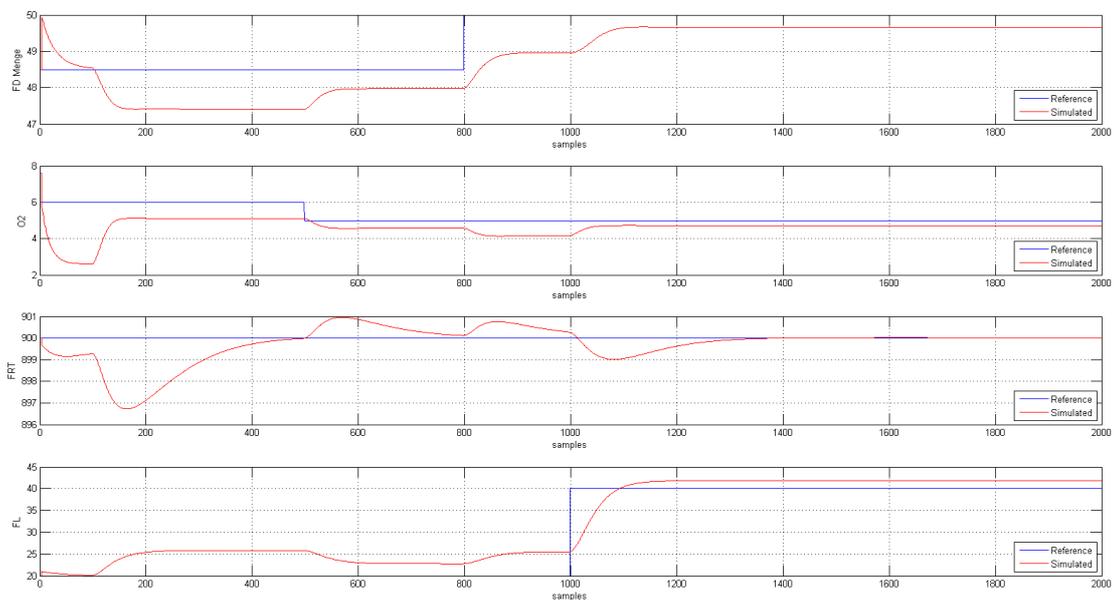


Abbildung 8: MPC Performance mit Constraint Parameter definition

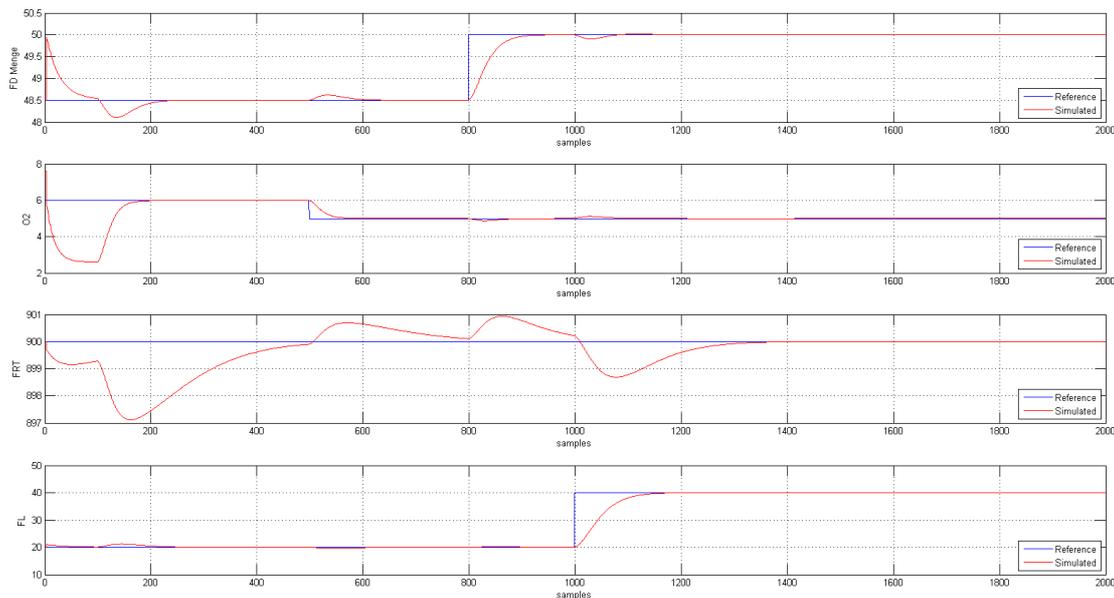


Abbildung 9: MPC Performance ohne Constraint Parameter definition

Anschließend wurde die Implementierung des MPC Algorithmus mit der Modellierungssprache IEC 61499 durchgeführt. Eine gemeinsam mit dem Projektpartner entwickelte MPC Struktur wurde wie oben beschrieben definiert. Basierend darauf wurde das IEC 61499 Funktionsbaustein-Interface definiert. Das Projekt hat gezeigt, dass auch sehr komplexe und rechenintensive Algorithmen auf einer SPS abgearbeitet werden können. Durch die Trennung der Abarbeitung der Algorithmen in die Bereiche „Initialisierung“ und „Echtzeit“ Berechnung, wird die geforderte Performance erreicht.

Der MPC Algorithmus wurde zu Beginn in Matlab/Simulink (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 9) modelliert und getestet, anschließend wurde der Algorithmus in einen IEC 61499 Funktionsbaustein unter Verwendung der Mathematik Bibliothek „Armadillo“ implementiert.

Anhand eines Testaufbaus konnten wir den MPC Algorithmus auf der Bachmann M1 Steuerung testen. Dabei wurden zwei zusätzliche Funktionsbausteine (FBe) verwendet. Ein FB inkludierte alle Matrizen des Systems d.h. $matA=A$, $matB=B$, $matC=C$ und $matD=D$. Dieser FB wird