

Unterstützung beim Erlernen von Regelungstechnik durch die interaktive Software *pzMove*

Von B. Eng. Daniel Weindler, Prof. Dr. Peter Zentgraf und Christian Ostermaier, Hochschule Rosenheim

1 Motivation

Vielen Studierenden fällt das Erlernen regelungstechnischer Zusammenhänge schwer. Wesentliche Schwierigkeit bereitet vor allem das Verständnis um die Auswirkung der Lage von Null- und Polstellen auf die Systemdynamik. Will der Studierende diese Parameter ändern und die Auswirkung visualisieren, erfordert das viel Rechen- und Zeichenarbeit und/ oder Programmierkenntnisse. Das lenkt vom eigentlichen Lernziel, dem Verständnis, ab. Software kann dem Studierenden diese Arbeit abnehmen. So kann der Studierende spielend den Zusammenhang begreifen und ein Gefühl für die Sensibilität des Systemverhaltens entwickeln.

Aus dieser Motivation heraus wurde an der Hochschule Rosenheim mittels MATLAB® das Programm *pzMove* entwickelt und den Studierenden zur Verfügung gestellt. Es ist unabhängig von proprietärer Software und kann für nichtkommerzielle Zwecke kostenlos heruntergeladen werden (siehe [5]).

Im Folgenden werden zunächst die Features von *pzMove* im Überblick genannt. Danach werden einige der Möglichkeiten, die *pzMove* bietet, noch einmal detaillierter anhand von Anwendungsbeispielen beschrieben.

2 Die Features der Lernsoftware *pzMove* im Überblick

Das sind die Features von *pzMove* im Überblick:

1. Eingabe frei wählbarer Übertragungsfunktionen
 - in Form eines Bruches oder
 - via Pol-Nullstellen-Diagramm
2. Analyse des Systemverhaltens
 - einzelner Übertragungsglieder
 - im geschlossenen Regelkreis (von bis zu vier Eingängen auf Regelfehler, Stellgröße und Regelgröße)
3. Analyse der Systemdynamik mittels folgender Diagramme:
 - Bode- Diagramm
 - Nyquist-Diagramm
 - Nichols-Diagramm
 - Sprung-Antwort
 - Impuls-Antwort
 - Antwort auf frei wählbare Eingangssignale, z.B. diskrete Impulse oder Rauschen
4. Verfahren der automatisierten Reglersynthese, z.B. Ziegler-Nichols oder Chien, Hrones und Reswick

3 Anwendungsbeispiele der Lernsoftware *pzMove*

pzMove besteht aus zwei Teilanwendungen. Die Eine, *system analysis*, dient der Analyse einzelner Übertragungsglieder. Die Andere, *controller design*, dient der Systemanalyse im geschlossenen Regelkreis mit mehreren Eingängen sowie der Reglersynthese. Abbildung 1 zeigt die Benutzeroberfläche von *pzMove* – *system analysis*.