nur bei der Initialisierung getriggert. Ein zweiter FB inkludiert alle Parameter um den MPC zu parametrieren, z.B.: N_P =Prediction Horizon, N_C =Control Horizon, Y_{Offset} =Offset, $r_{Setpoint}$ =gemessener Istwert, usw. Abbildung 10 zeigt den Aufbau der IEC 61499 Implementierung in 4DIAC-IDE. Die Anforderungen der Prozessindustrie für das Ausführen des zyklischen Optimierungsalgorithmus liegen bei ca. 10s. Wir haben eine Zykluszeit von 1s erreicht. Unter Verwendung einer leistungsfähigeren Hardware kann die Zykluszeit noch niedriger gesetzt werden. Wobei in der Prozessindustrie diese hohen Anforderungen nicht notwendig sind. Diese Applikation wurde anschließend erweitert. Dabei wurde die Visualisierung verwendet, die zur Regler-Parametrierung entwickelt wurde, eingebunden. Hierfür wurden zusätzliche Funktionsbausteine entwickelt, die den Zugriff auf externe Module (Externe SVI Module) auf der Bachmann Infrastruktur ermöglicht. Somit ist eine externe Implementierung (eigenes Bachmann Software Modul) auf der Bachmann SPS möglich und der MPC kann über die definierte Schnittstelle mit dem externen

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Softwaremodul kommunizieren. Abbildung 11 zeigt den Screenshot der finalen Implementierung inkl. der Anbindung der externen Visualisierung der Regler Parametrierung.

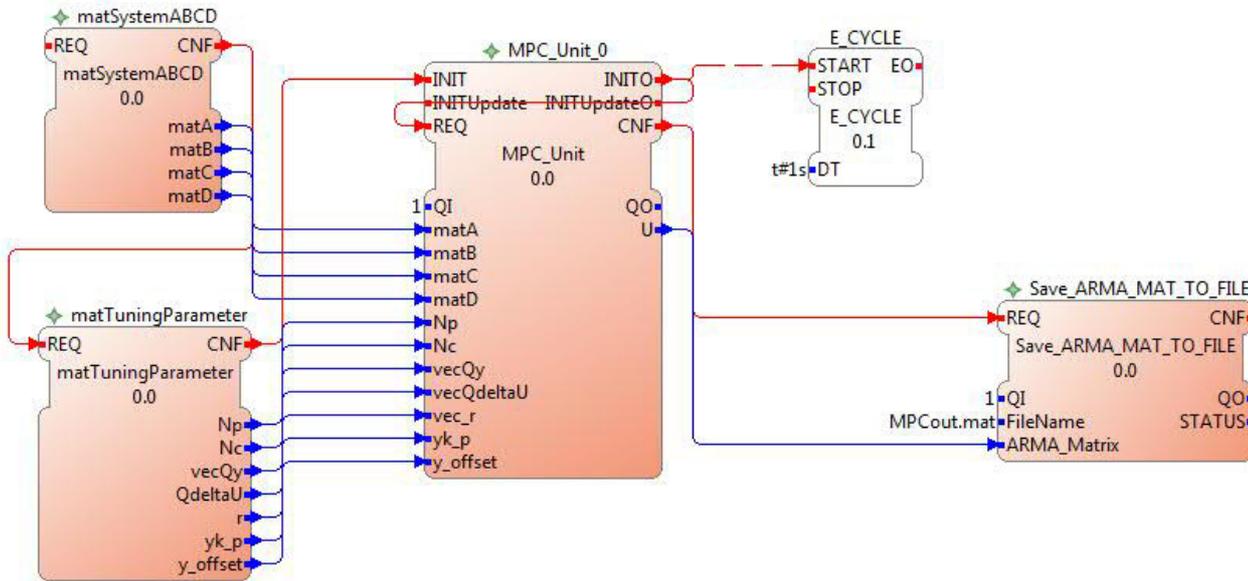


Abbildung 10: Testaufbau MPC Funktionsbaustein mit Anbindung der Systemmatrizen und Tuningparameter