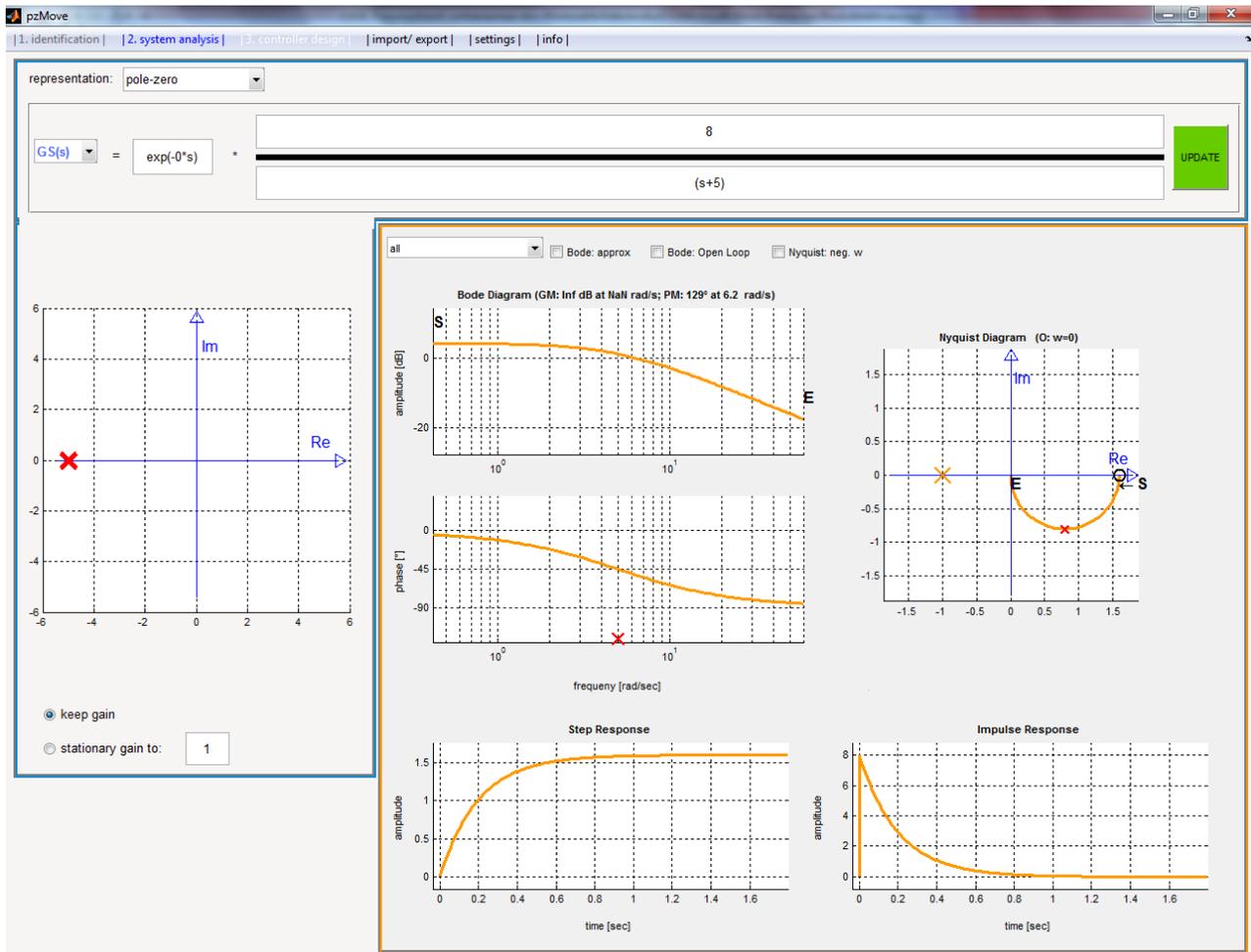


Abbildung 1: Benutzeroberfläche von *pzMove* – *system analysis*

pzMove bietet die Möglichkeit beliebige Übertragungsfunktion einzugeben. An die Formatierung der Übertragungsfunktion werden so wenige Ansprüche wie möglich gestellt. So kann die Eingabe einer Übertragungsfunktion auf drei verschiedene Weisen erfolgen. Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen, beispielhaft für ein schwingungsfähiges PT2-Glied, die drei Möglichkeiten eine Übertragungsfunktion in *pzMove* einzugeben. Diese sind

1. Das Hinzufügen oder Löschen von Null- oder Polstellen im Pol-Nullstellen-Diagramm
2. Die Eingabe eines Bruches im Zeitkonstanten-Format, im Pol-Nullstellen-Format, im Polynom-Format oder ohne Normierung
3. Das Verschieben vorhandener Pol- oder Nullstellen im Pol-Nullstellen-Diagramm.

Ändert man die Übertragungsfunktion auf eine dieser Weisen, wird das Objekt, das nicht für die Eingabe verwendet wird, synchronisiert.