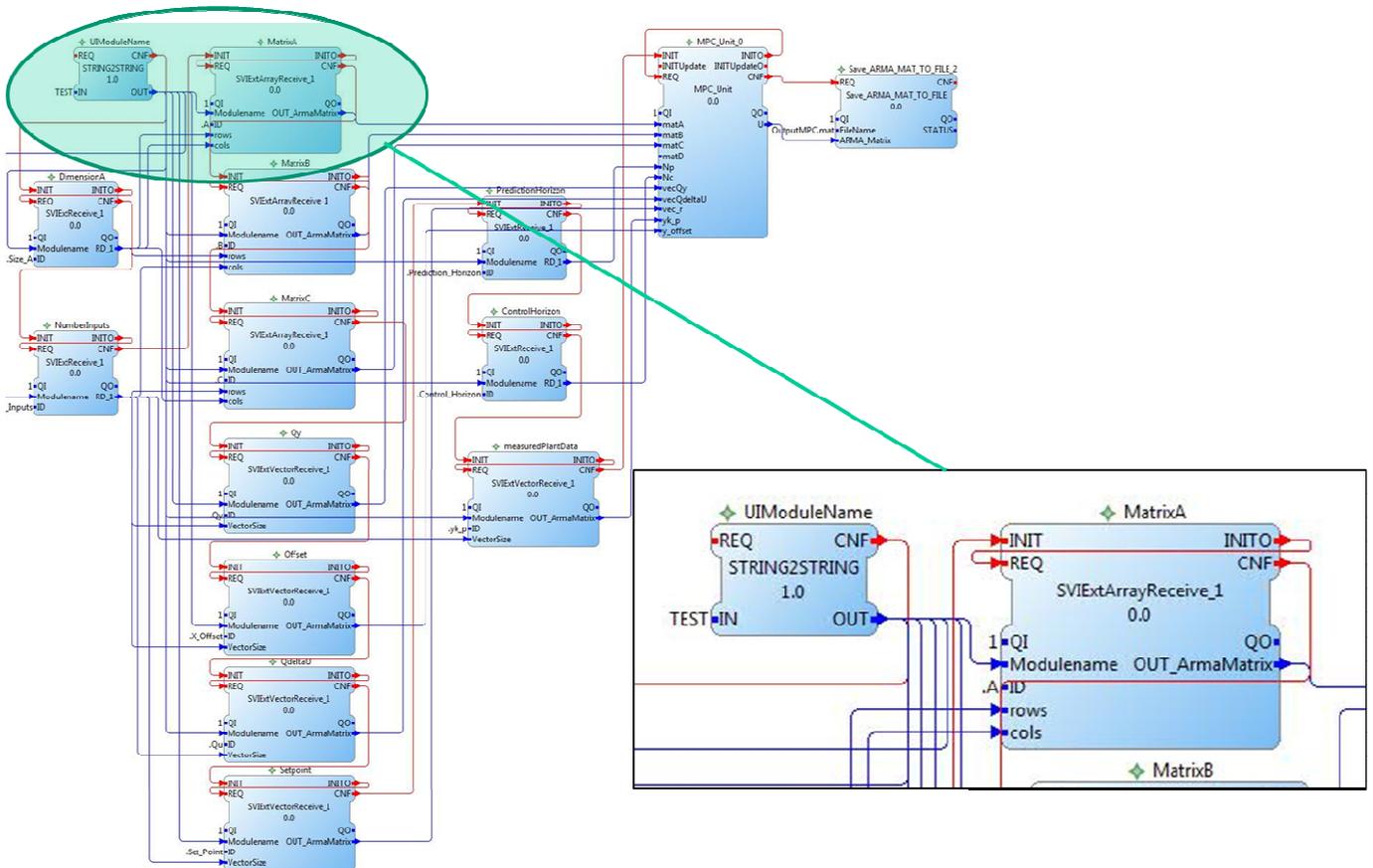


Abbildung 11: Finale Implementierung mit Anbindung der Tuningparameter und der Systemmatrix aus der Visualisierung für die Reglerparametrierung

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Basierend auf den Ergebnissen dieses Projektes ist es auch möglich, weitere komplexe Regelarchitekturen in industriellen Steuerungen implementierbar zu machen und dadurch die Lücke zwischen der Regelungstechnik-Forschung und -Anwendung in der Industrie zu verringern. Hierfür wurde eine passende Methode zur Modellierung von modernen Reglern entwickelt, um Echtzeitanforderungen und flexible Abarbeitungsvarianten der Applikation zu unterstützen. Zur Unterstützung des Regelungstechnikers wurde eine regelungstechnische Basisbibliothek geschaffen, die Grundelemente und Module aus konkreten Anwendungsfällen beinhaltet. Des Weiteren wurden notwendige Komponenten entwickelt, die eine einfache und sichere Bewertung der Regelgüte und der Stabilität des Systems erlauben. Schlussendlich wurde die echtzeitfähige Optimierungs- und Regelungsinfrastruktur für industrielle Steuerungen in der Simulation gezeigt.

In diesem Projekt wurde die Anwendung im Bereich Biomasse Heiz- und Kraftwerke behandelt. Durch die Implementierung eines MPC Algorithmus auf einer SPS kann diese Technologie auch in kleineren Biomasse Kraftwerken gewinnbringend eingesetzt werden. VOIGT+WIPP wird die Ergebnisse aus diesem Projekt in den folgenden Jahren aufarbeiten und weiterentwickeln, um für die Kunden eine maßgeschneiderte Lösung innerhalb kurzer Zeit implementieren und parametrieren zu können.

Auch für andere Branchen können die Ergebnisse des Projektes aufbereitet werden:

VOIGT+WIPP Engineers verfügt über umfassendes Know-How in der Pulp & Paper und Holz-Industrie, wo die Ergebnisse des E3ICP Projektes sehr interessant sind. Zwar werden in großen industriellen Anlagen kommerzielle Modellbasierte Regelungen oft auf Industrie PCs ausgeführt. Die Wartung der Hardware, sowie die Softwarekosten stellen hier kein unerhebliches Thema dar. Es bietet sich also an eine kompakte Lösung auf einer zusätzlichen SPS einzusetzen.