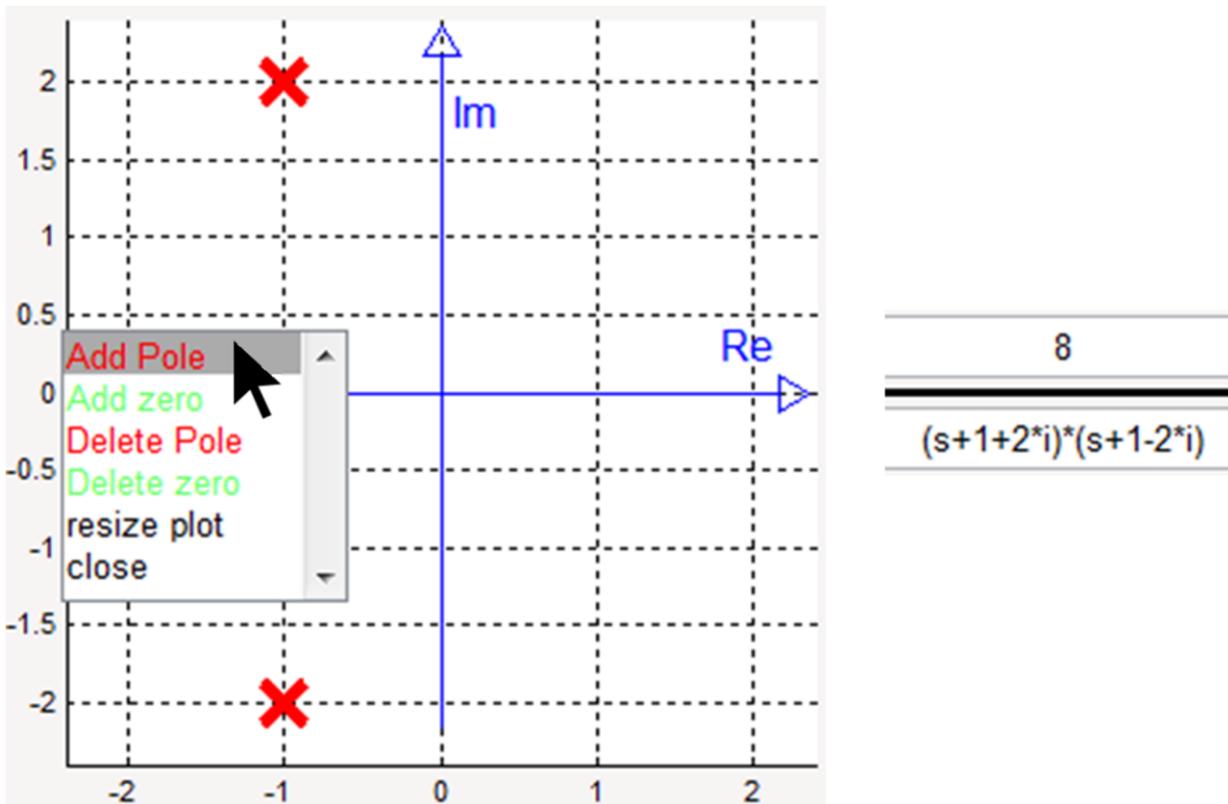


Abbildung 2: Definition einer Übertragungsfunktion in *pzMove* (links via Hinzufügen eines Polpaars im Pol-Nullstellen-Diagramm, rechts via Eingabe eines Bruchs)

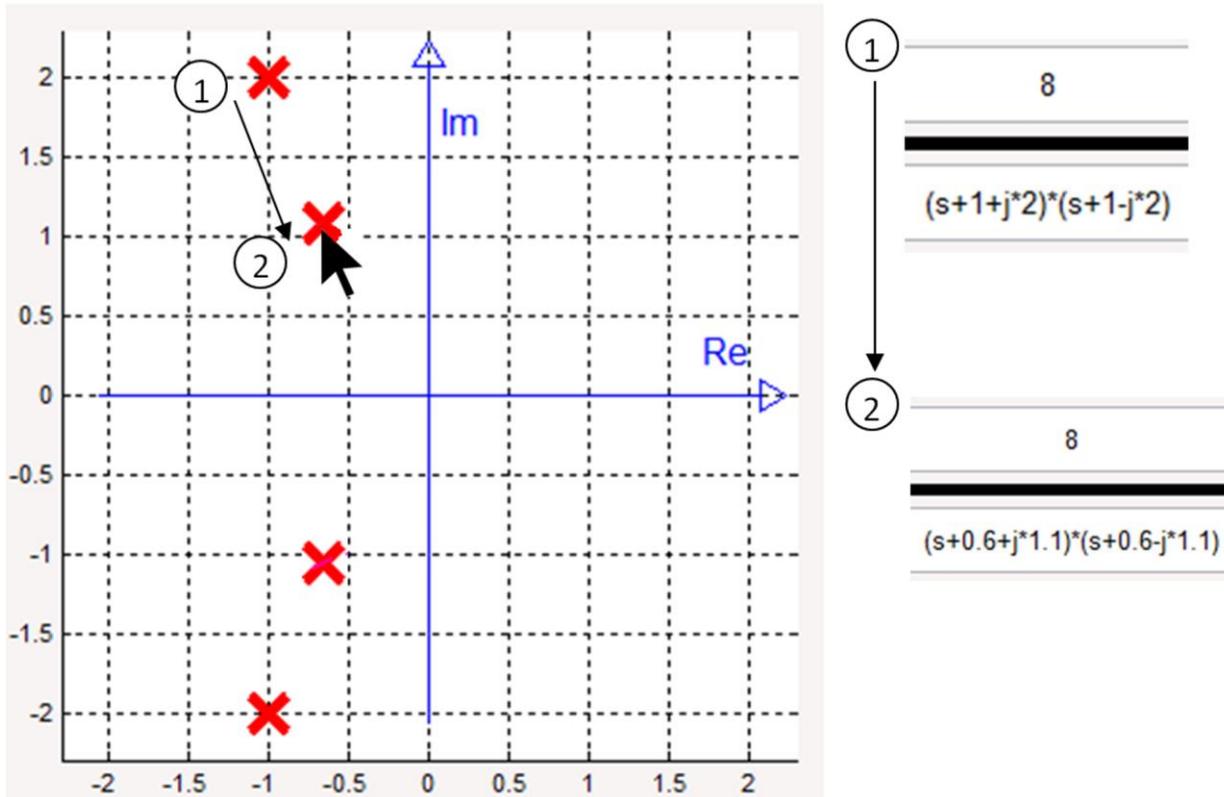


Abbildung 3: Definition einer Übertragungsfunktion in pzMove durch die Verschiebung eines vorhandenen Polpaars im Pol-Nullstellen-Diagramm von Position 1 auf Position 2. Die Anzeige der Übertragungsfunktion wird automatisch synchronisiert.

Durch die fehlende Notwendigkeit der Vorformatierung wird eine unnötige Barriere und Fehlerquelle gemieden.

Die auf diese Weise definierten Pol- und Nullstellen lassen sich nun in dem Pol-Nullstellen-Diagramm verschieben. Die Verschiebbarkeit lässt sich für die ausgewählte Null- oder Polstelle sinnvoll einschränken. Folgende Einschränkungen sind möglich:

- Fixierung des Dämpfungswinkels
- Fixierung der Amplitude
- Fixierung des Realteils
- Fixierung des Imaginärteils

Wird zum Beispiel für das konjugiert komplexe Polpaar die Fixierung des Dämpfungswinkels ausgewählt, so kann es der Studierende nur entlang des aktuellen, eingezeichneten Dämpfungswinkels verschieben. Es ändert sich also nur der Betrag des Polpaars, während der Dämpfungswinkel konstant bleibt.

Die Auswirkung des fixierten Winkels kann der Studierende mithilfe gängiger Diagramme untersuchen. Im Frequenzbereich stehen dazu das Bode-Diagramm, das Nyquist-Diagramm und das Nichols-Diagramm zur Verfügung, im Zeitbereich die Sprungantwort, die Impulsantwort und die Antwort auf beliebig vorgebbare Eingänge.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft, wie der Studierende mithilfe der Sprungantwort die Bedeutung des Dämpfungswinkels erleben kann. Verschiebt er das Polpaar von Position 1 auf Position 2

entlang des fixen Dämpfungswinkels, ändert sich die Dämpfung des Systems nicht. Es ändert sich lediglich die Skalierung der Achsen, nicht der Verlauf der Sprungantwort.

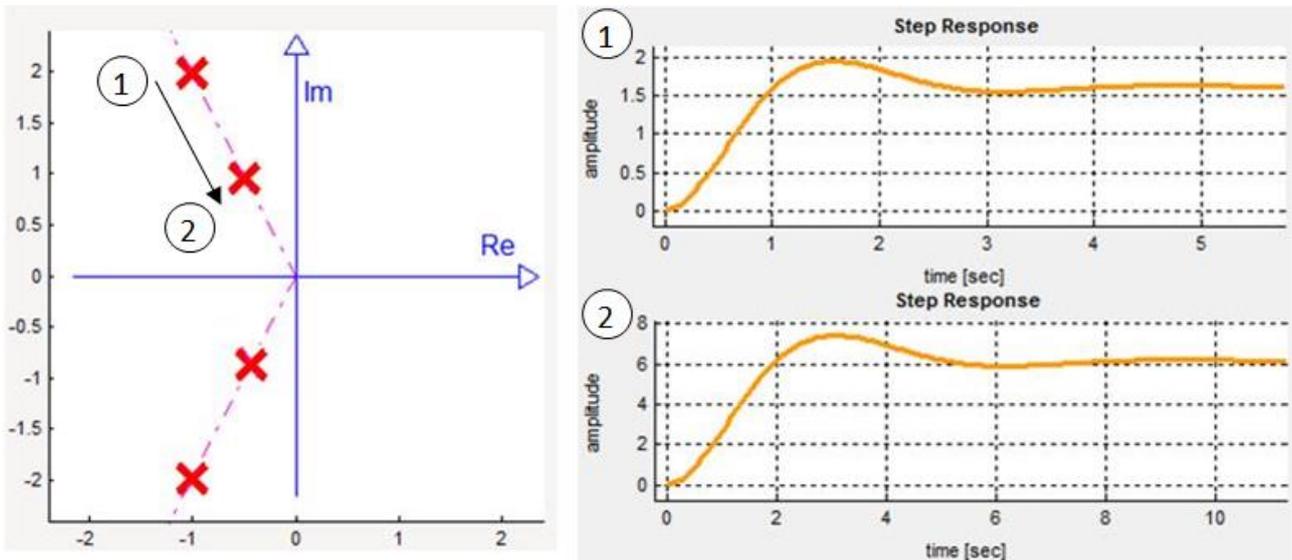


Abbildung 4: Visualisierung der Bedeutung des Dämpfungswinkels. Zu beachten ist insbesondere die Achsenskalierung.

Oder der Studierende stellt in den Einstellungen die Fixierung des Betrags des Polpaars ein. Dann kann er, z.B. mithilfe der Sprungantwort, beobachten, wie bei der Verschiebung des Polpaars von Position 1 nach Position 2 die stationäre Verstärkung konstant bleibt, während sich die Dämpfung ändert.

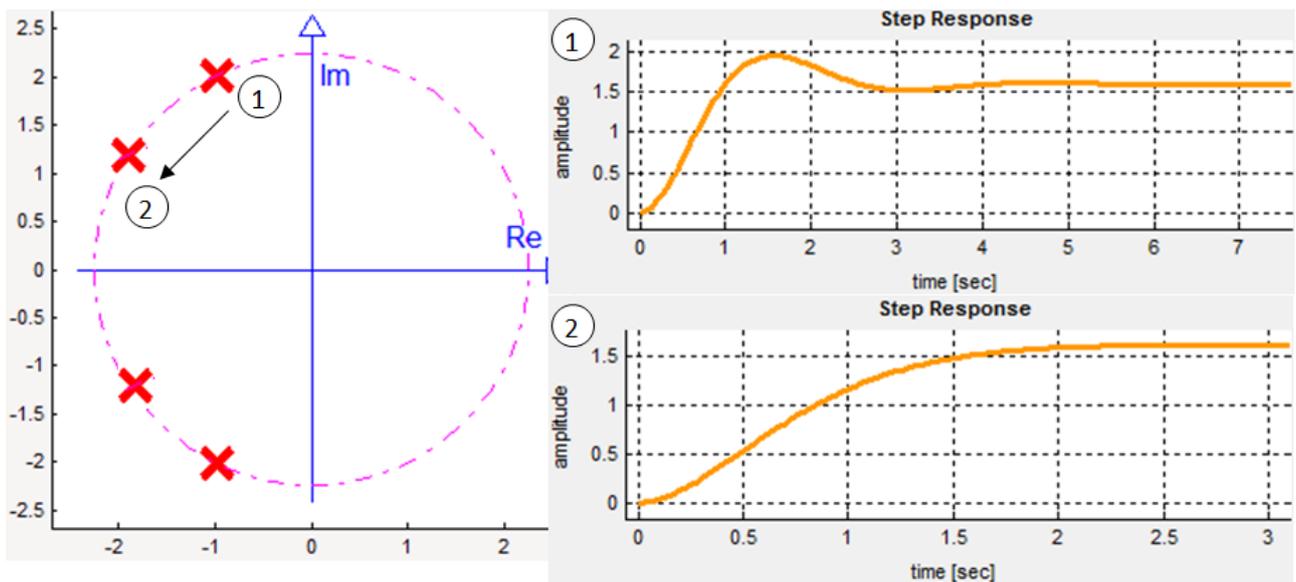


Abbildung 5: Visualisierung der Bedeutung des Betrags von Eigenwerten

In gleicher Weise lassen sich mittels der Fixierung von Real- und Imaginärteil, deren Bedeutung erfahren.

Neben dem Verhalten einzelner Übertragungsglieder kann mit der Teilanwendung *controller design* das Übertragungsverhalten im geschlossenen Regelkreis untersucht werden.

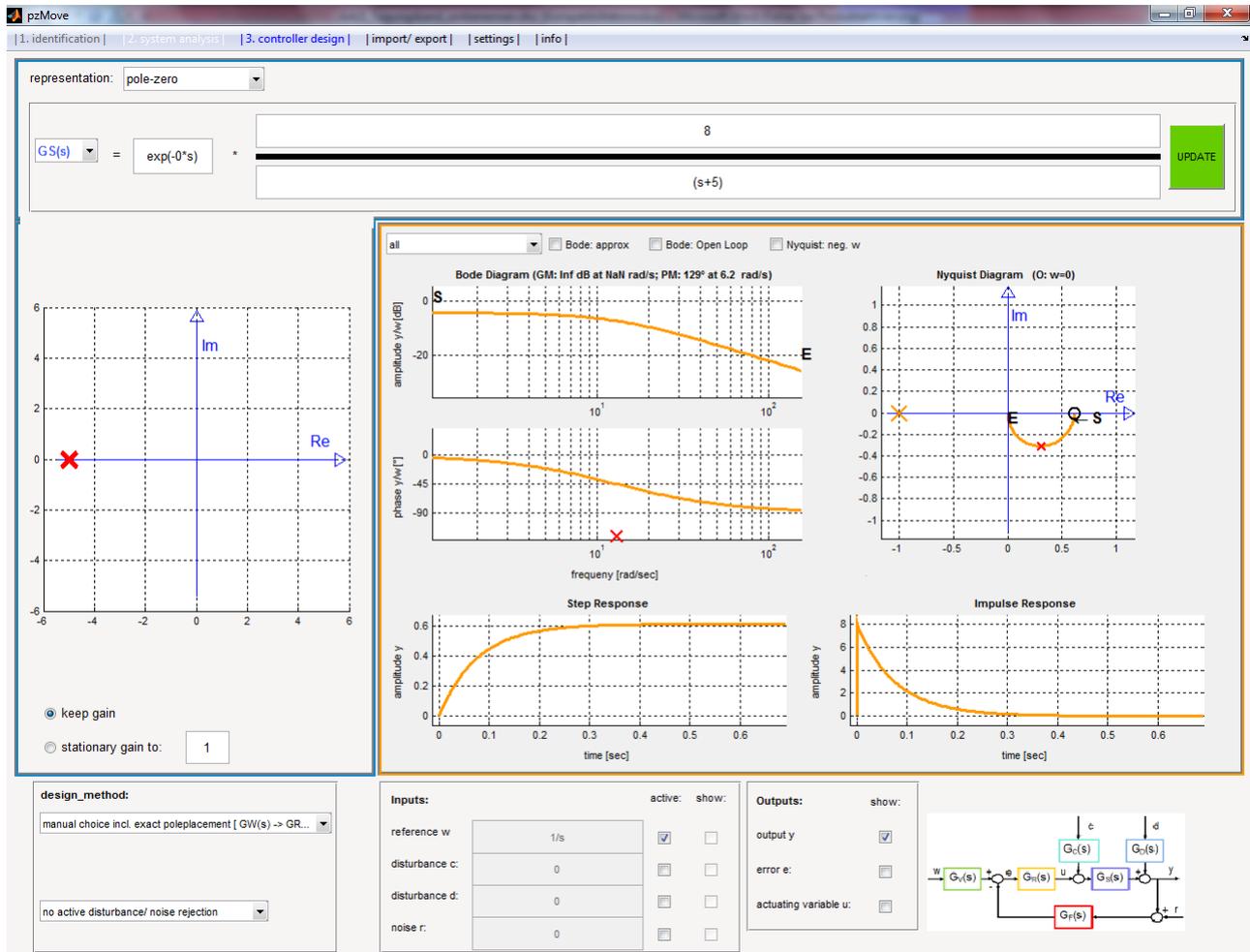


Abbildung 6: Benutzeroberfläche von *pzMove* – *controller design*

Für diese Anwendung gilt folgender Wirkungsplan:

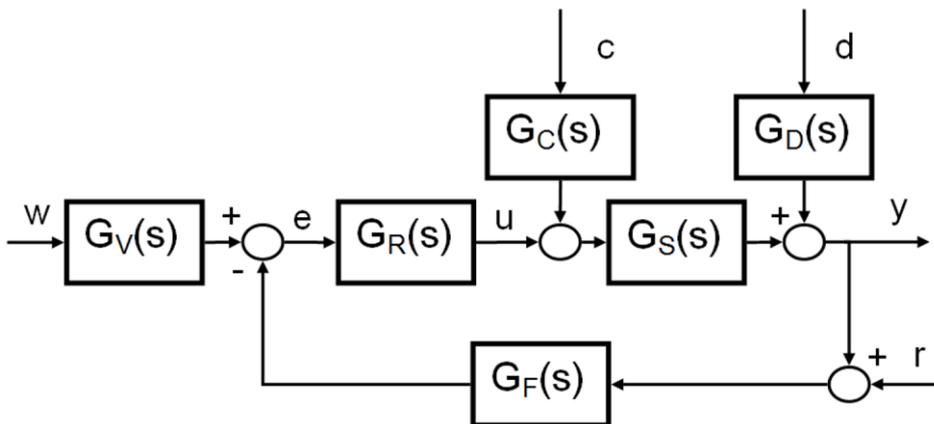
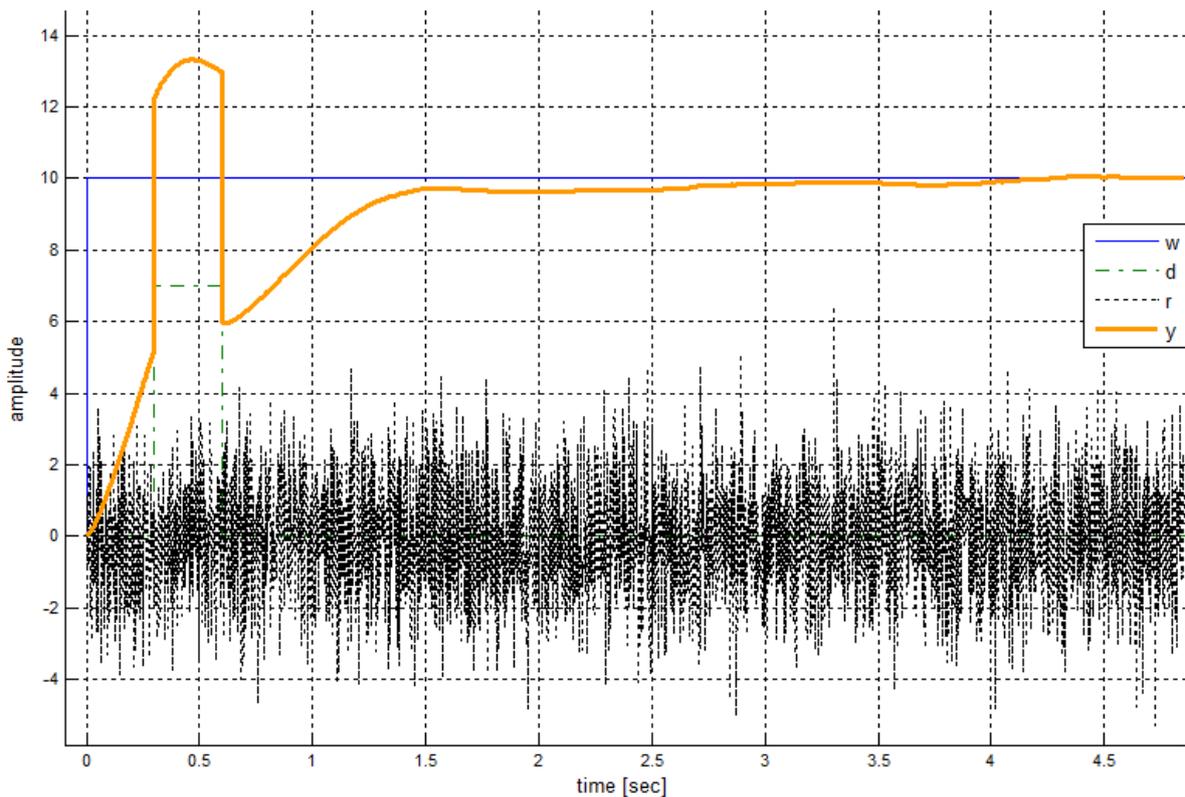


Abbildung 7: Wirkungsplan, der *pzMove* – *controller design* zu Grunde liegt

In Abbildung 7 zu sehen sind die vier Eingänge w , c , d und r , die Ausgänge e (Regelfehler), u (Stellgröße) und y (Regelgröße) sowie die einzelnen Übertragungsglieder. Mit *controller design* lässt sich ebenso wie mit *system analysis* für jedes der Übertragungsglieder eine Übertragungsfunktion definieren. Doch anstelle des Ein-/Ausgangsverhaltens der einzelnen Übertragungsglieder zeigt *controller design* das Ein-/Ausgangsverhalten im geschlossenen Regelkreis. Mit Hilfe der genannten Diagramme kann das Übertragungsverhalten von einem oder mehreren der Eingänge auf die bis zu drei Ausgänge untersucht werden.

Zudem ist es möglich, für jeden der Eingänge ein beliebiges Eingangssignal zu definieren. Dieses kann im Laplace- oder im Zeitbereich definiert werden. Beispiele für solche Eingangssignale sind Rauschen oder diskrete Impulse.

Abbildung 8 zeigt, wie solche Eingänge definiert werden können und wie sie angezeigt werden. Für jedes dieser Eingangssignale kann ausgewählt werden, ob es aktiv ist und ob es dargestellt werden soll.



Inputs:		active:	show:	Outputs:		show:
reference w	$10/s$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	output y	<input checked="" type="checkbox"/>	
disturbance c :	$1/s$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	error e :	<input type="checkbox"/>	
disturbance d :	$7/s \cdot \exp(-0.3 \cdot s) - 7/s \cdot \exp(-0.6 \cdot s)$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	actuating variable u :	<input type="checkbox"/>	
noise r :	$N, 0, 1.5$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

Abbildung 8: Eingabe individueller Eingänge auf das System und zugehörige Visualisierung. Die Darstellung ist ein direkter Export aus *pzMov*e

Schließlich stehen dem Studierenden diverse, gängige Verfahren der Reglersynthese zur Verfügung, zum Beispiel die nach Ziegler-Nichols und die nach Chien, Hrones und Reswick. Nach dem Entwurf eines Reglers lassen sich dessen Parameter auf einfachste Weise variieren und die Auswirkungen beobachten. Dazu kann sich der Studierende den Regler in zwei PID-Formaten anzeigen lassen und die Zahlenwerte ändern. Die angezeigten Diagramme werden in Echtzeit aktualisiert.



Abbildung 9: Maske für die Anzeige und Eingabe von Regelparametern in additiver Form in *pzMove*

4 Zusammenfassung

Alle genannten Features bietet *pzMove* den Studierenden in einem übersichtlichen Fenster an. Dadurch kann die Auswirkung der Änderung von Systemparametern sowohl im offenen wie auch im geschlossenen Regelkreis einfach erlernt und untersucht werden.

pzMove steht den Studierenden der Hochschule Rosenheim bereits zur Verfügung. Erste Erfahrungsberichte der Studierenden fallen durchweg positiv aus. Die einfache Bedienbarkeit in Verbindung mit den umfangreichen Möglichkeiten spricht nicht nur lernende Studierende an. Auch der erfahrene Regelungstechniker kann davon profitieren.

Darüber hinaus wird *pzMove* kontinuierlich verbessert und erweitert. So wird aktuell eine dritte Teilanwendung programmiert. Sie trägt den Namen *identifier*. Mit ihr lassen sich, ähnlich wie mit der System Identification Toolbox™ von MATLAB®, Übertragungsfunktionen identifizieren.

5 Literatur und Download

Literatur

- [1] pzMove - system analysis
Entwicklung und Realisierung einer Lern-Software für die Grundlagen der Regelungstechnik
Projektbericht 1 im Studiengang Angewandte Forschung und Entwicklung
Daniel Weindler, Hochschule Rosenheim, 05.09.2013
- [2] pzMove - controller design
Entwicklung und Realisierung einer Software für die Systemanalyse im geschlossenen Regelkreis und die automatisierte Reglerauslegung
Projektbericht 2 im Studiengang Angewandte Forschung und Entwicklung
Daniel Weindler, Hochschule Rosenheim, 17.10.2014
- [3] Entwicklung eines grafisch-orientierten Analyse-Werkzeugs zur Auswirkung von Pol-/Nullstellenkonfiguration auf regelungstechnische Kenngrößen
Bachelorthesis im Studiengang Produktionstechnik
Fabian Tutschka, Hochschule Rosenheim, 12.03.2012

World Wide Web

- [4] <http://de.mathworks.com/>

Informationen zum **Download** finden Sie unter:

- [5] <http://www.fh-rosenheim.de/die-hochschule/fakultaeten-institute/fakultaet-fuer-ingenieurwissenschaften/laboratorien/labor-fuer-mess-und-regelungstechnik/tools/>