Erfahrungen basierend auf Gesprächen bei wissenschaftlichen Konferenzen haben gezeigt, dass die E3ICP auch für den Bereich der Building Automation Vorteile bringt und der Bedarf besteht solche Technologien einzusetzen. Hierfür kann die unsere entwickelte regelungstechnische Infrastruktur für die Regelung und Steuerung von Industrie- und Bürogebäude eingesetzt werden. Lösungen mit Modellprädiktiver Regelung in diesem Bereich sind derzeit noch nicht sehr verbreitet, stellen aber ein erhebliches Potential dar und erste Anforderungen an diese Technologie sind schon wissenschaftlich publiziert.

Nicht nur andere Branchen, sondern auch andere Algorithmen können mit der E3ICP Plattform bedient werden. Die Plattform ermöglicht die Entwicklung anderer APC (Advanced Process Control) Algorithmen, die derzeit meist nur auf Industrie PC implementierbar sind:

Beispielsweise die Implementierung von „Zustandsbeobachter“, diese sind Algorithmen zur Berechnung von Prozessgrößen, die nicht gemessen werden bzw. nicht messbar sind. Sie kommen in der Prozessindustrie häufig zum Einsatz, da man teure Sensorik sparen bzw. die Regler Performanz eines Prozesses maßgeblich verbessern kann. Mit Fuzzy-Logic können Prozesse geregelt werden, die mit anderen Regelstrategien aufgrund von Nichtlinearitäten und stark veränderlichen Prozessmodellen sehr schwierig zu kontrollieren und Regeln sind. Die Implementierung einer Fuzzy-Logic Toolbox auf der E3ICP Plattform ist also naheliegend.

Die konsequente Weiterentwicklung des MPCs beinhaltet auch die Implementierung eines nichtlinearen MPCs auf der Steuerung. Diese Algorithmen sind noch rechenintensiver als lineare MPCs und bedürfen

einer individuellen Abstimmung mit dem Prozess. Das heißt, nichtlineare MPC Algorithmen werden speziell für jede Aufgabenstellung neu modelliert und anschließend implementiert.

Die in diesem Forschungsprojekt implementierte Infrastruktur stellt eine grundlegende Basis bereit, die in unterschiedlichsten Anwendungsdomänen eingesetzt werden kann und im Bereich der Biomasse Energieerzeugung eingesetzt wird.

5 Ausblick und Empfehlungen

Für die kommenden Anforderungen der Industrie ist es notwendig die Reglerbibliothek zu erweitern, um das Engineering Regelungstechnischer Aufgaben rascher umsetzen zu können. Die Funktionalität des entwickelten linearen MPC Algorithmus muss ebenfalls noch optimiert und erweitert werden, damit der MPC mit anderen kommerziellen Produkten konkurrieren kann.

Ein künftiges interessantes Forschungsprojekt ist auch die Umgestaltung der „Real Time Chain“ für komfortableres Engineering. Dabei muss die Bewertung und Modellierung der Real-time Anforderungen in einer Event-Chain automatisiert erfolgen.

VOIGT+WIPP wird die Ergebnisse aus diesem Projekt in den folgenden Jahren aufarbeiten und weiterentwickeln, um für die Kunden eine maßgeschneiderte Lösung innerhalb kurzer Zeit implementieren und parametrieren zu können. Um dieses Ziel erreichen zu können sind künftige Forschungsprojekte geplant. Das ACIN wird ebenfalls diese Thematik weiter verfolgen und in diesem Bereich Forschung betreiben.

Auch für andere Branchen können die Ergebnisse des Projektes aufbereitet werden:

VOIGT+WIPP Engineers verfügt über umfassendes Wissen in der Pulp & Paper und Holz-Industrie, wo die Ergebnisse des E3ICP Projektes notwendig sind.

Erfahrungen basierend auf Gesprächen bei wissenschaftlichen Konferenzen haben gezeigt, dass die E3ICP auch für den Bereich der Building Automation Vorteile bringt und der Bedarf besteht solche Technologien einzusetzen. Hierfür kann die unsere entwickelte regelungstechnische Infrastruktur für die Regelung und Steuerung von Industrie- und Bürogebäude eingesetzt werden.

Lösungen mit Modellprädiktiver Regelung in diesem Bereich sind derzeit noch nicht sehr verbreitet, stellen aber ein erhebliches Potential dar und erste Anforderungen an diese Technologie sind schon wissenschaftlich publiziert. Das Konsortium ist bestrebt auch hier Partner für ein künftiges Forschungsprojekt zu finden um diese Technologie noch breiter (anderen Anwendungsdomänen) einzusetzen.

Nicht nur andere Branchen, sondern auch andere Algorithmen können mit der E3ICP bedient werden. Die Plattform ermöglicht die Einbindung anderer APC (Advanced Process Control) Algorithmen, die derzeit meist nur auf Industrie PCs implementierbar sind. Die konsequente Weiterentwicklung des MPCs beinhaltet auch die Implementierung eines nichtlinearen MPCs auf der Steuerung. Diese Algorithmen sind noch rechenintensiver als lineare MPCs und bedürfen einer individuellen Abstimmung mit dem Prozess und der Abstimmung mit der Entwicklung von Steuerungshardware Herstellern.

Die in diesem Forschungsprojekt implementierte Infrastruktur stellt eine grundlegende Basis bereit, die in unterschiedlichsten Anwendungsdomänen eingesetzt werden kann und im Bereich der Biomasse Energieerzeugung eingesetzt wird.

6 Literaturverzeichnis

[1] M. Wenger, R. Hametner, A. Zoitl, A. Voigt:

"Industrial Embedded Model Predictive Controller Platform";

Talk: IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), France, Toulouse; 09-05-2011 - 09-09-2011; in: *"Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation"*, (2011), ISBN: 978-1-4577-0018-7; 4 pages.

[2] R. Hametner, D. Winkler, A. Zoitl:

"Agile Testing Concepts Based on Keyword-driven Testing for Industrial Automation Systems";

Talk: IECON, Montreal, Canada; 10-25-2012 - 10-28-2012; in: *"IECON 2012 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society"*, (2012), ISBN: 978-1-4673-2420-5; 3707 - 3712.

[3] R. Hametner, Georg Schitter, Andreas Voigt, Alois Zoitl:

"Implementation Guidelines for Closed Loop Control Algorithms on PLCs";

Talk: ICIT, Cape Town, South Africa; 02-25-2013 – 02-28-2013, in: *"ICIT 2013 - IEEE International Conference on Industrial Technology"*, (2013), ISBN: 978-1-4673-4568-2.

7 Anhang

IMPRESSUM

Verfasser

Technische Universität Wien
Institut für Automatisierungs- und
Regelungstechnik
Georg Schitter
Gusshausstrasse 27-29/E376
1040 Wien
Tel: +43 1 58801 37601
Fax: +43 1 58801 37699
E-Mail: schitter@acin.tuwien.ac.at
Web: <http://www.acin.tuwien.ac.at>

Projektpartner

VOIGT+WIPP Engineers GmbH
Märzstraße 120, 1150 Wien
Tel: +43 1 2350032 - 0
Fax: +43 1 2350032-99
E-Mail: office@at.vo-wi.eu
Web: <http://voigt-wipp.at/>

Projektleiter

Reinhard Hametner,
Institut für Automatisierung- und
Regelungstechnik, Technische Universität
Wien

AutorInnen

TU Wien, Institut für Automatisierungs- und
Regelungstechnik
– Reinhard Hametner

VOIGT+WIPP Engineers GmbH
– Lukas Haffner

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch
die Forschungsförderungsgesellschaft
(FFG) sind für die Weiternutzung der hier
enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH