

HILFE zum Regelungstechnischen Praktikum

Übersicht	3
1 Füllstandregelung	4
1.1 Ungeregelte Anlage	4
1.2 Geregelte Anlage	5
1.3 Strecke untersuchen.....	6
1.4 Regelung mit P-Regler	8
1.5 Regelung mit I-Regler	10
1.6 Regelung mit PI-Regler	11
1.7 Regelung mit PID-Regler.....	12
1.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler	12
2 Füllstandregelung mit Stellwertverzögerung.....	14
2.1 Ungeregelte Anlage	14
2.2 Geregelte Anlage	15
2.3 Strecke untersuchen.....	16
2.4 Regelung mit P-Regler	18
2.5 Regelung mit I-Regler	21
2.6 Regelung mit PI-Regler	21
2.7 Regelung mit PID-Regler.....	22
2.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler	23
3 Temperaturregelung	24
3.1 Ungeregelte Anlage	24
3.2 Geregelte Anlage	25
3.3 Strecke untersuchen.....	26
3.4 Regelung mit P-Regler	31
3.5 Regelung mit I-Regler	33
3.6 Regelung mit PI-Regler	34
3.7 Regelung mit PID-Regler.....	35
3.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler	35
4 Temperaturregelung mit Verzögerung.....	37
4.1 Ungeregelte Anlage	37
4.2 Geregelte Anlage	38
4.3 Strecke untersuchen.....	39
4.4 Regelung mit P-Regler	44
4.5 Regelung mit I-Regler	47
4.6 Regelung mit PI-Regler	47

4.7	Regelung mit PID-Regler.....	48
4.8	Regelung mit Zweipunkt-Regler	49
5	Rührkesselkaskade	51
5.1	Ungeregelte Anlage	51
5.2	Geregelte Anlage	52
5.3	Strecke untersuchen.....	53
5.4	Regelung mit P-Regler	58
5.5	Regelung mit I-Regler	60
5.6	Regelung mit PI-Regler	61
5.7	Regelung mit PID-Regler.....	61
5.8	Kaskadenregelung	63
6	Ptn-Strecken	66
6.1	Einführung und Strecke auswählen.....	66
6.2	Strecke untersuchen.....	67
6.3	Regelung mit P-Regler	69
6.4	Regelung mit I-Regler	70
6.5	Regelung mit PI-Regler	71
6.6	Regelung mit PID-Regler.....	71
7	Reglerverhalten	73

Übersicht

Dieses Programm ist eine Simulationsanwendung des Prozessleit- und Automatisierungssystems WinErs, mit der für die Ausbildung regelungstechnische Übungen und Analysen durchgeführt werden können.

Übersicht

10.11.2023
15:53:13

Regelungstechnisches Praktikum I

1x Lizenz, Schoop GmbH

Version: 22.0202

1. Füllstandsregelung
1.1 Ungeregelte Anlage
1.2 Geregelte Anlage
1.3 Strecke untersuchen
1.4 Regelung mit P-Regler
1.5 Regelung mit I-Regler
1.6 Regelung mit PI-Regler
1.7 Regelung mit PID-Regler
1.8 Regelung mit Zweipkt-Regler

2. Füllstandsregelung mit Verzögerung
2.1 Ungeregelte Anlage
2.2 Geregelte Anlage
2.3 Strecke untersuchen
2.4 Regelung mit P-Regler
2.5 Regelung mit I-Regler
2.6 Regelung mit PI-Regler
2.7 Regelung mit PID-Regler
2.8 Regelung mit Zweipkt-Regler

3. Temperaturregelung
3.1 Ungeregelte Anlage
3.2 Geregelte Anlage
3.3 Strecke untersuchen
3.4 Regelung mit P-Regler
3.5 Regelung mit I-Regler
3.6 Regelung mit PI-Regler
3.7 Regelung mit PID-Regler
3.8 Regelung mit Zweipkt-Regler

4. Temperaturregelung mit Verzögerung
4.1 Ungeregelte Anlage
4.2 Geregelte Anlage
4.3 Strecke untersuchen
4.4 Regelung mit P-Regler
4.5 Regelung mit I-Regler
4.6 Regelung mit PI-Regler
4.7 Regelung mit PID-Regler
4.8 Regelung mit Zweipkt-Regler

5. Rührkesselkaskade
5.1 Ungeregelte Anlage
5.2 Geregelte Anlage
5.3 Strecke untersuchen
5.4 Regelung mit P-Regler
5.5 Regelung mit I-Regler
5.6 Regelung mit PI-Regler
5.7 Regelung mit PID-Regler
5.8 Kaskadenregelung

6. PTn-Strecken
6.1 Strecke auswählen
6.2 Strecke untersuchen
6.3 Regelung mit P-Regler
6.4 Regelung mit I-Regler
6.5 Regelung mit PI-Regler
6.6 Regelung mit PID-Regler

7. Reglerverhalten
7.1 P-Regler
7.2 I-Regler
7.3 PI-Regler
7.4 PID-Regler

Ende

Reset

Drucker einrichten

?

Im Übersichtsbild finden Sie eine Auflistung der einzelnen Prozessseiten, auf denen Sie die verschiedenen Übungen und Untersuchungen durchführen können. Um zu den Seiten zu kommen, klicken Sie auf die Texte mit blauer Schrift. Sie können auch die Seiten nacheinander durchlaufen, indem Sie auf die Schaltfläche „Weiter >>“ klicken. Die Schaltfläche Ende beendet das Programm.

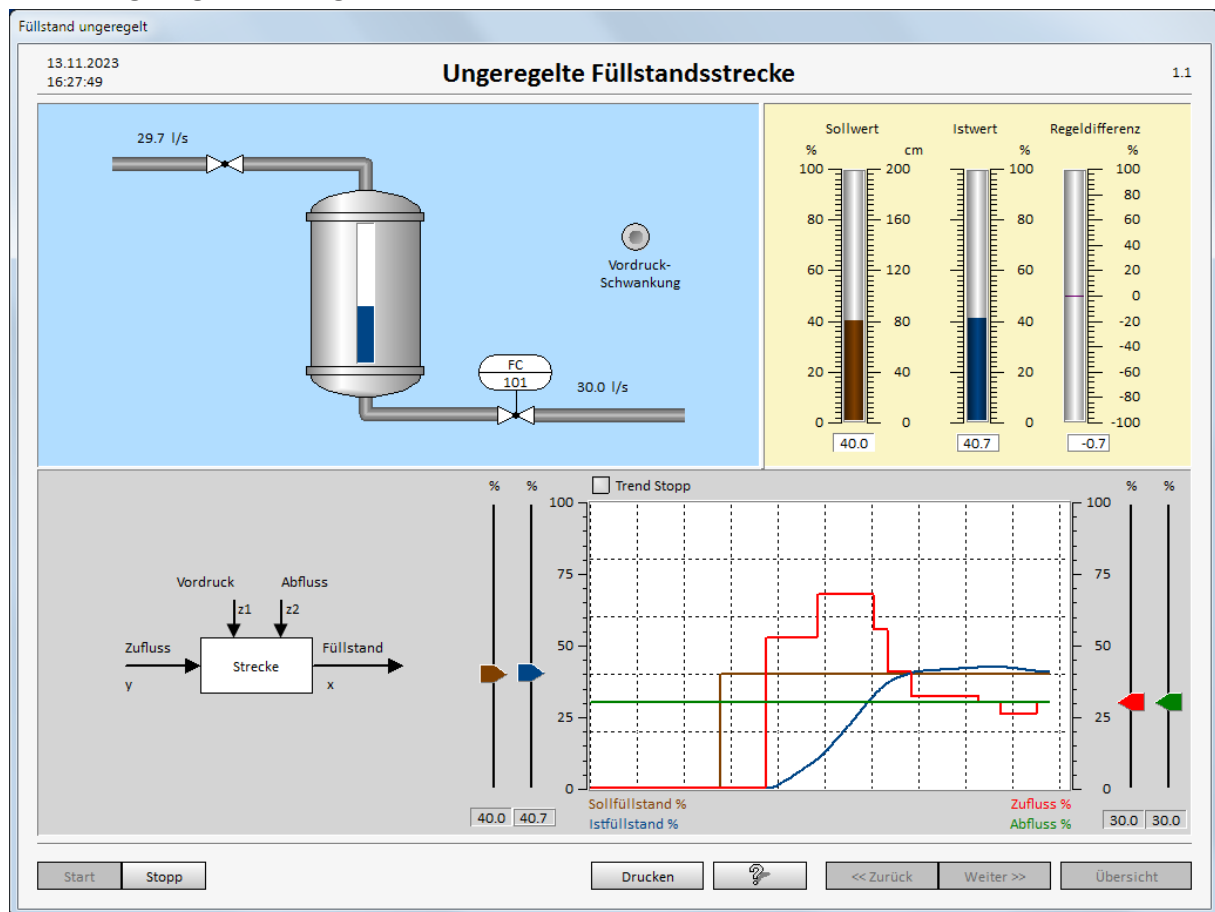
Mit „Reset“ werden alle Signalgrößen und alle Reglerparameter auf Anfangswerte gesetzt.

Unter Punkt 7 wird das Verhalten der einzelnen Standardregler P-, I-, PI- und PID-Regler durch Aufschalten von Eingangssprüngen betrachtet. Unter den Punkten 1 - 6 stehen verschiedene Prozesse bzw. Strecken zur Verfügung, an denen das Verhalten der Strecken und der Regelkreise mit verschiedenen Reglern untersucht werden kann. Neben der Überwachung der Prozesssignale in der Trenddarstellung werden die Signalverläufe aufgezeichnet, um nachträglich das Einschwingverhalten der Strecken, Regler und Regelkreise analysieren und ausmessen zu können. Für die einzelnen Strecken kann das Führungs- und Störverhalten mit den Standardreglern P-, I-, PI-, PID-Regler und Zweipunktregler untersucht werden. Bei der Rührkesselkaskade steht zusätzlich eine Kaskadenregelung zur Verfügung. Die Reglerparameter sind beliebig verstellbar, so dass eigene Optimierungen des Regelkreisverhaltens durchgeführt werden können.

Bei der verzögerten Füllstandsregelung und der verzögerten Temperaturregelung ist es zusätzlich möglich, auf einfache Weise die Einstellregeln von Ziegler / Nichols zu bestimmen (Regelung mit P-Regler). Weiterhin wird die Regelgüte (quadratische Regelabweichung) in jedem Regelkreis ausgegeben und kann als Gütekriterium für das Einschwingen genutzt werden. Eine Hand / Automatik - Umschaltung der Regler ist für jede Regelung möglich. Alle Signalverläufe werden aufgezeichnet und können nachträglich ausgewertet und ausgemessen werden.

1 Füllstandregelung

1.1 Ungeregelte Anlage



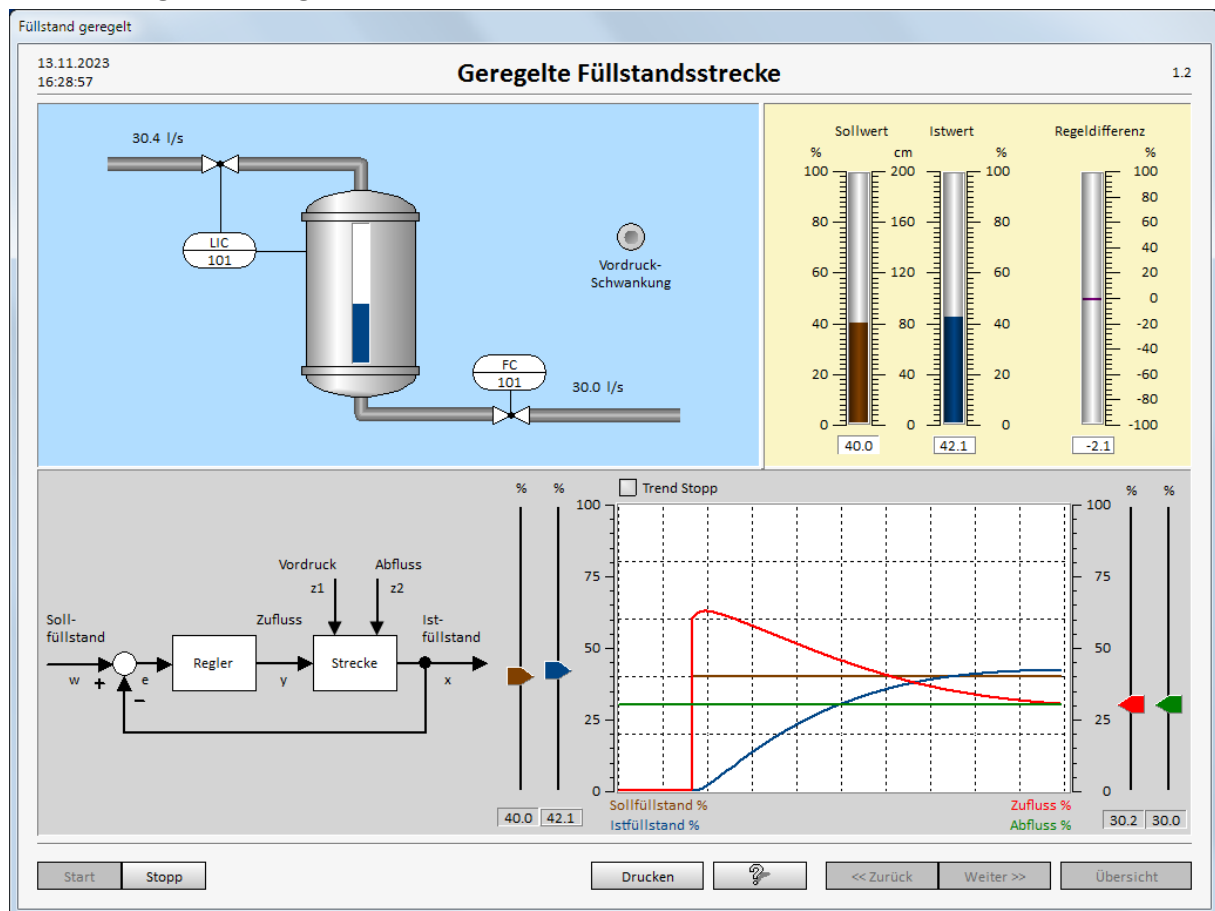
Als Regelstrecke wird ein Behälter mit Zu- und Abfluss simuliert. Die Größe des Zu- bzw. Abflusses kann über Ventile (Verstellen der Schieberegler) variiert werden. Die regelungstechnische Aufgabe besteht darin, den Füllstand durch Veränderung des Zuflusses so zu regeln, dass dieser einem bestimmten Sollwert entspricht. Demnach stellt der Zufluss die Eingangsgröße (Stellgröße) und der Füllstand die Ausgangsgröße des Systems dar. Als Störgrößen wirken der Abfluss und Schwankungen im Vordruck des Zuflusses.

Die Simulation des Prozesses wird durch Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Nun können Sie versuchen, den Istfüllstand durch Verstellen des Zuflusses so zu verändern, dass der Istfüllstand den Wert des eingestellten Sollfüllstands annimmt. Den Sollfüllstand, den Zufluss und den Abfluss verändern Sie über die zugehörigen Schieberegler oder durch Eingabe von Zahlenwerten unterhalb der Schieberegler. Klicken auf den Taster "Vordruckschwankung" führt zu einer Störung des Zuflusses, die es aus zu regeln gilt.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert des Abflusses bleibt erhalten.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

1.2 Geregelte Anlage



Im Gegensatz zur vorherigen Seite *Ungeregelte Anlage* wird die Regelung des Füllstands nicht manuell sondern von einem PI-Regler ausgeführt.

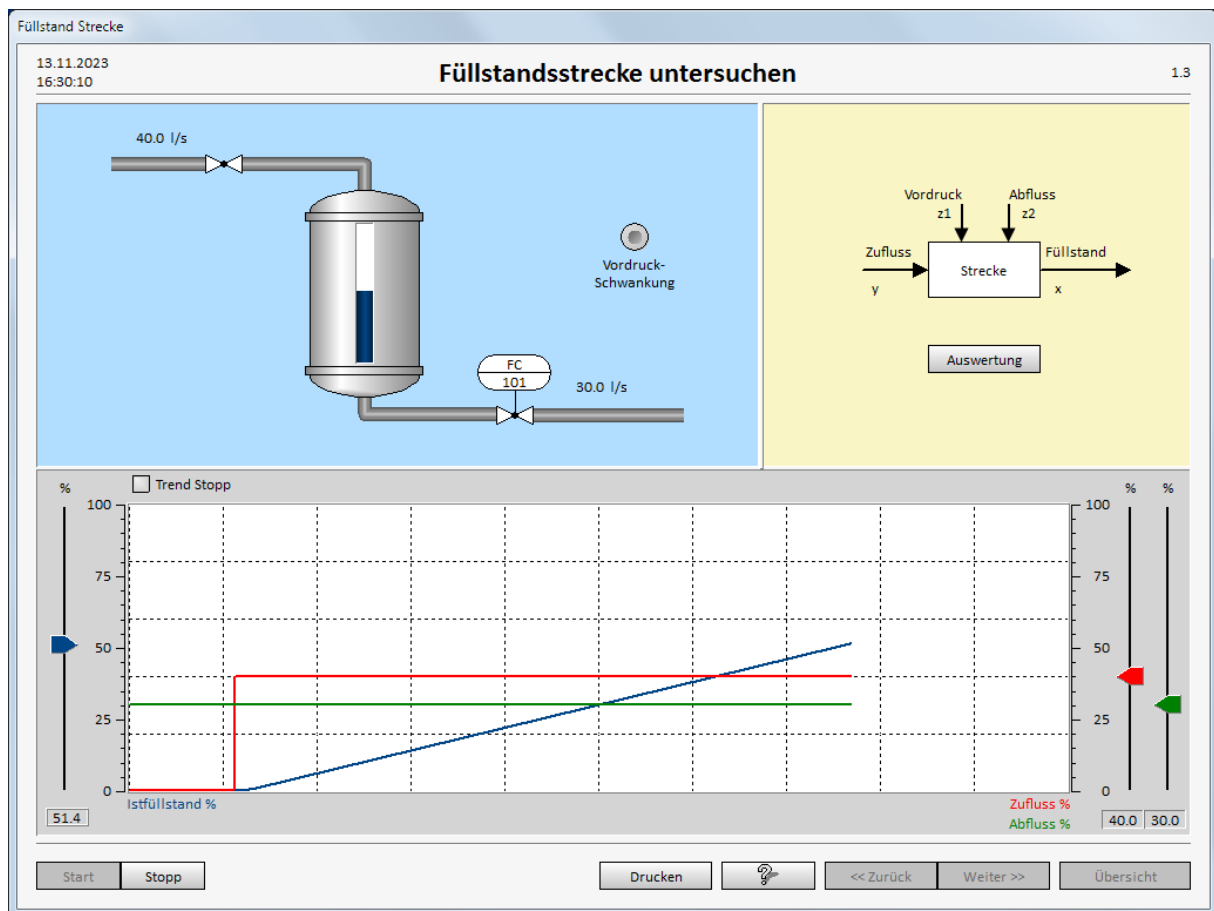
Die Simulation des Prozesses wird durch Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Ein PI-Regler beginnt über die Regelung des Zuflusses, den eingestellten Sollwert zu erreichen.

Sie können den Sollwert und den Abfluss über die zugehörigen Schieberegler oder durch Eingabe von Werten unterhalb der Schieberegler verändern. Klicken auf den Taster "Vordruckschwankung" führt zu einer Störung des Zuflusses.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert des Abflusses bleibt erhalten.

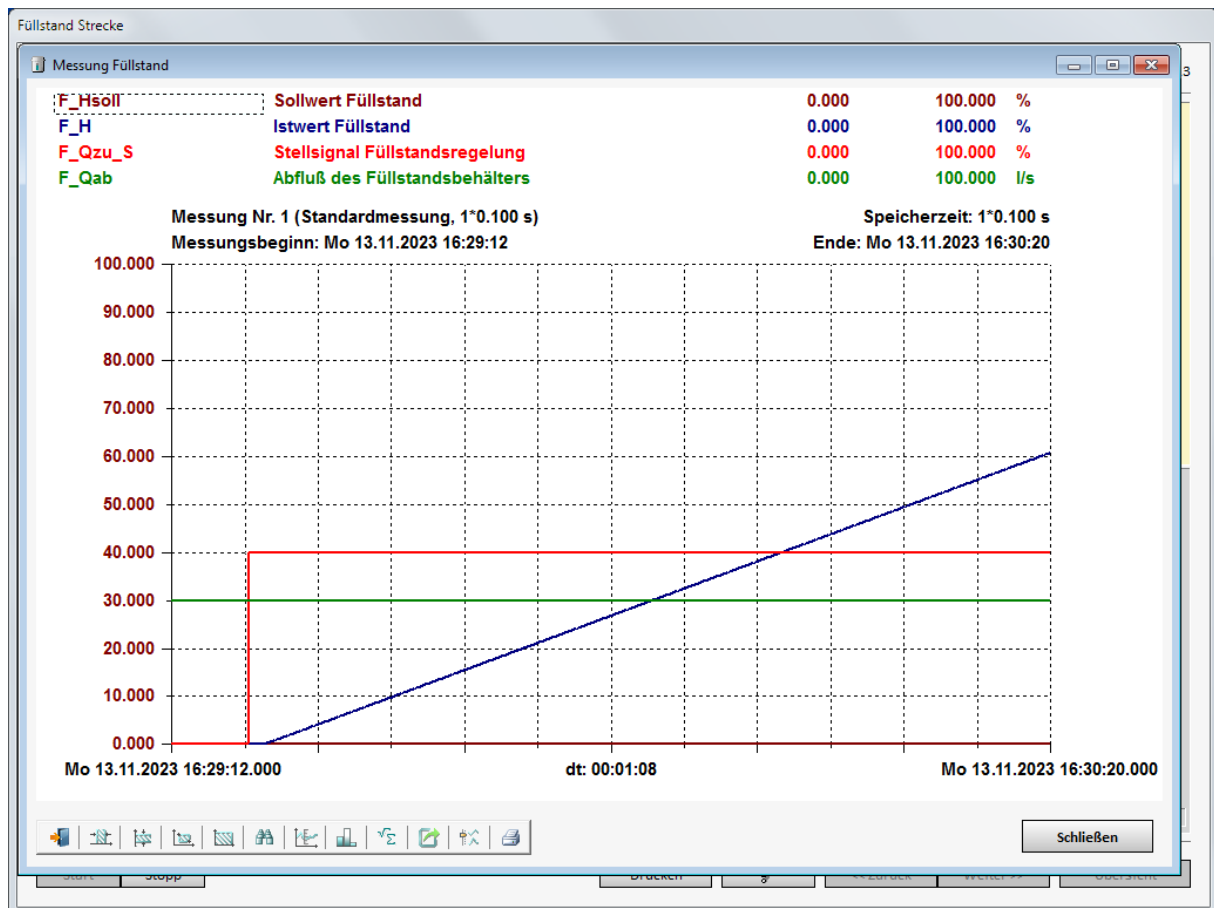
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

1.3 Strecke untersuchen



Hier kann das Verhalten der Strecke auf Zufluss- und Abflussänderungen untersucht werden. Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Zufluss und Abfluss können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler verändert werden.

Die Werte von Füllstand, Zufluss und Abfluss werden aktuell in einem Diagramm grafisch dargestellt. Die Werte dieser Signale werden automatisch gespeichert, so dass sie nachträglich in einem Zeitdiagramm ausgewertet werden können, z.B. um die Zeitkonstante der Strecke zu ermitteln.

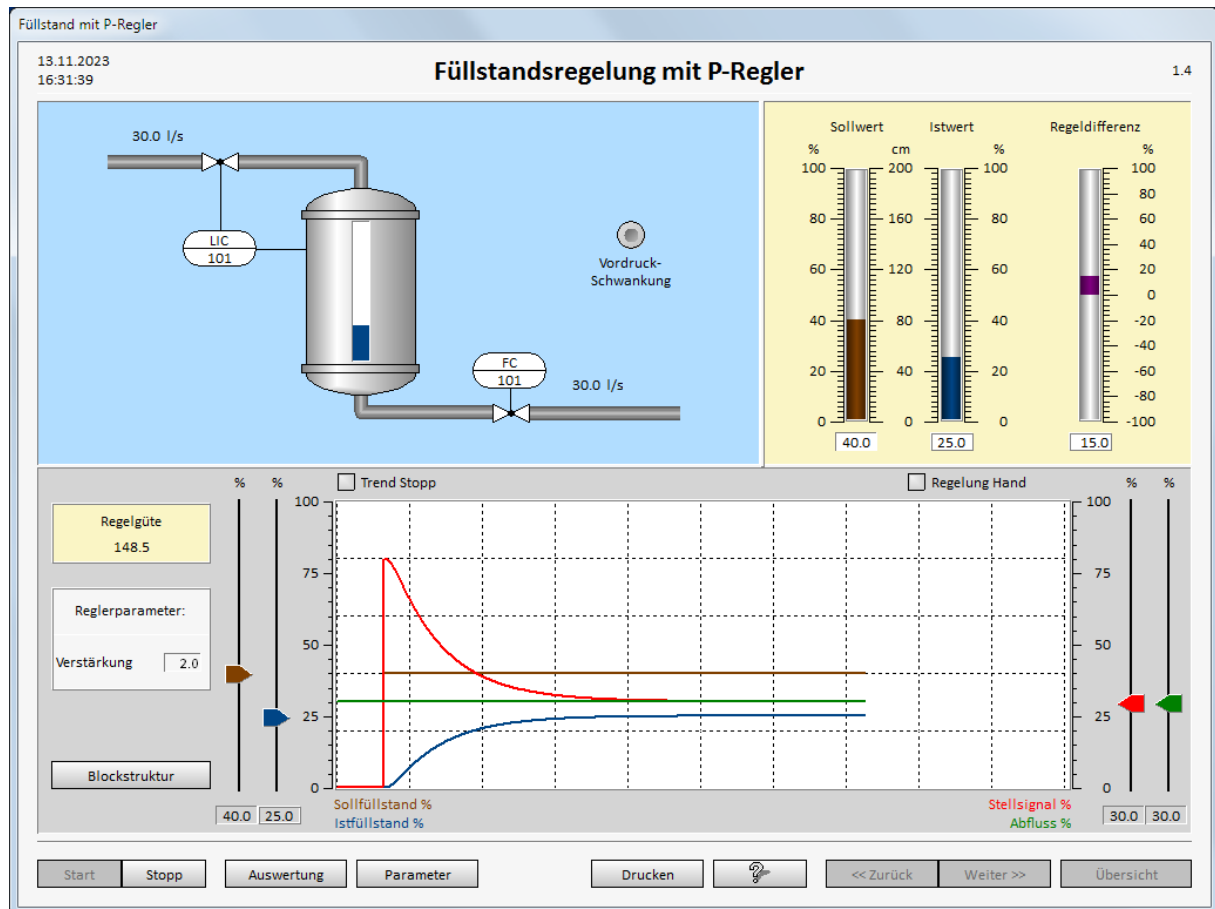


Über "Auswertung" werden die gespeicherten Messwerte grafisch in einem Zeitdiagramm dargestellt. Durch Klicken auf die Signalnamen können Sie die Y-Skala umschalten. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen wird die Werte- und Zeitdifferenz sowie die Steigung angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button stehen Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert des Abflusses bleibt erhalten.

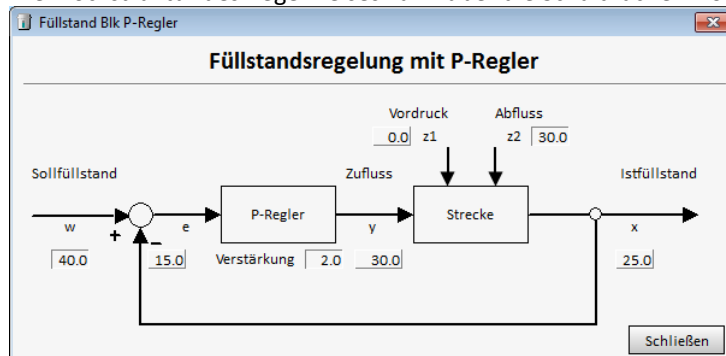
Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

1.4 Regelung mit P-Regler



Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der P-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.



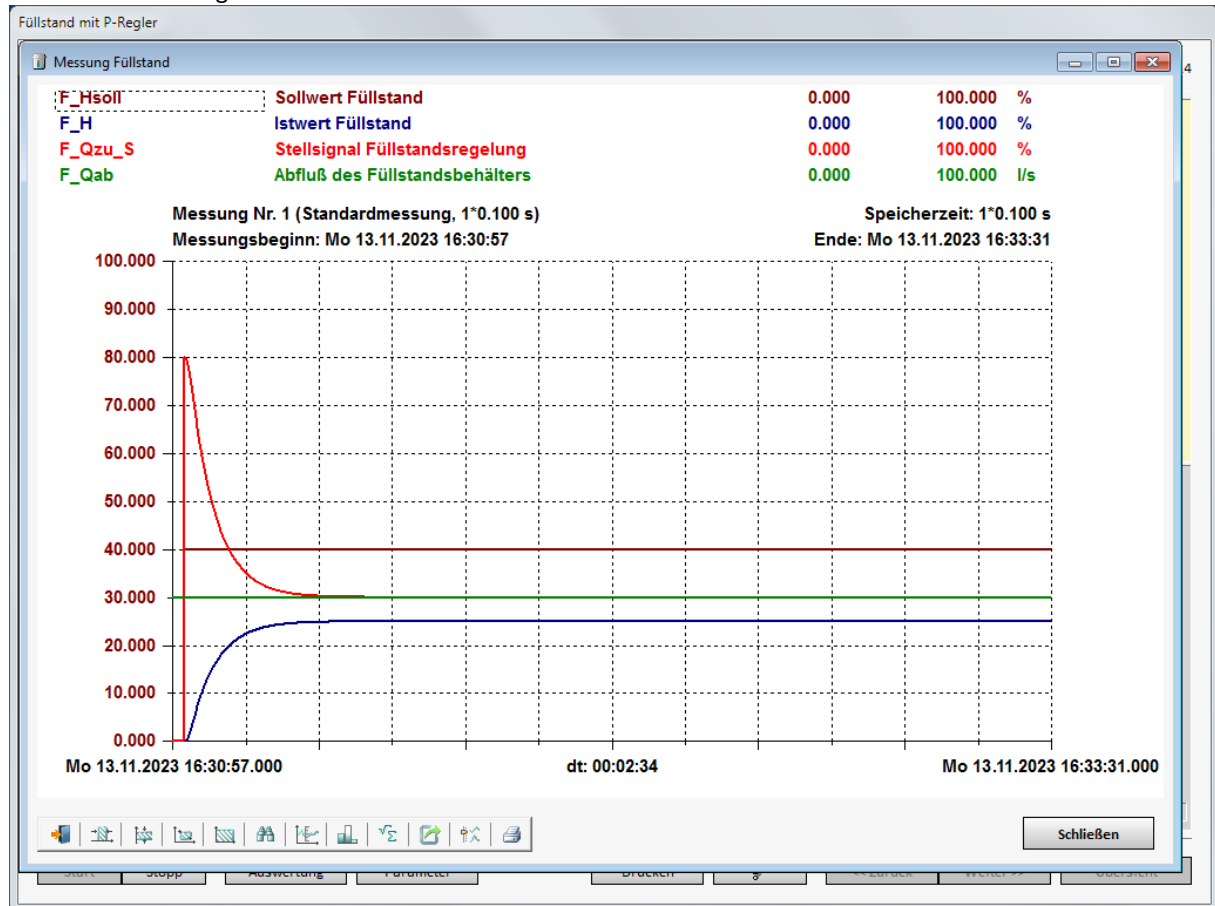
Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

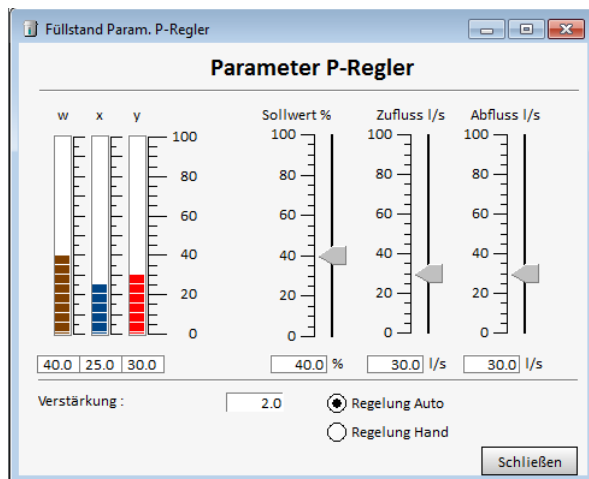
Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.



Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz bzw. die Steigung angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.



Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

1.5 Regelung mit I-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der I-Regler genommen (Darstellung entspricht dem Bild mit dem P-Regler).

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz bzw. die Steigung angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

1.6 Regelung mit PI-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PI-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

1.7 Regelung mit PID-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PID-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

1.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der Zweipunkt-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelabgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

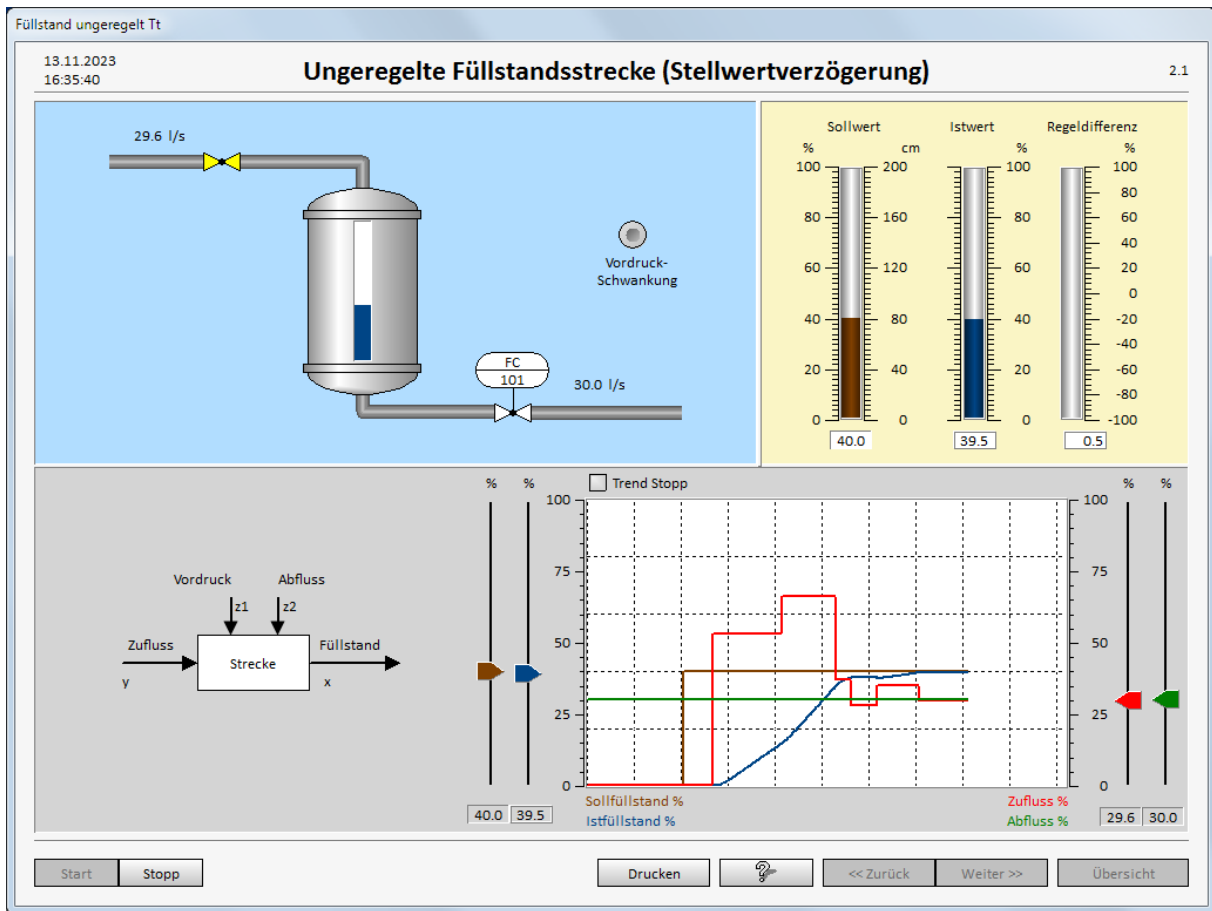
Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

2 Füllstandregelung mit Stellwertverzögerung

2.1 Ungeregelte Anlage



Als Regelstrecke wird ein Behälter mit Zu- und Abfluss simuliert. Die Größe des Zu- bzw. Abflusses kann über Ventile (Verstellen der Schieberegler) variiert werden. Die regelungstechnische Aufgabe besteht darin, den Füllstand durch Verändern des Zuflusses so zu regeln, dass dieser einem bestimmten Sollwert entspricht. Demnach stellt der Zufluss die Eingangsgröße (Stellgröße) und der Füllstand die Ausgangsgröße des Systems dar. Als Störgrößen wirken der Abfluss und Schwankungen im Vordruck des Zuflusses.

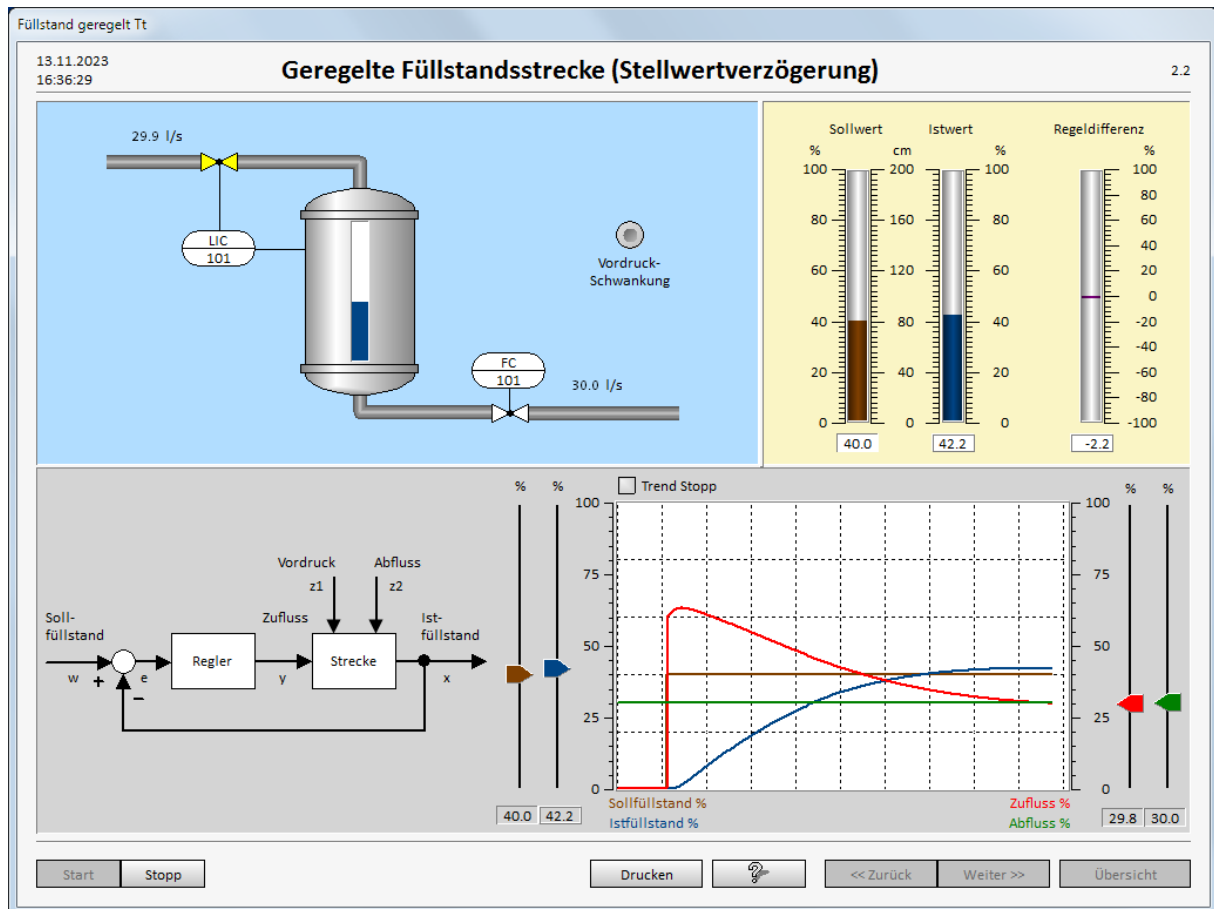
Im Gegensatz zur Füllstandregelung des vorherigen Kapitels reagiert das Stellventil bei dieser Strecke träge. Dadurch erhält man ein Streckenverhalten mit zusätzlicher Verzögerung, so dass der Regelkreis leichter anfängt zu schwingen.

Die Simulation des Prozesses wird durch ein Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Nun können Sie versuchen, den Istfüllstand durch Verstellen des Zuflusses auf den eingestellten Sollfüllstand zu bringen. Über die Schieberegler oder durch Eingabe von Zahlenwerten unterhalb der Schieberegler verändern Sie den Sollwert, den Zufluss und den Abfluss. Klicken auf den Taster "Vordruckschwankung" führt zu einer Störung des Zuflusses, den es auszuregeln gilt.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert des Abflusses bleibt erhalten.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

2.2 Geregelte Anlage



Im Gegensatz zur vorherigen Seite *Ungeregelte Anlage* wird die Regelung des Füllstands nicht manuell sondern von einem PI-Regler ausgeführt.

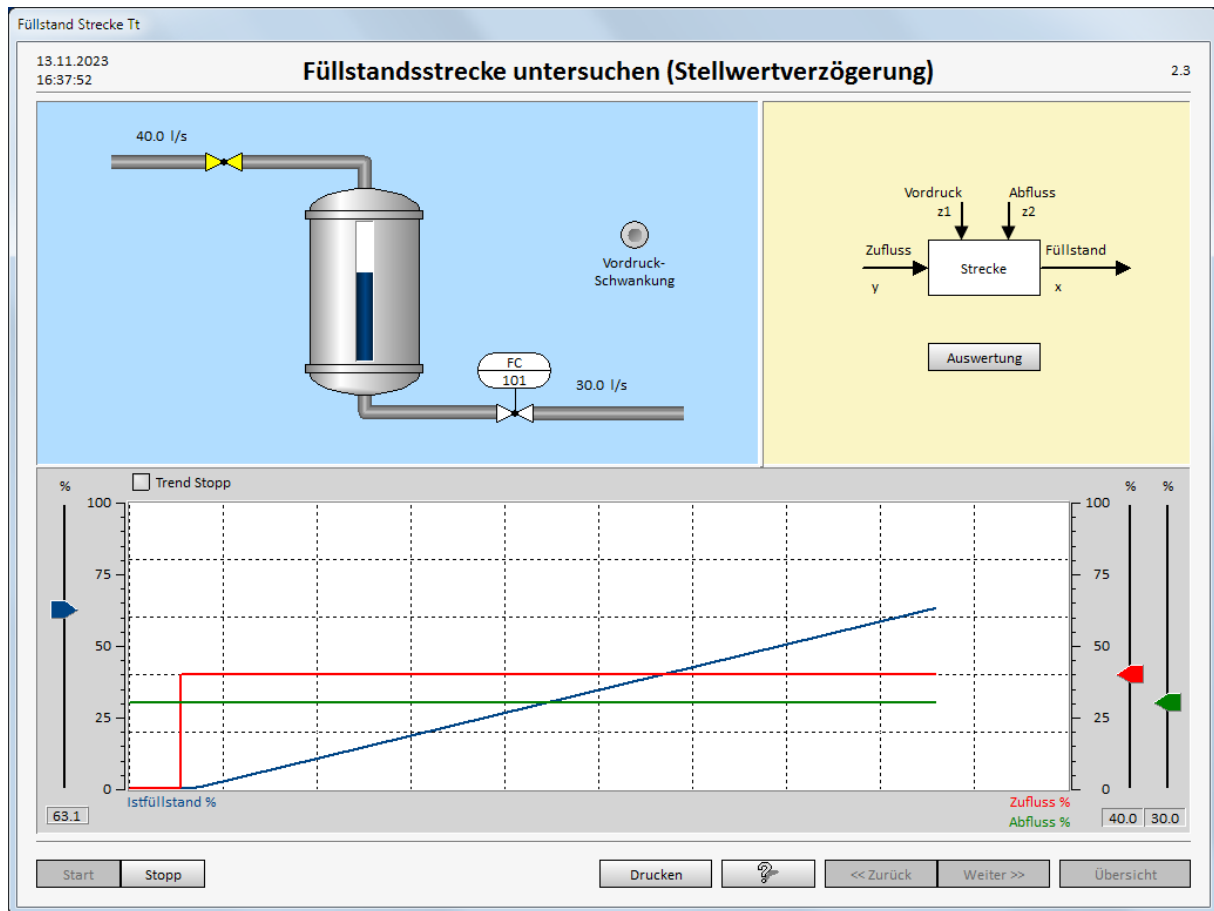
Die Simulation des Prozesses wird durch Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Ein PI-Regler beginnt über die Regelung des Zuflusses, den eingestellten Sollwert zu erreichen.

Sie können den Sollwert und den Abfluss mithilfe der zugehörigen Schieberegler oder durch Eingabe von Werten unterhalb der Schieberegler verändern. Klicken auf den Taster "Vordruckschwankung" oder eine Veränderung des Abflusses führt zu einer Störung des Regelkreises.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert des Abflusses bleibt erhalten.

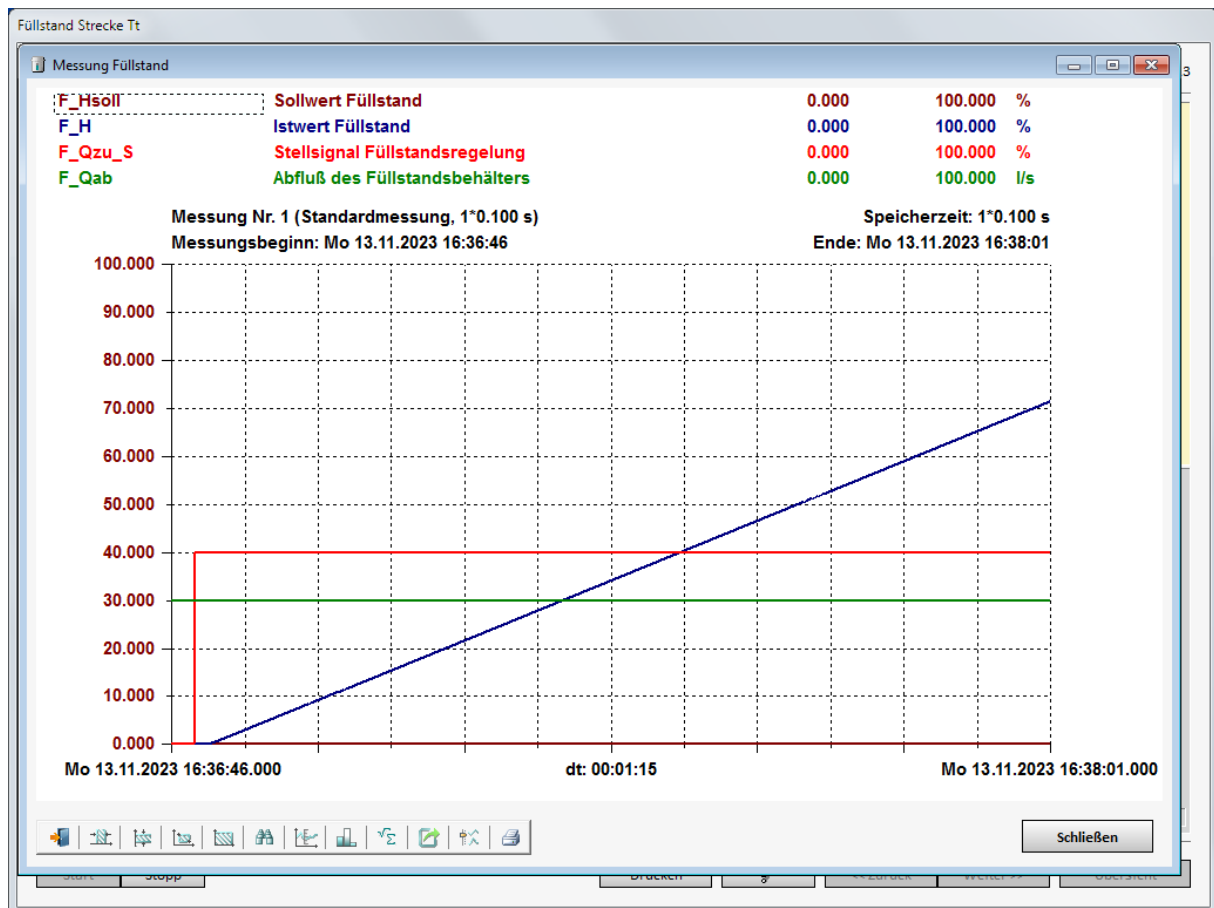
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

2.3 Strecke untersuchen



Hier kann das Verhalten der Strecke auf Zufluss- und Abflussänderungen untersucht werden. Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Zufluss und Abfluss können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Stellwertgröße Zufluss sprungförmig zu ändern. Klicken Sie hierfür auf die Schaltfläche "Vordruckschwankung".

Die Werte von Füllstand, Zufluss und Abfluss werden aktuell in einem Diagramm grafisch dargestellt. Die Werte dieser Signale werden automatisch gespeichert, so dass sie nachträglich in einem Zeitdiagramm ausgewertet werden können, z.B. um die Zeitkonstante der Strecke zu ermitteln. Über "Auswertung" werden die gespeicherten Messwerte grafisch in einem Zeitdiagramm dargestellt.

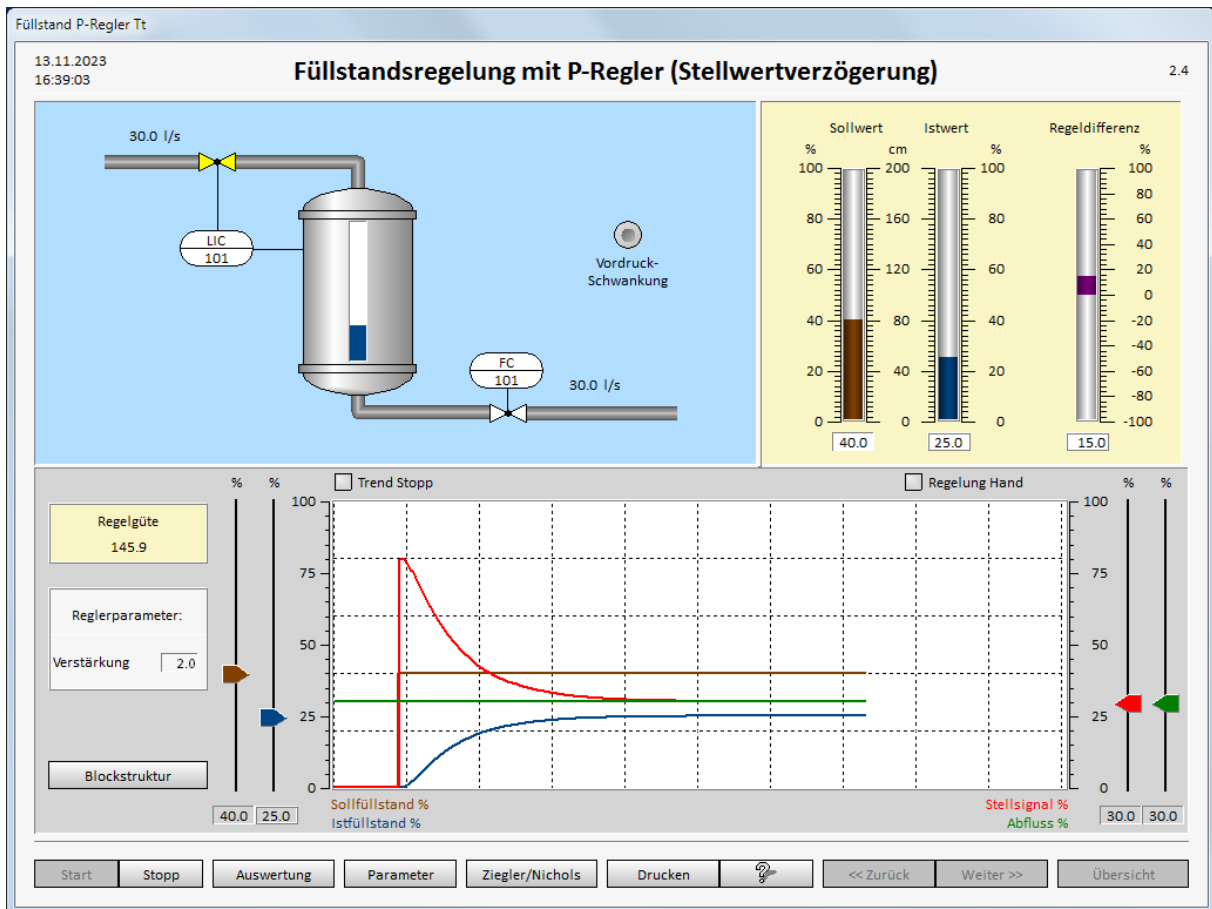


Durch Klicken auf die Signalnamen können Sie die Y-Skala umschalten. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen wird die Werte- und Zeitdifferenz bzw. die Steigung angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Istwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert des Abflusses bleibt erhalten.

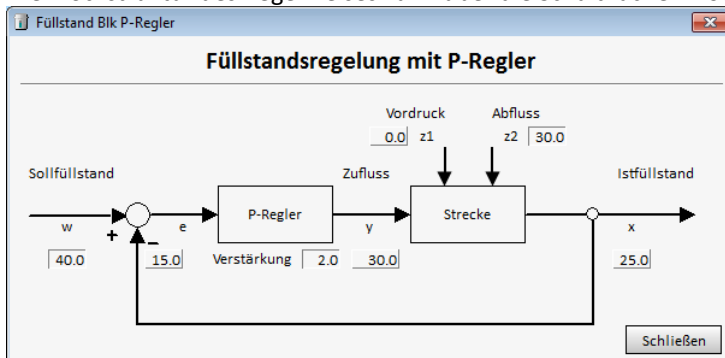
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

2.4 Regelung mit P-Regler



Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der P-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.



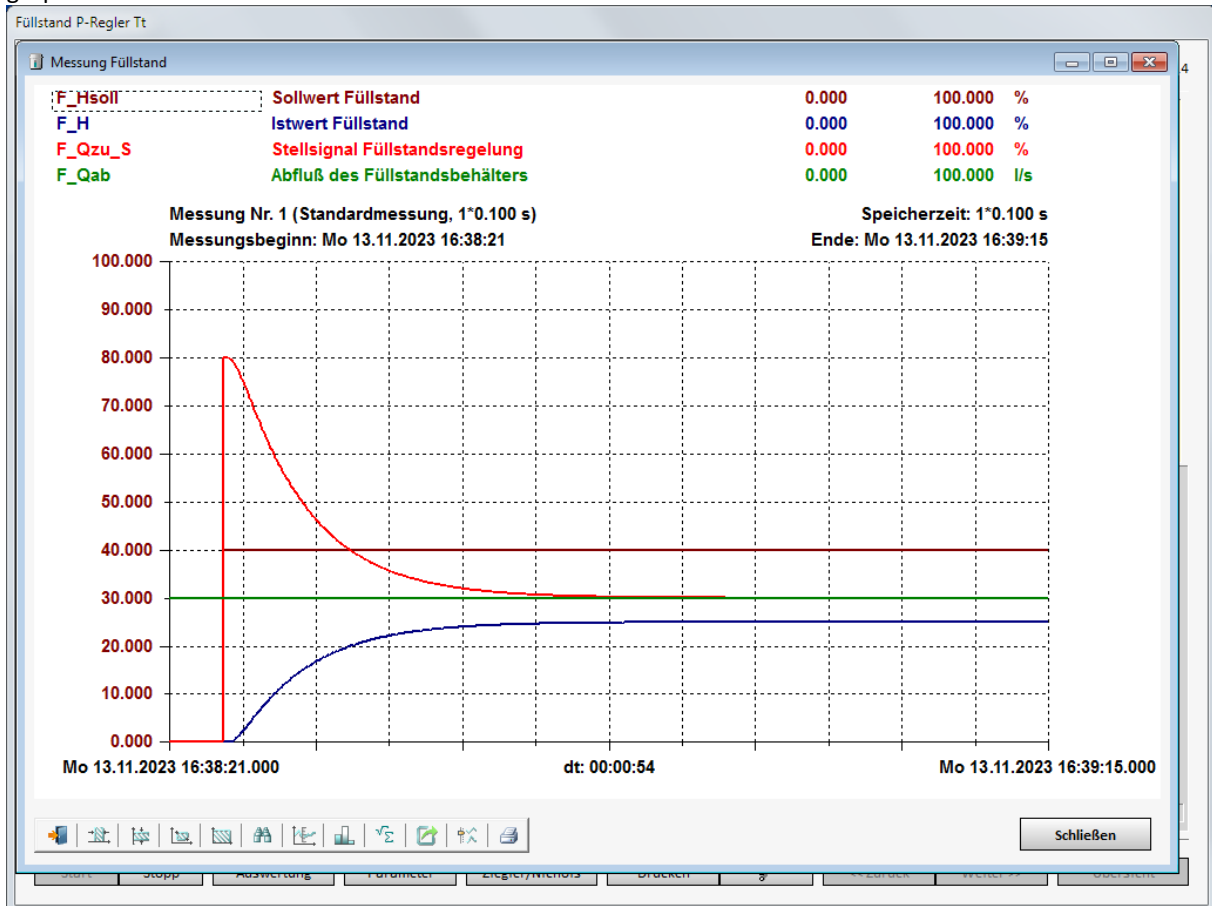
Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

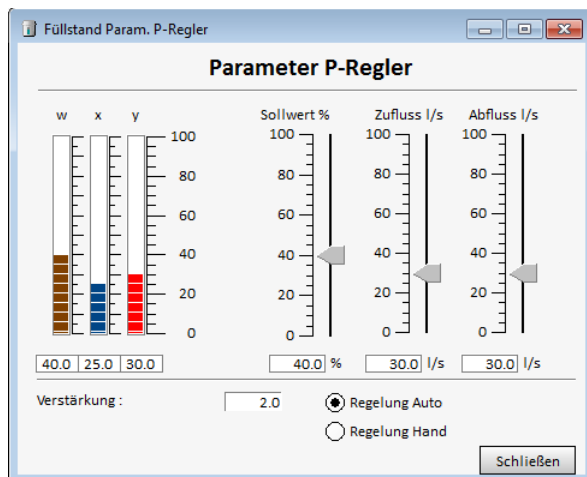
Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden. Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



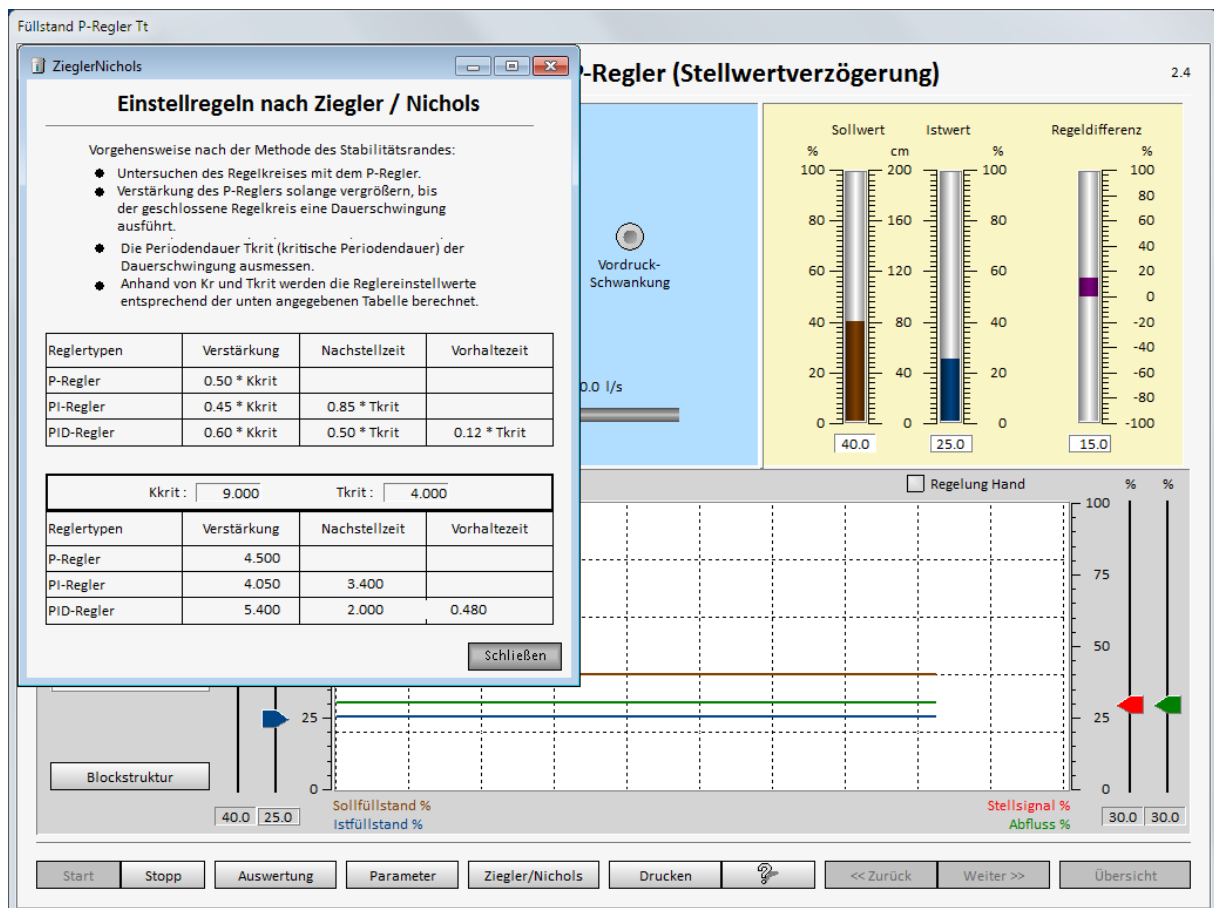
Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.



Durch Klicken auf die Schaltfläche "Ziegler/Nichols" wird ein Unterfenster geöffnet, in dem die Einstellregel von Ziegler/Nichols nach der Methode des Stabilitätsrandes beschrieben wird. Weiterhin ist es möglich die selbst bestimmte kritische Verstärkung K_{krit} und die kritische Zeitkonstante T_{krit} einzugeben, damit die Verstärkung, die Nachstellzeit und die Vorhaltezeit nach Ziegler/Nichols für die entsprechenden Regler berechnet wird. Diese Parameter können dann auf den Seiten mit den entsprechenden Reglern ausprobiert werden.



Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

2.5 Regelung mit I-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der I-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und der Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

2.6 Regelung mit PI-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PI-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden. Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

2.7 Regelung mit PID-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PID-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Zufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch

Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

2.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der Zweipunkt-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert, Istwert, Abfluss und Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Abfluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, eine weitere Störgröße durch Klicken der Schaltfläche "Vordruckschwankung" aufzuschalten.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

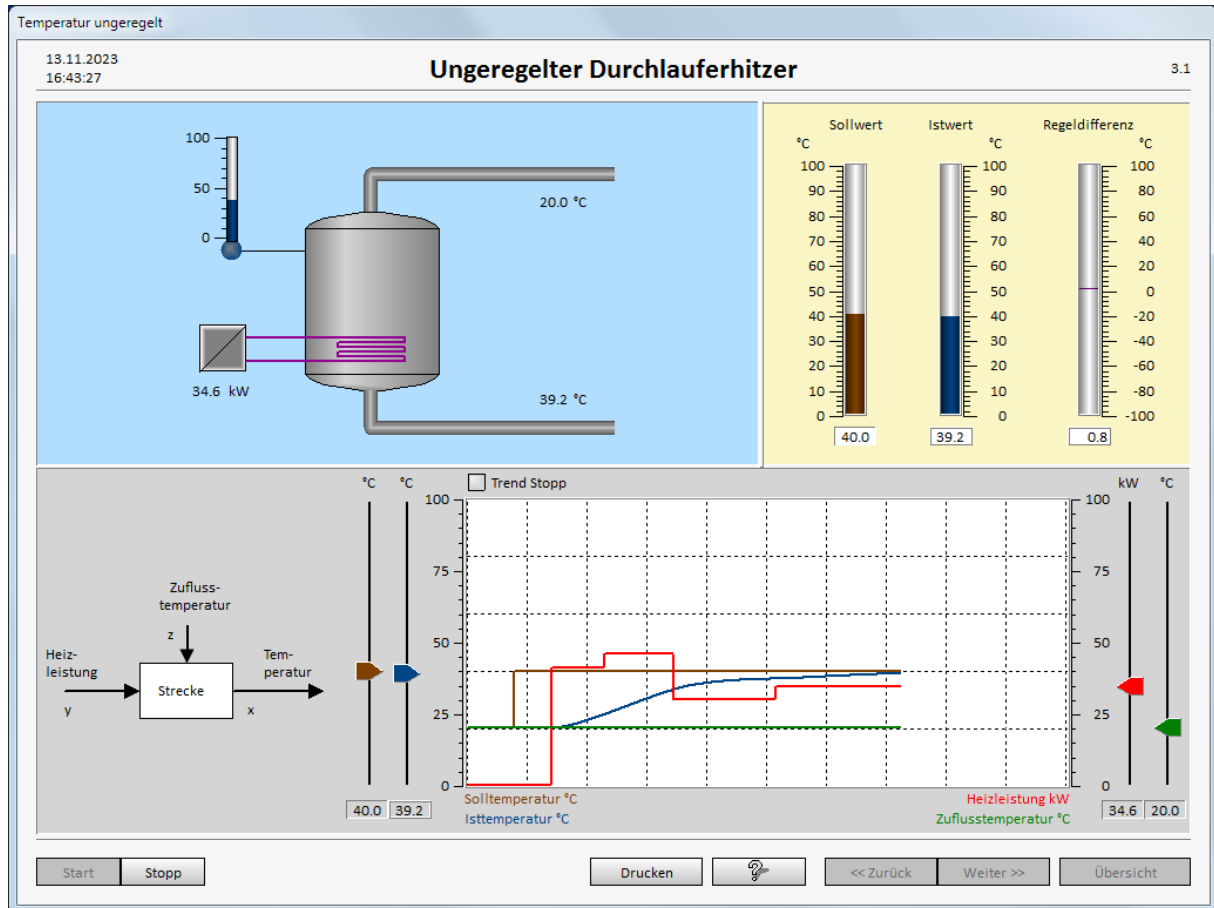
Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch der Sollfüllstand und Abfluss eingestellt werden können.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte des Abflusses und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

3 Temperaturregelung

3.1 Ungeregelte Anlage



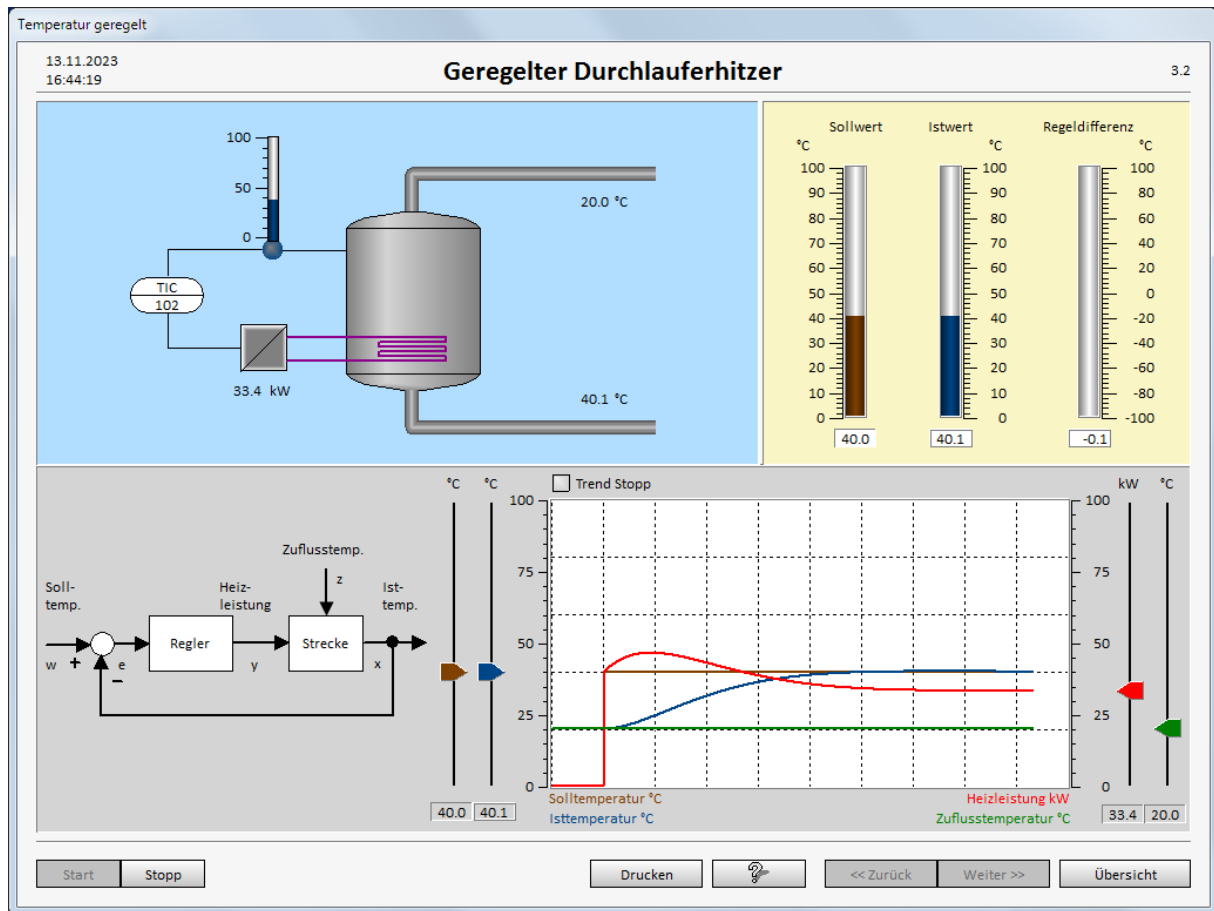
Bei dem Prozess handelt es sich um einen Behälter, der kontinuierlich von Wasser durchströmt wird. Eine Füllstandänderung findet dabei nicht statt. Mit Hilfe einer elektrischen Heizung kann die Temperatur des Wassers in dem Behälter beeinflusst werden. Die regelungstechnische Aufgabe besteht darin, die Temperatur des Wassers im Behälter durch Veränderung der Heizleistung so zu regeln, dass diese einem vorgegebenen Sollwert entspricht. Die Heizleistung ist die Eingangsgröße (Stellgröße), die Temperatur des abfließenden Wassers die Ausgangsgröße des Systems. Schwankungen in der Temperatur des Zulaufes stellen eine Störgröße dar.

Die Simulation des Prozesses wird durch Drücken der Schaltfläche "Start" gestartet. Nun können Sie versuchen, durch Verstellen der Heizleistung die Isttemperatur auf den dem eingestellten Sollwert zu bringen. Die Heizleistung verändern Sie über den Schieberegler oder durch Eingabe eines Wertes unterhalb des Schiebereglers. Verändern der Zulauftemperatur führt zu einer Störung, die es auszuregeln gilt.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert der Zuflusstemperatur bleibt erhalten.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

3.2 Geregelte Anlage



Im Gegensatz zur vorherigen Seite *Ungeregelte Anlage* wird die Regelung der Temperatur nicht manuell sondern von einem PI-Regler ausgeführt.

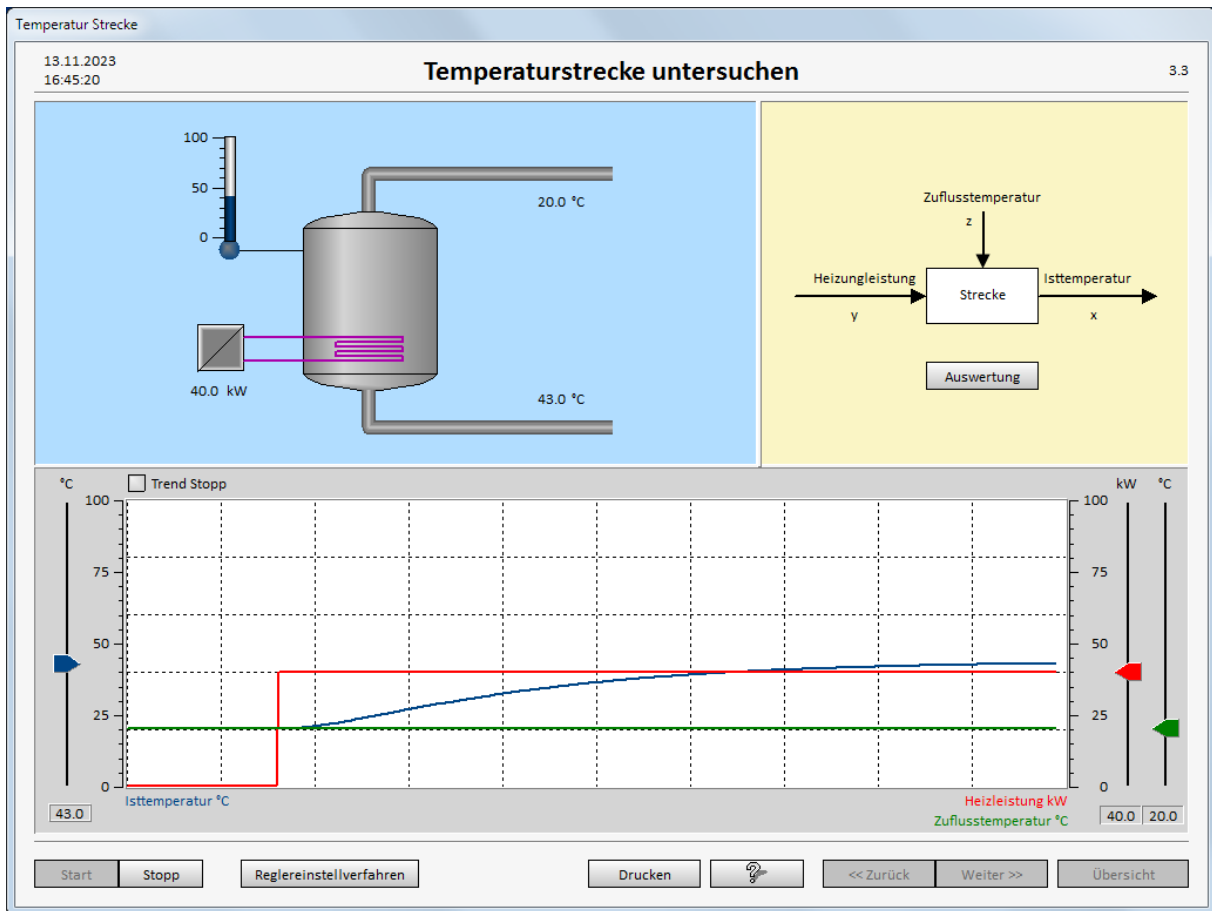
Die Simulation des Prozesses wird durch Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Ein PI-Regler beginnt über die Regelung der elektrischen Heizleistung, den eingestellten Sollwert zu erreichen.

Sie können den Sollwert und die Zuflusstemperatur über die zugehörigen Schieberegler oder durch Eingabe von Werten unterhalb der Schieberegler verändern.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert der Zuflusstemperatur bleibt erhalten.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

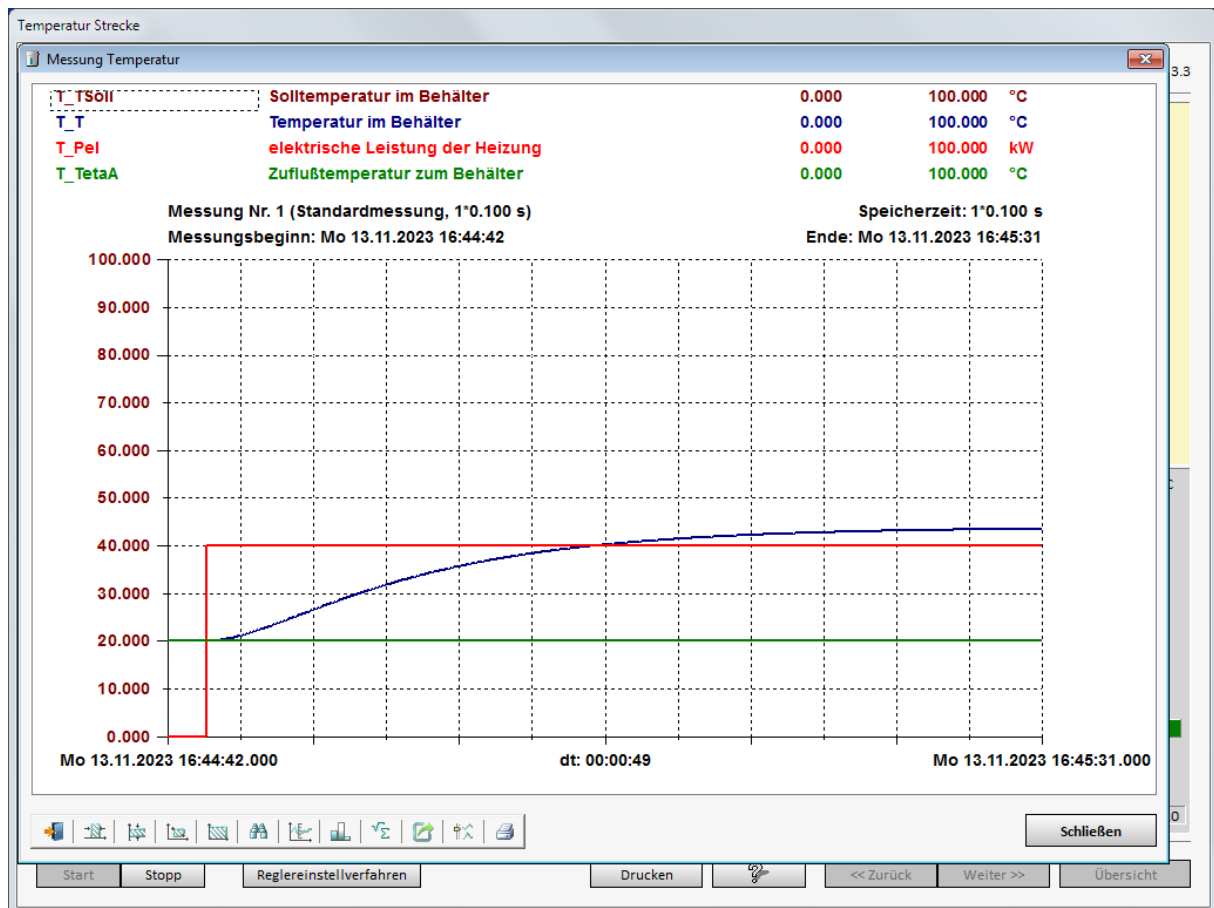
3.3 Strecke untersuchen



Hier kann das Verhalten der Strecke auf Heizleistungs- und Zuflusstemperaturänderungen untersucht werden. Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Heizleistung und Zuflusstemperatur können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Die Temperaturen im Behälter und des Zuflusses sowie die Heizleistung werden aktuell in einem Diagramm grafisch dargestellt. Die Werte dieser Signale werden automatisch gespeichert, so dass sie nachträglich in einem Zeitdiagramm ausgewertet werden können, z.B. um die Zeitkonstante der Strecke zu ermitteln.

Über "Auswertung" werden die gespeicherten Messwerte grafisch in einem Zeitdiagramm dargestellt.

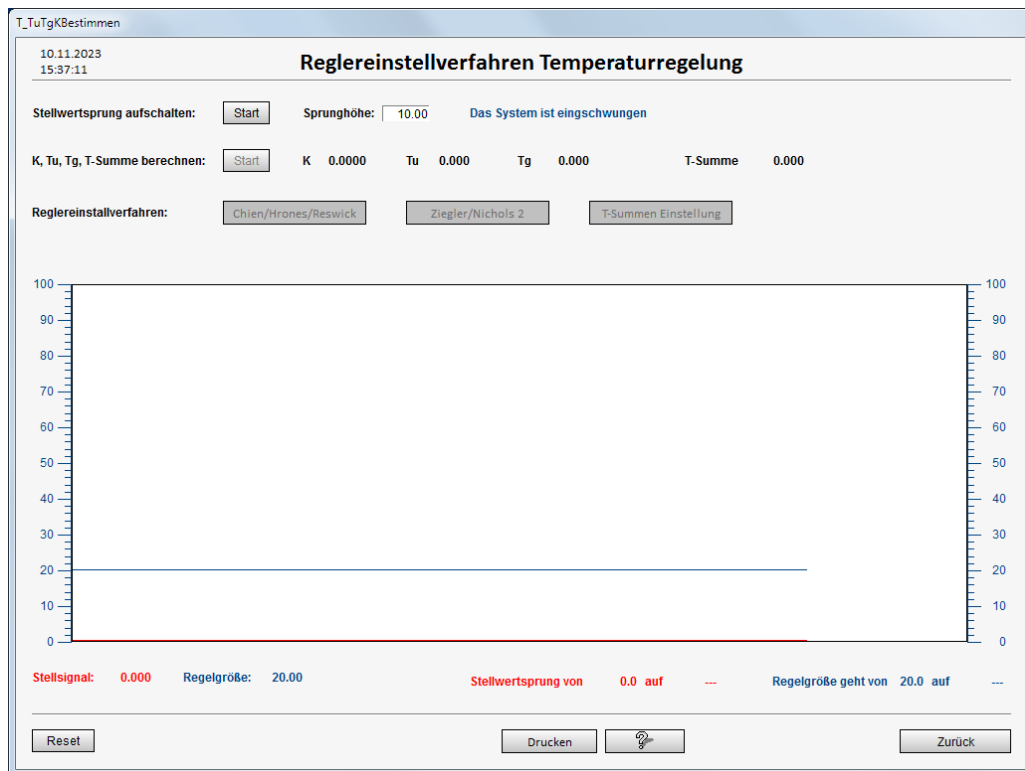


Durch Klicken auf die Signalnamen können Sie die Y-Skala umschalten. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen wird die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertmöglichkeiten zur Verfügung gestellt (Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertmöglichkeiten).

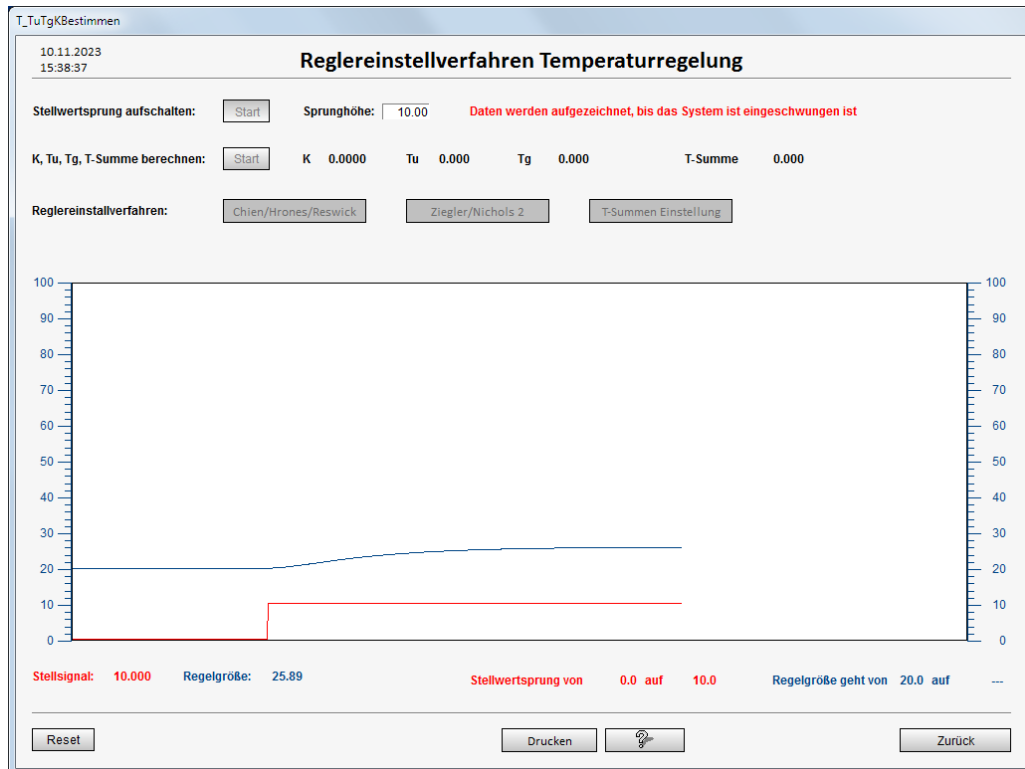
Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Istwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert der Zuflusstemperatur (Störung) bleibt erhalten.

Durch Klicken auf den Button „Reglereinstellverfahren“ können Sie automatisch die Tabellen für die Reglereinstellverfahren „Chien/Hrones/Reswick“, „Ziegler Nichols II“ und „T-Summen-Verfahren“ generieren.

Hier können Sie einen Stellwertsprung aufschalten, automatisch die Parameter K, T_u , T_g und T-Summe berechnen lassen und mithilfe dieser Parameter die Tabellen für die Reglereinstellverfahren „Chien/Hrones/Reswick“, „Ziegler Nichols II“ und „T-Summen-Verfahren“ generieren.

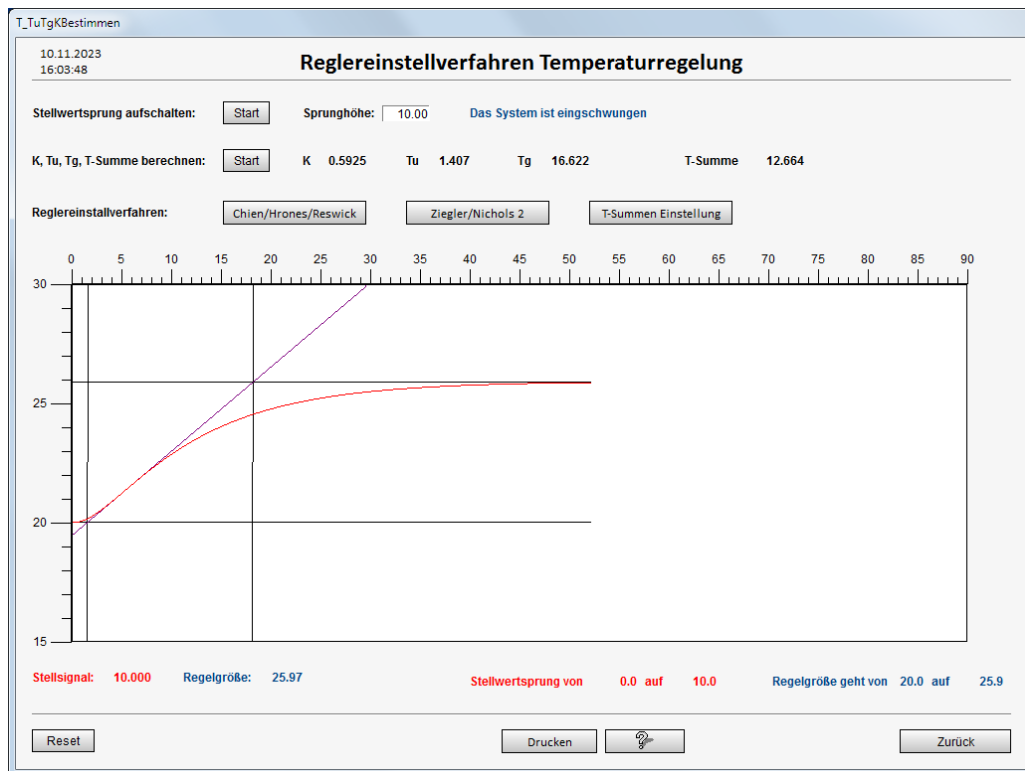


Durch Drücken auf „Start“ bei „Stellwertsprung aufschalten“, wird ein Stellwertsprung mit der bei „Sprunghöhe“ angegebenen einstellbaren Sprunghöhe aufgeschaltet, d.h. die Heizleistung wird sprungartig erhöht.



Nachdem das System eingeschwungen, können die Parameter K, Tu, Tg und T-Summe durch Klicken auf den entsprechenden Button berechnet werden.

Es erscheint eine Grafik, in der die Berechnung der Parameter ersichtlich ist.



Die Parameter Tu und Tg werden durch die Schnittpunkte der Tangente im Wendepunkt der Sprungantwort mit den Anfangs- und Endwerten der Sprungantwort bestimmt. K lässt sich aus den Anfangs- und Endwerten der Sprungantwort und der Höhe des Stellwertsprunges berechnen. T-Summe ist der normierte Wert des Integrals zwischen der Sprungantwort und dem oberen Wert der Sprungantwort.

Die berechneten Parameter werden dargestellt.

Jetzt haben Sie die Möglichkeit, durch Klicken auf die Buttons bei Reglereinstellverfahren sich die Tabellen für die einzelnen Verfahren anzuschauen.

TabelleCHR

Reglereinstellregeln nach Chien/Hrones/Reswick

K = 0.59 Tu = 1.4 Tg = 16.6

Regler	aperiodischer Regelverlauf		Regelverlauf mit 20% Überschwingen	
	Störung	Führung	Störung	Führung
P-Regler	$K_p = \frac{0,3 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 5.98$	$K_p = \frac{0,3 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 5.98$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 13.96$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 13.96$
PI-Regler	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 11.97$ $T_n = 4,0 \cdot T_u = 5.63$	$K_p = \frac{0,35 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 6.98$ $T_n = 1,2 \cdot T_g = 19.95$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 13.96$ $T_n = 2,3 \cdot T_u = 3.24$	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 11.97$ $T_n = 1,0 \cdot T_g = 16.62$
PID-Regler	$K_p = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 18.95$ $T_n = 2,4 \cdot T_u = 3.38$ $T_v = 0,42 \cdot T_u = 0.59$	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 11.97$ $T_n = 1,0 \cdot T_g = 16.62$ $T_v = 0,5 \cdot T_u = 0.70$	$K_p = \frac{1,2 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 23.93$ $T_n = 2,0 \cdot T_u = 2.81$ $T_v = 0,42 \cdot T_u = 0.59$	$K_p = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 18.95$ $T_n = 1,35 \cdot T_g = 22.44$ $T_v = 0,47 \cdot T_u = 0.66$

Stellwertsprung 0.0 auf 10.0 Regelgröße geht von 20.0 auf 25.9

Reglereinstellregeln nach Ziegler/Nichols 2

K = 0.59 Tu = 1.4 Tg = 16.6

P-Regler	PI-Regler	PID-Regler
$K_p = \frac{1.0 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 19.94$	$K_p = \frac{0.9 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 11.97$	$K_p = \frac{1.2 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 23.93$
	$T_n = 0.33 \cdot T_u = 0.46$	$T_n = 2.0 \cdot T_u = 2.81$
		$T_v = 0.5 \cdot T_u = 0.70$

Stellwertsprung 0.0 auf 10.0 Regelgröße geht von 20.0 auf 25.9 Drucken Schließen

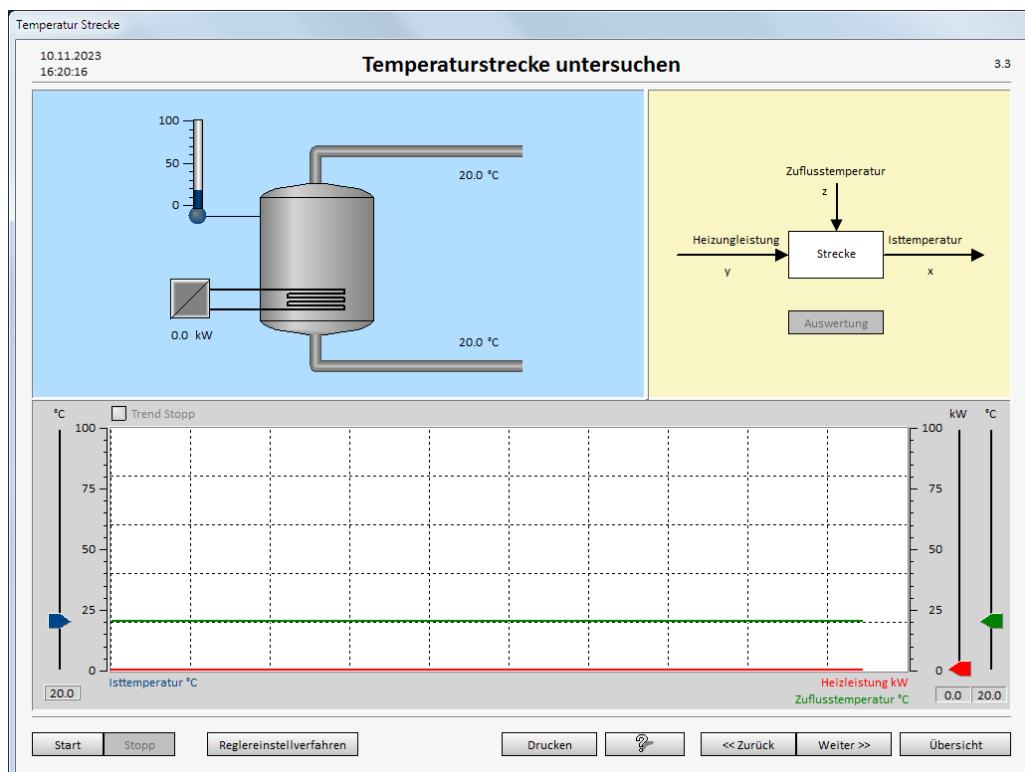
Reglereinstellregeln nach T-Summenregel

Ks = 0.59 T-Summe = 12.7

Regler	normales Einschwingen	schnelles Einschwingen
PI-Regler	$K_p = \frac{0.5}{K_s} = 0.84$ $T_n = 0.5 \cdot T_{summe} = 6.33$	$K_p = \frac{1.0}{K_s} = 1.69$ $T_n = 0.7 \cdot T_{summe} = 8.86$
PID-Regler	$K_p = \frac{1.0}{K_s} = 1.69$ $T_n = 0.66 \cdot T_{summe} = 8.36$ $T_v = 0.167 \cdot T_{summe} = 2.11$	$K_p = \frac{2.0}{K_s} = 3.38$ $T_n = 0.8 \cdot T_{summe} = 10.13$ $T_v = 0.194 \cdot T_{summe} = 2.46$

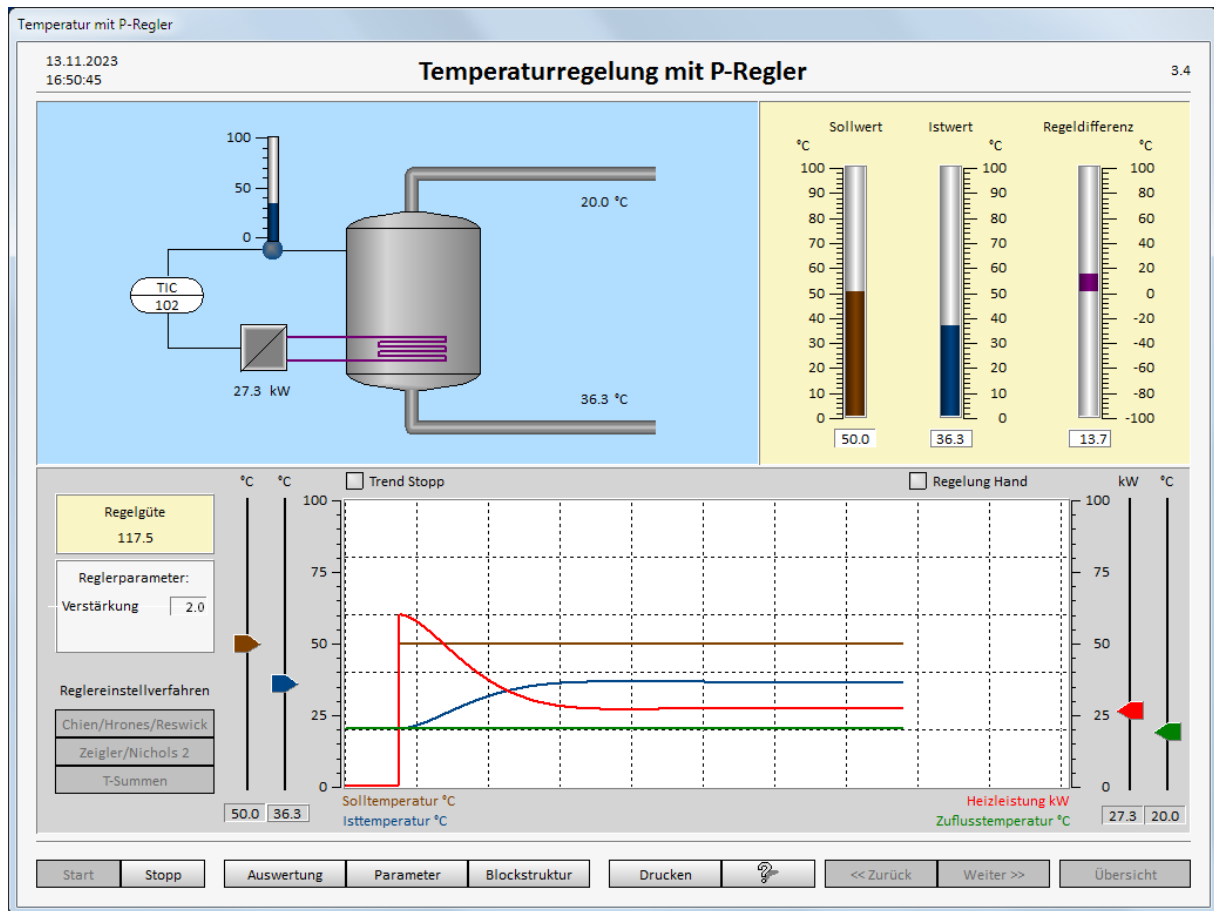
Stellwertsprung 0.0 auf 10.0 Regelgröße geht von 20.0 auf 25.9 Drucken Schließen

Durch Drücken des Buttons „Zurück“ kommen Sie wieder auf die Seite „Temperaturstrecke untersuchen“.



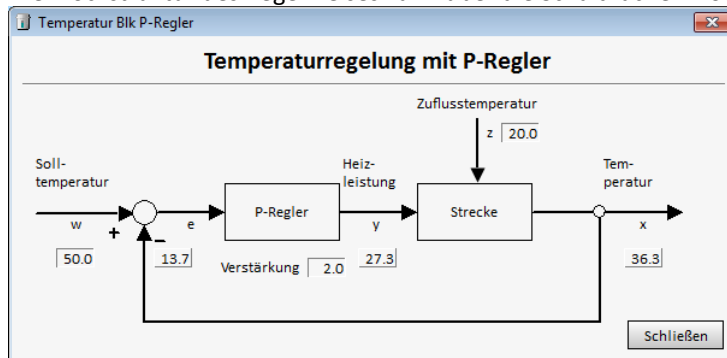
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

3.4 Regelung mit P-Regler



Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der P-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.



Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

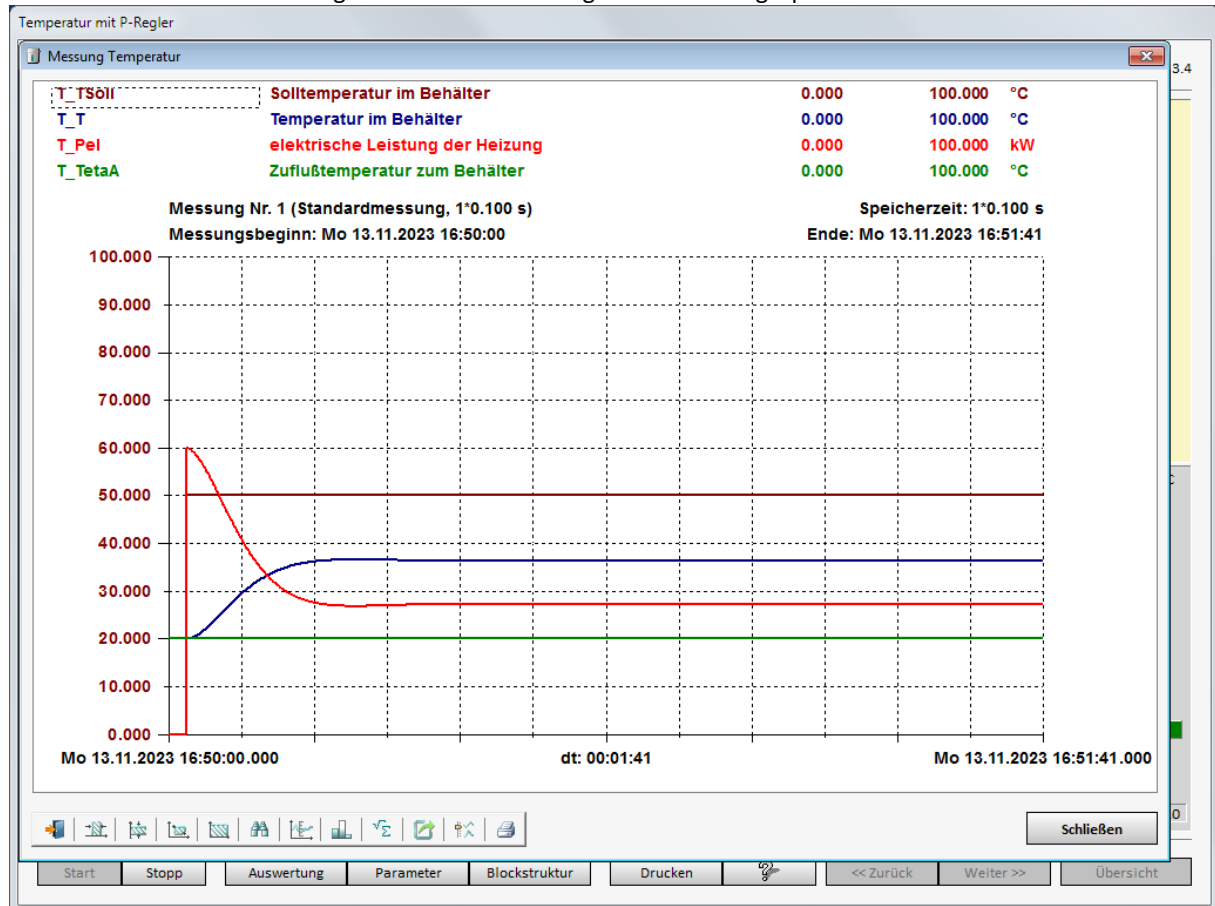
Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

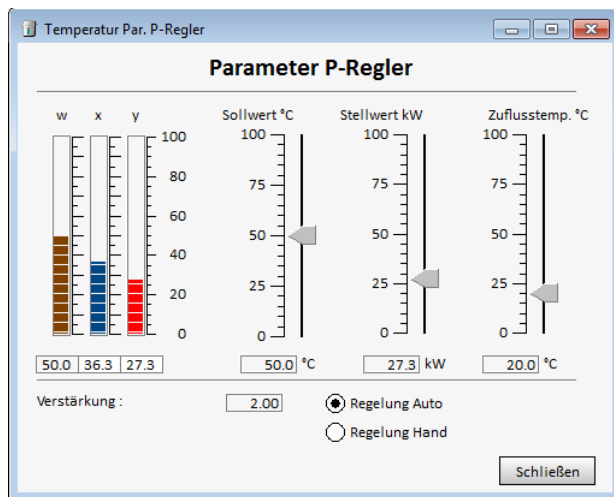
Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.



Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

3.5 Regelung mit I-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der I-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern,

Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

3.6 Regelung mit PI-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PI-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

3.7 Regelung mit PID-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PID-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

3.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der Zweipunkt-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als

Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Durch Drücken auf die unten aufgeführten Button werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

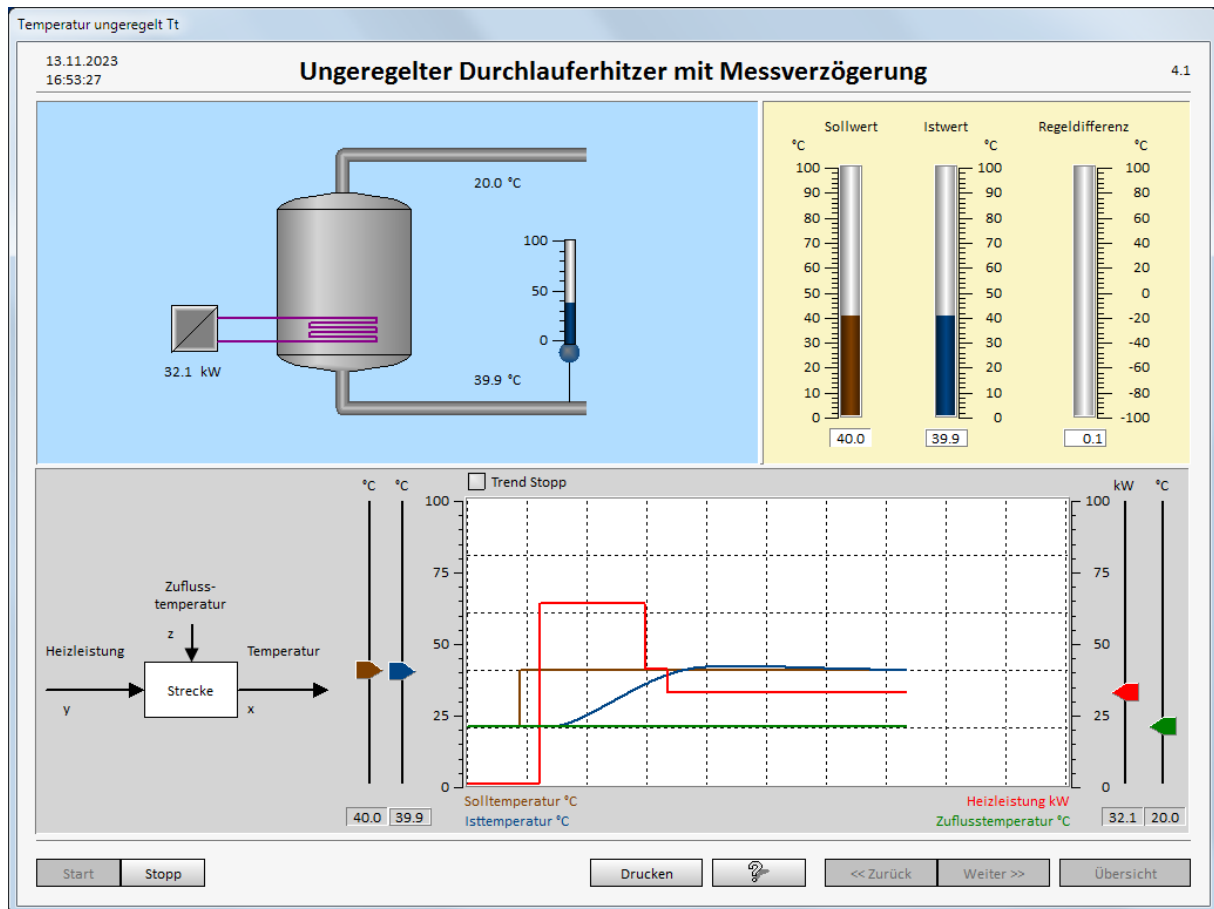
Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

4 Temperaturregelung mit Verzögerung

4.1 Ungeregelte Anlage



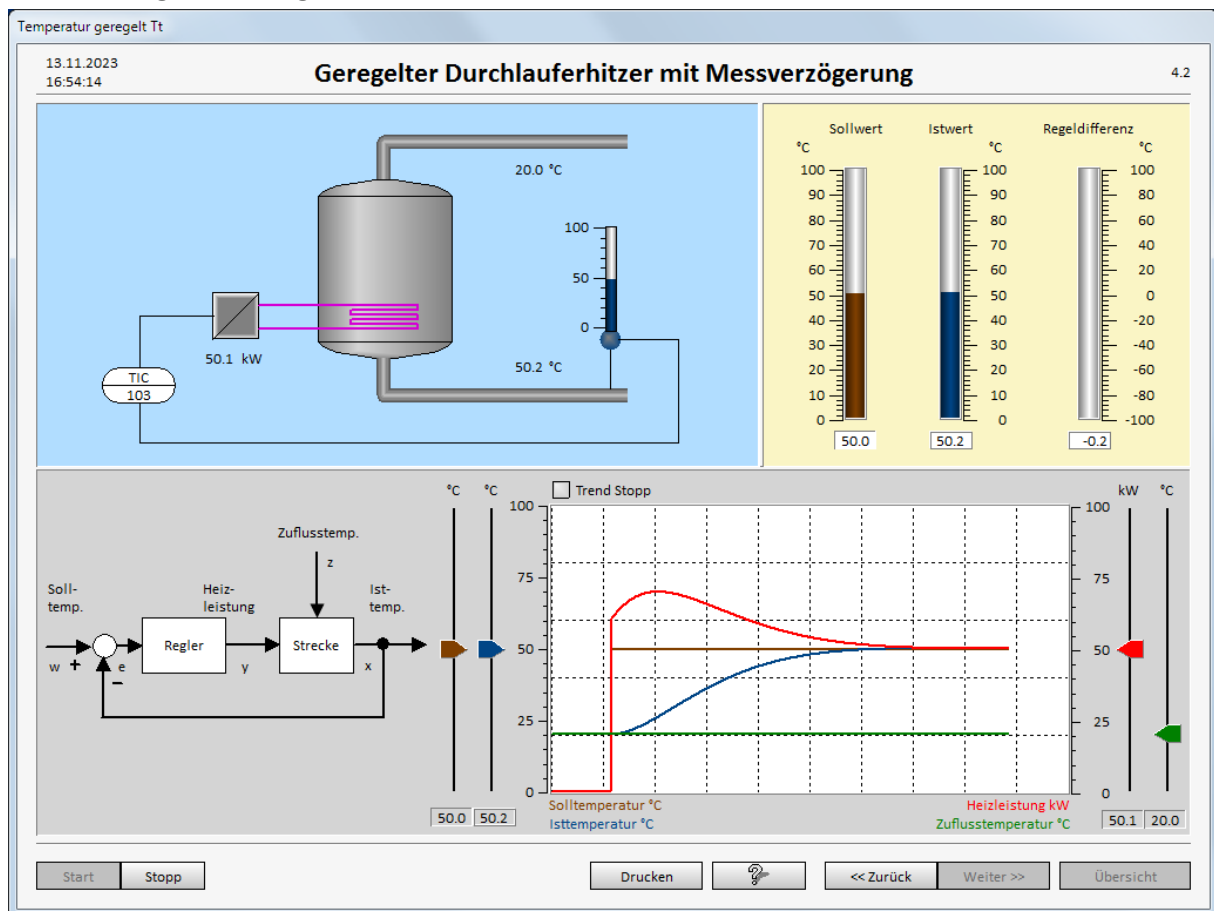
Bei dem Prozess handelt es sich um einen Behälter, der kontinuierlich von Wasser durchströmt wird. Eine Füllstandsänderung findet dabei nicht statt. Mit Hilfe einer elektrischen Heizung kann die Temperatur des Wassers in dem Behälter beeinflusst werden. Dadurch, dass die Temperatur im Abfluss gemessen wird, entsteht eine verzögerte Messung der Temperatur. Die Temperatur wird im Abfluss mit einer Totzeit von einer Sekunde gemessen. Die regelungstechnische Aufgabe besteht darin, die Temperatur des Wassers im Abfluss durch Veränderung der Heizleistung so zu regeln, dass diese einem vorgegebenen Sollwert entspricht. Die Heizleistung ist die Eingangsgröße (Stellgröße), die Temperatur des abfließenden Wassers die Ausgangsgröße des Systems. Schwankungen in der Temperatur des Zulaufes stellen eine Störgröße dar.

Die Simulation des Prozesses wird durch ein Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Nun können Sie versuchen, die Isttemperatur dem eingestellten Sollwert manuell nachzuführen, indem Sie die Heizleistung über den Schieberegler oder durch Eingabe eines Wertes unterhalb des Schiebereglers verändern. Verstellen der Zulauftemperatur führt zu einer Störung, die es auszuregeln gilt.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp".

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

4.2 Geregelte Anlage



Im Gegensatz zur vorherigen Seite *Ungeregelte Anlage* wird die Regelung der Temperatur nicht manuell sondern von einem PI-Regler ausgeführt.

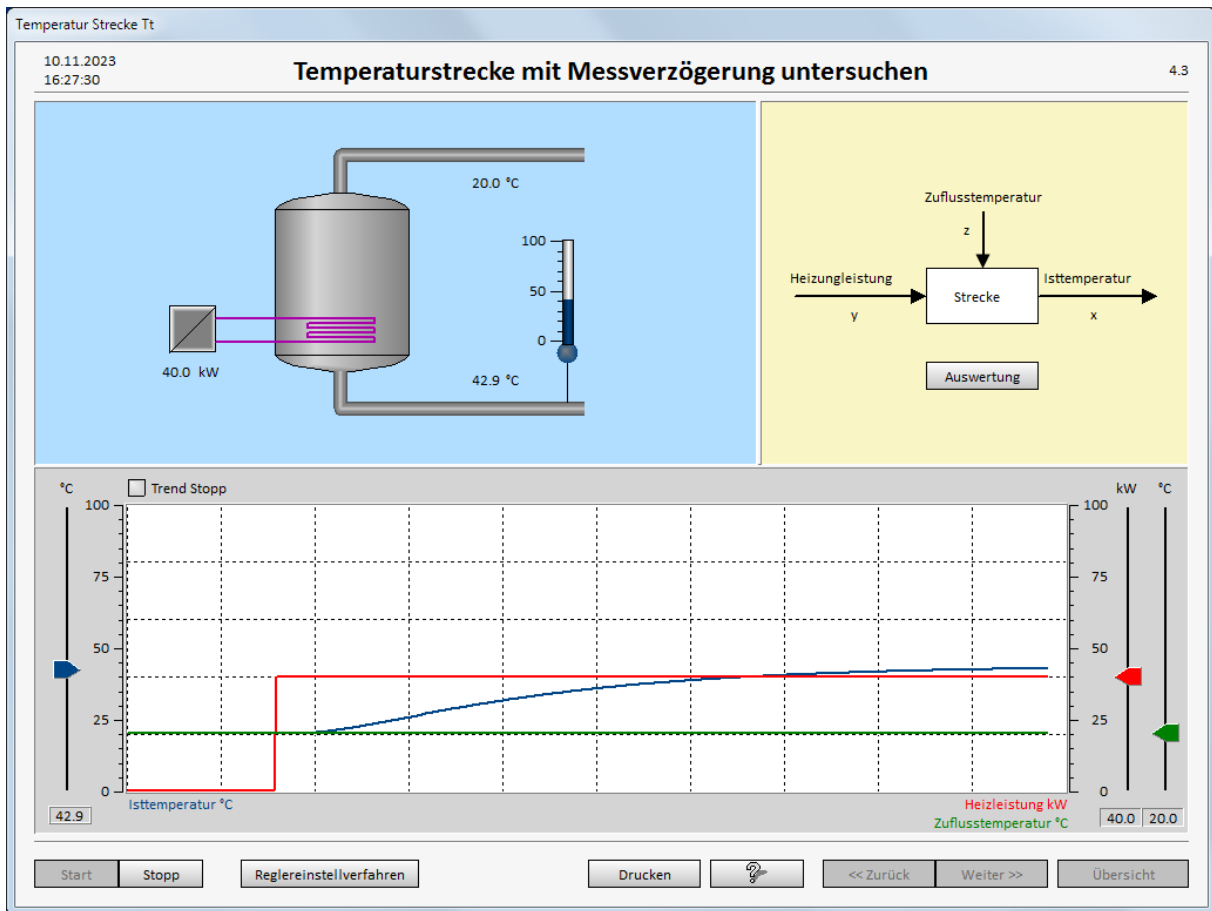
Die Simulation des Prozesses wird durch Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Ein PI-Regler beginnt über die Regelung der elektrischen Heizleistung, den eingestellten Sollwert zu erreichen.

Sie können den Sollwert und die Zuflusstemperatur über die zugehörigen Schieberegler oder durch Eingabe von Werten unterhalb der Schieberegler verändern.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert der Zuflusstemperatur bleibt erhalten.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

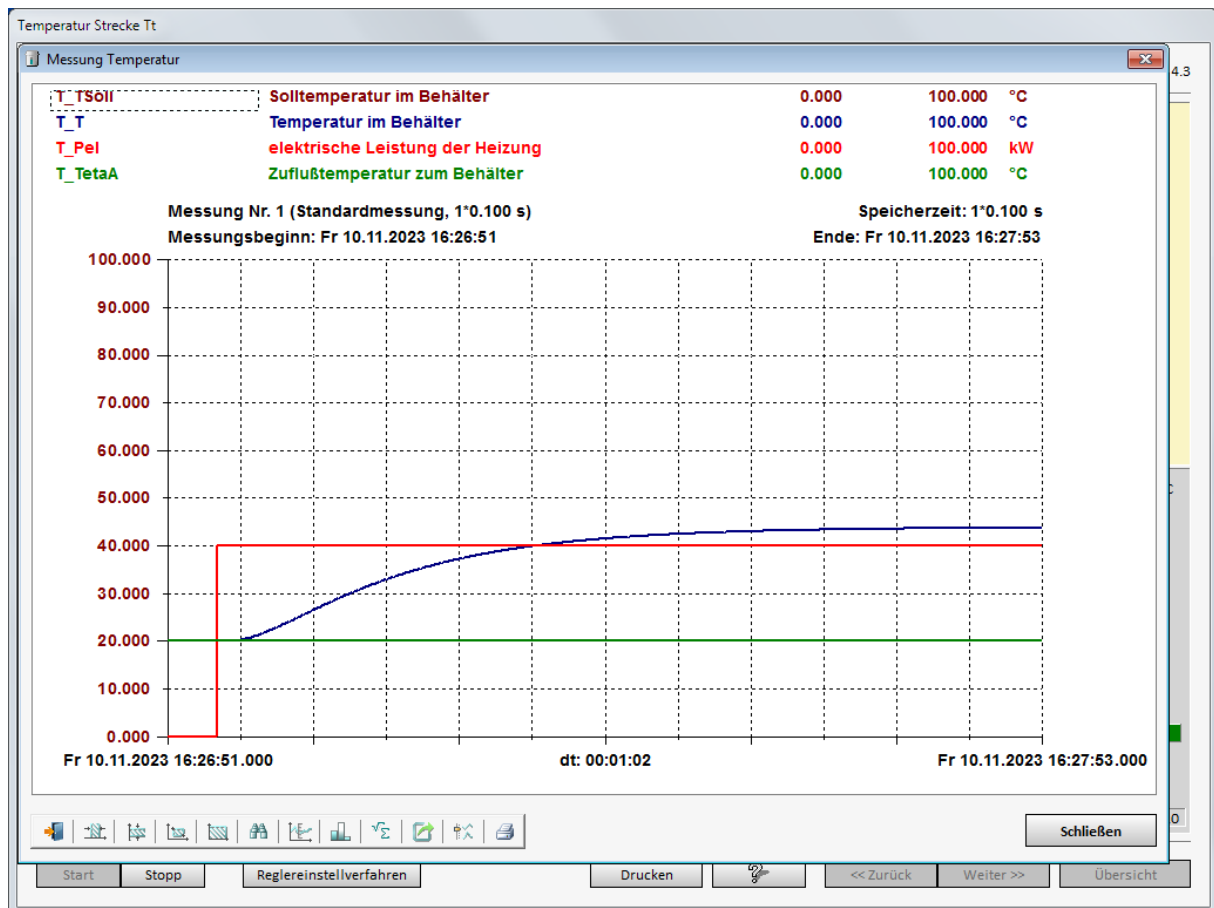
4.3 Strecke untersuchen



Hier kann das Verhalten der Strecke auf Heizleistungs- und Zuflusstemperaturänderungen untersucht werden. Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Heizleistung und Zuflusstemperatur können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler verändert werden.

Die Temperaturen im Behälter und des Zuflusses sowie die Heizleistung werden aktuell in einem Diagramm grafisch dargestellt. Die Werte dieser Signale werden automatisch gespeichert, so dass sie nachträglich in einem Zeitdiagramm ausgewertet werden können, z.B. um die Zeitkonstante der Strecke zu ermitteln.

Über "Auswertung" werden die gespeicherten Messwerte grafisch in einem Zeitdiagramm dargestellt.

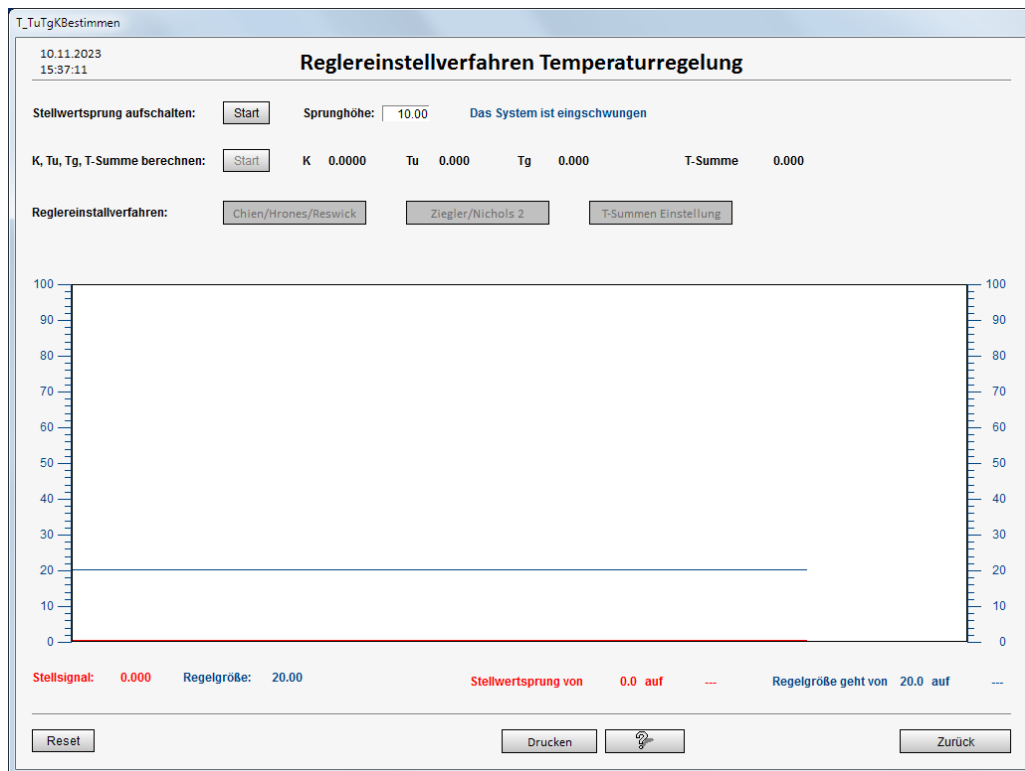


Durch Klicken auf die Signalnamen können Sie die Y-Skala umschalten. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen wird die Werte- und Zeitdifferenz und die Steigung angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

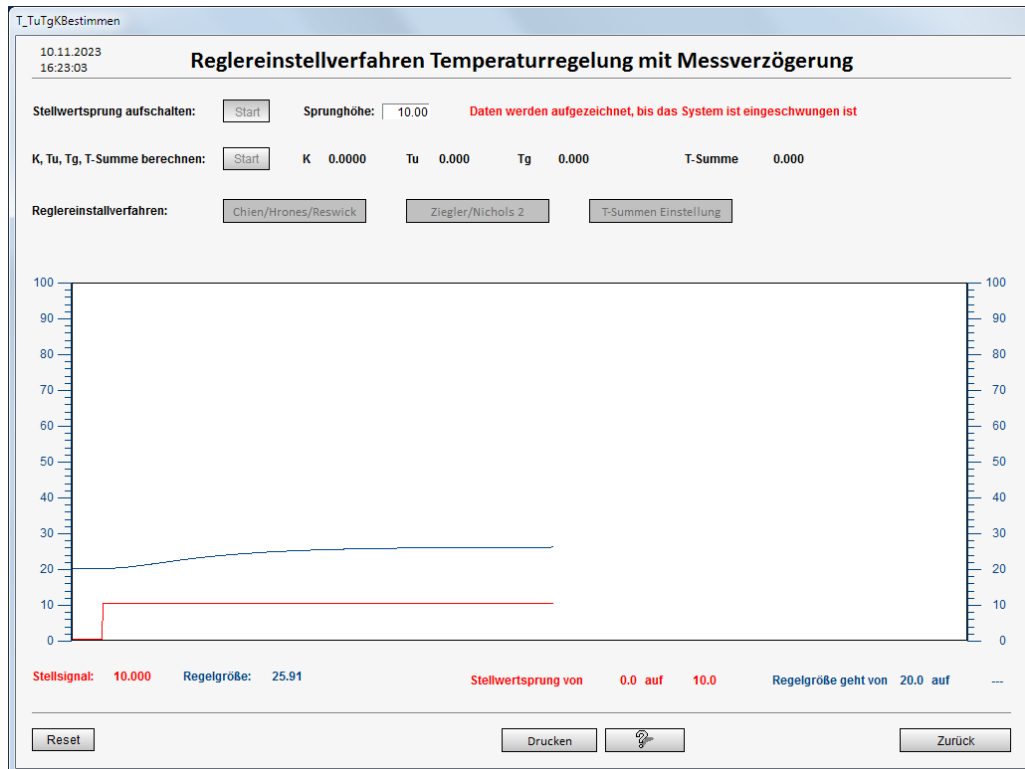
Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Istwert und Stellwert werden wieder auf einen definierten Anfangszustand gebracht. Der eingestellte Wert der Zuflusstemperatur (Störung) bleibt erhalten.

Durch Klicken auf den Button „Reglereinstellverfahren“ können Sie automatisch die Tabellen für die Reglereinstellverfahren „Chien/Hrones/Reswick“, „Ziegler Nichols II“ und „T-Summen-Verfahren“ generieren.

Hier können Sie einen Stellwertsprung aufschalten, automatisch die Parameter K, T_u und T_g berechnen lassen und mithilfe dieser Parameter die Tabellen für die Reglereinstellverfahren „Chien/Hrones/Reswick“, „Ziegler Nichols II“ und „T-Summen-Verfahren“ generieren.

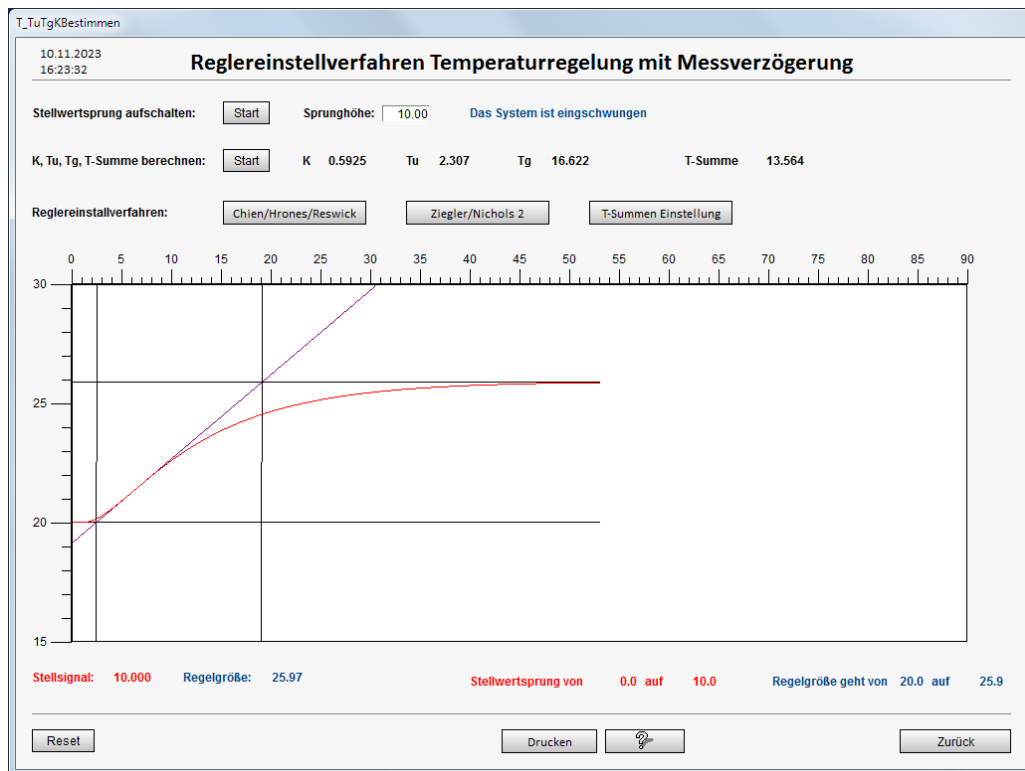


Durch Drücken auf „Start“ bei „Stellwertsprung aufschalten“, wird ein Stellwertsprung mit der bei „Sprunghöhe“ angegebenen einstellbaren Sprunghöhe aufgeschaltet, d.h. die Heizleistung wird sprungartig erhöht.



Nachdem das System eingeschwungen, können die Parameter K, Tu, Tg und T-Summe durch Klicken auf den entsprechenden Button berechnet werden.

Es erscheint eine Grafik, in der die Berechnung der Parameter ersichtlich ist.



Die Parameter T_u und T_g werden durch die Schnittpunkte der Tangente im Wendepunkt der Sprungantwort mit den Anfangs- und Endwerten der Sprungantwort bestimmt. K lässt sich aus den Anfangs- und Endwerten der Sprungantwort und der Höhe des Stellwertsprunges berechnen. T-Summe ist der normierte Wert des Integrals zwischen der Sprungantwort und dem oberen Wert der Sprungantwort.

Die berechneten Parameter werden dargestellt.

Jetzt haben Sie die Möglichkeit, durch Klicken auf die Button bei Reglereinstellverfahren sich die Tabellen für die einzelnen Verfahren anzuschauen.

TabelleCHR

Reglereinstellregeln nach Chien/Hrones/Reswick

K = 0.59 Tu = 2.3 Tg = 16.6

Regler	aperiodischer Regelverlauf		Regelverlauf mit 20% Überspringen	
	Störung	Führung	Störung	Führung
P-Regler	$K_p = \frac{0,3 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 3.65$	$K_p = \frac{0,3 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 3.65$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 8.51$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 8.51$
PI-Regler	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 7.30$ $T_n = 4,0 \cdot T_u = 9.23$	$K_p = \frac{0,35 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 4.26$ $T_n = 1,2 \cdot T_g = 19.95$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 8.51$ $T_n = 2,3 \cdot T_u = 5.31$	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 7.30$ $T_n = 1,0 \cdot T_g = 16.62$
PID-Regler	$K_p = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 11.55$ $T_n = 2,4 \cdot T_u = 5.54$ $T_v = 0,42 \cdot T_u = 0.97$	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 7.30$ $T_n = 1,0 \cdot T_g = 16.62$ $T_v = 0,5 \cdot T_u = 1.15$	$K_p = \frac{1,2 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 14.59$ $T_n = 2,0 \cdot T_u = 4.61$ $T_v = 0,42 \cdot T_u = 0.97$	$K_p = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 11.55$ $T_n = 1,35 \cdot T_g = 22.44$ $T_v = 0,47 \cdot T_u = 1.08$

Stellwertsprung 0.0 auf 10.0 Regelgröße geht von 20.0 auf 25.9

Reglereinstellregeln nach Ziegler/Nichols 2

K = 0.59 Tu = 2.3 Tg = 16.6

P-Regler	PI-Regler	PID-Regler
$K_p = \frac{1.0 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 12.16$	$K_p = \frac{0.9 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 7.30$ $T_n = 0.33 \cdot T_u = 0.76$	$K_p = \frac{1.2 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 14.59$ $T_n = 2.0 \cdot T_u = 4.61$ $T_v = 0.5 \cdot T_u = 1.15$

Stellwertsprung 0.0 auf 10.0 Regelgröße geht von 20.0 auf 25.9

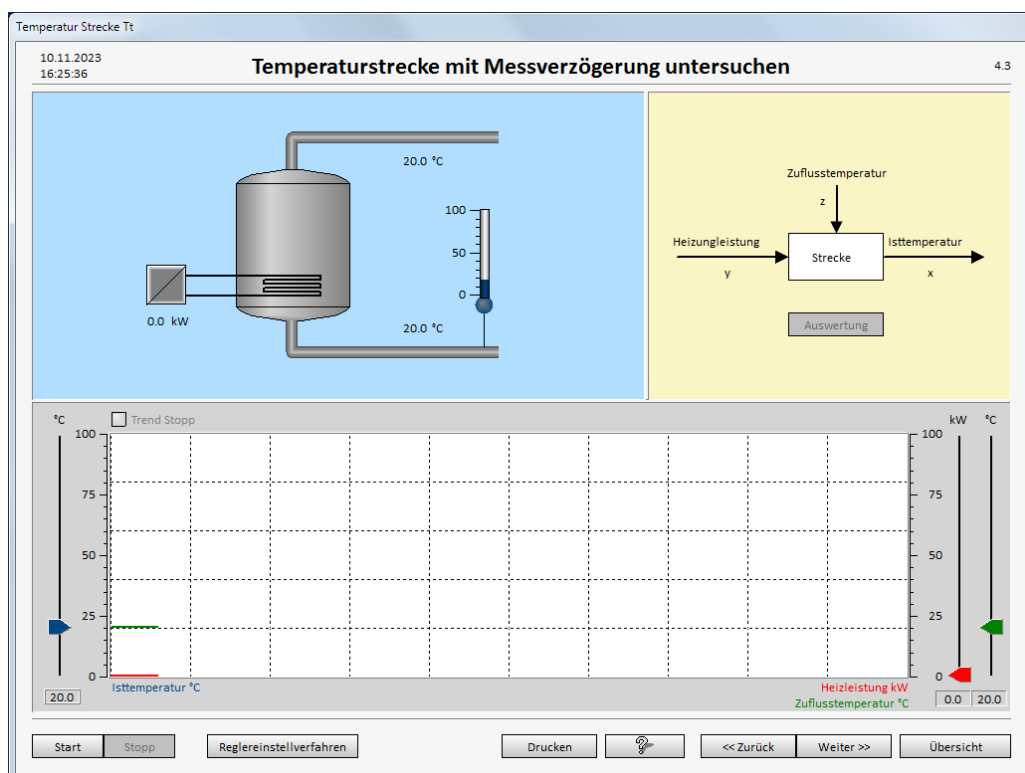
Reglereinstellregeln nach T-Summenregel

Ks = 0.59 T-Summe = 13.6

Regler	normales Einschwingen	schnelles Einschwingen
PI-Regler	$K_p = \frac{0.5}{K_s} = 0.84$ $T_n = 0.5 \cdot T_{summe} = 6.78$	$K_p = \frac{1.0}{K_s} = 1.69$ $T_n = 0.7 \cdot T_{summe} = 9.49$
PID-Regler	$K_p = \frac{1.0}{K_s} = 1.69$ $T_n = 0.66 \cdot T_{summe} = 8.95$ $T_v = 0.167 \cdot T_{summe} = 2.27$	$K_p = \frac{2.0}{K_s} = 3.38$ $T_n = 0.8 \cdot T_{summe} = 10.85$ $T_v = 0.194 \cdot T_{summe} = 2.63$

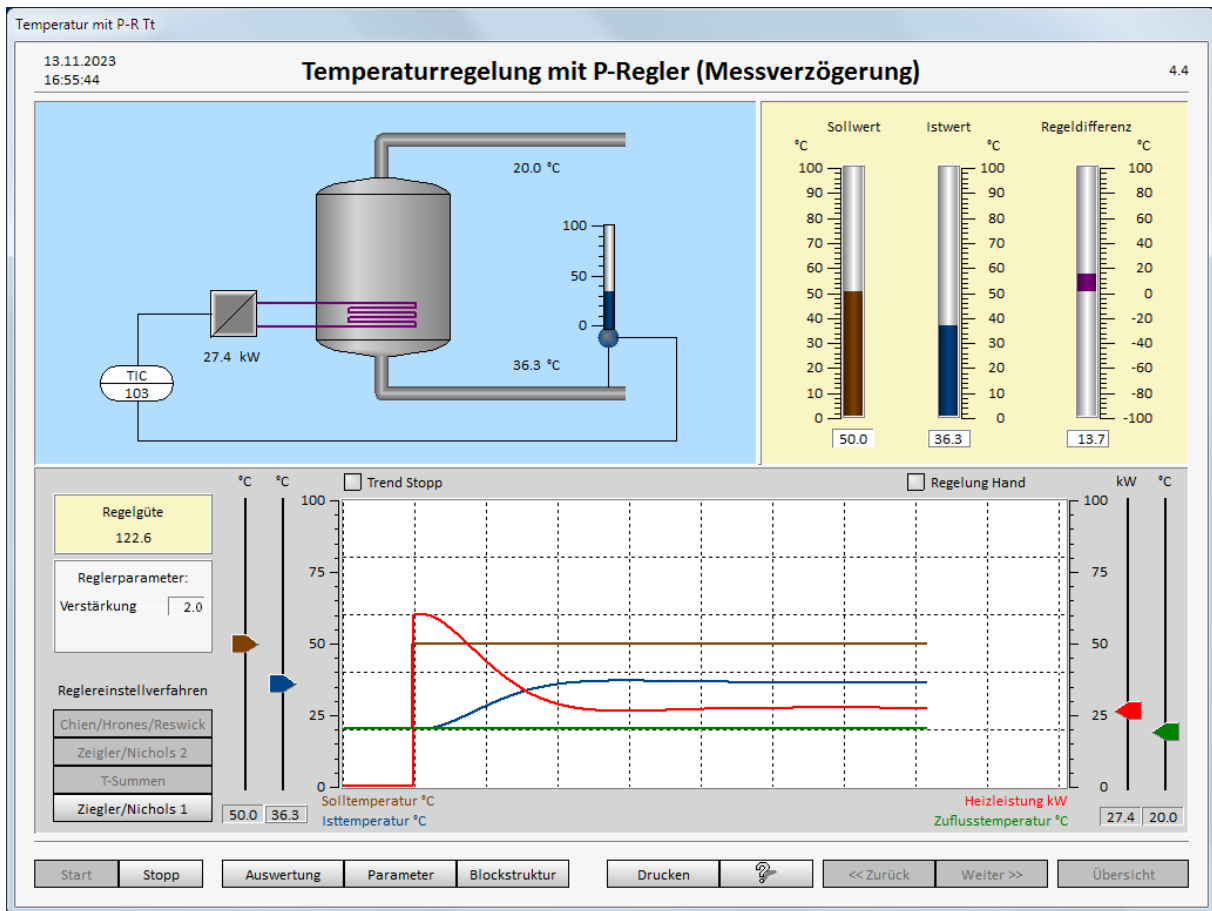
Stellwertsprung 0.0 auf 10.0 Regelgröße geht von 20.0 auf 25.9

Durch Drücken des Buttons „Zurück“ kommen Sie wieder auf die Seite „Temperaturstrecke untersuchen“.



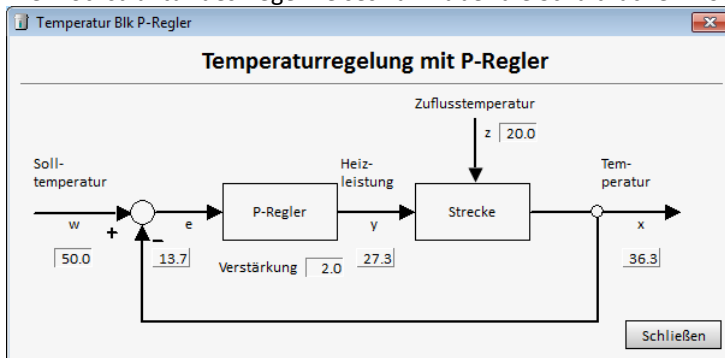
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildern.

4.4 Regelung mit P-Regler



Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der P-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.



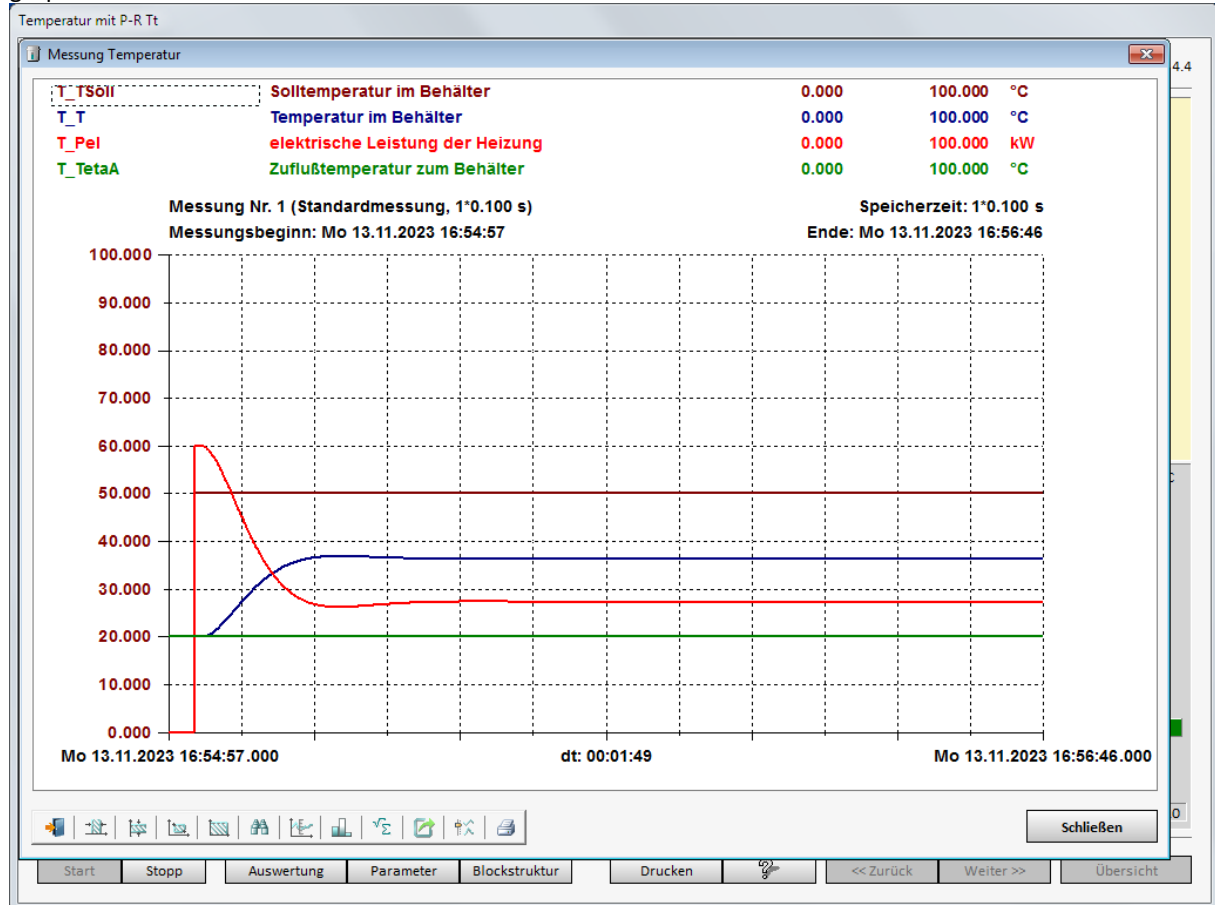
Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

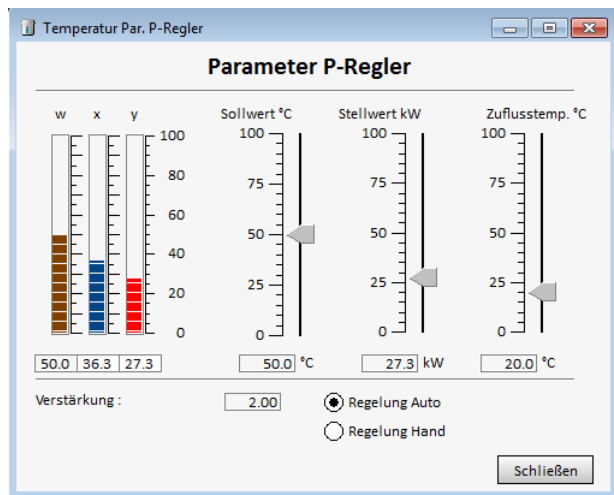
In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden. Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



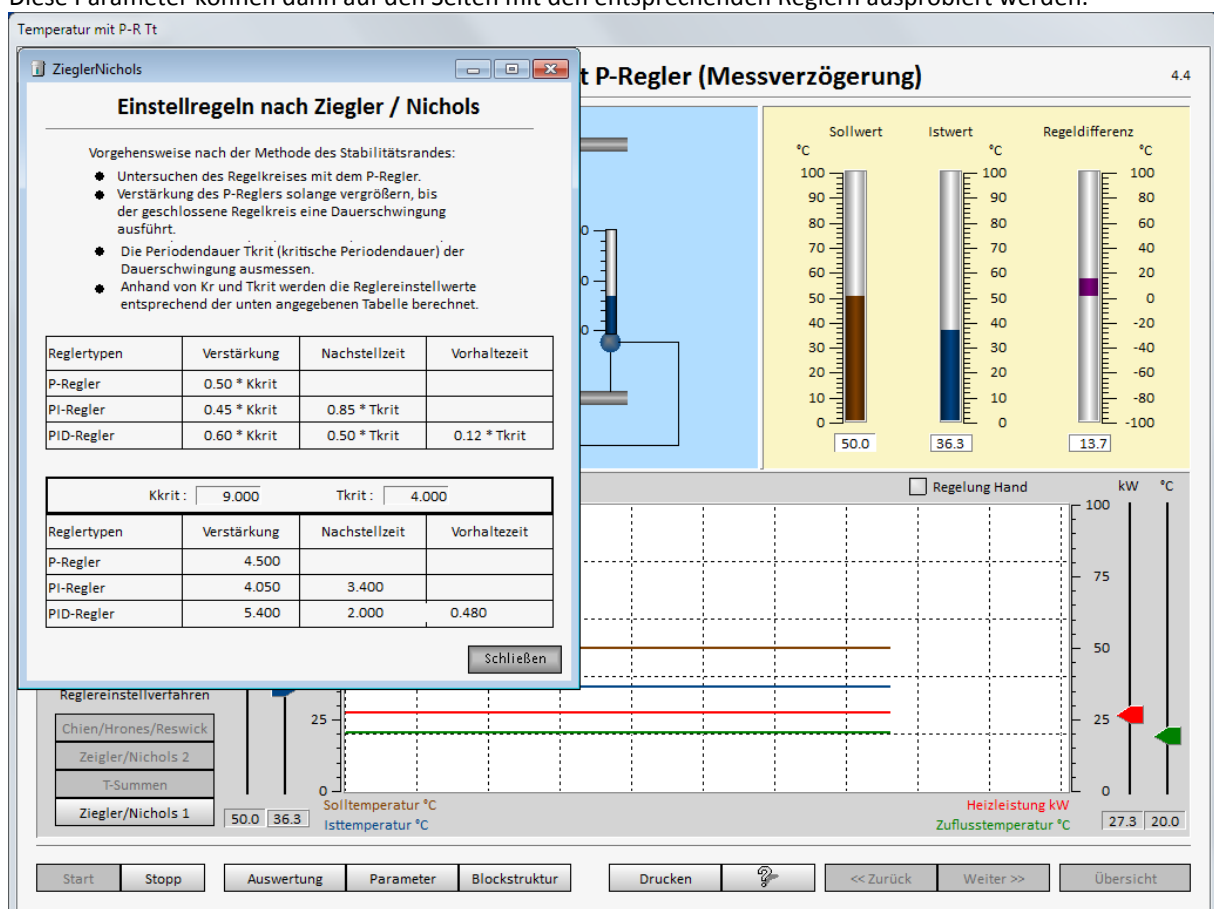
Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz sowie die Steigung angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.



Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Ziegler/Nichols" wird ein Unterfenster geöffnet, in dem die Einstellregel von Ziegler/Nichols nach der Methode des Stabilitätsrandes beschrieben wird. Weiterhin ist es möglich die selbst bestimmte kritische Verstärkung K_{krit} und die kritische Zeitkonstante T_{krit} einzugeben, damit die Verstärkung, die Nachstellzeit und die Vorhaltezeit nach Ziegler/Nichols für die entsprechenden Regler berechnet wird. Diese Parameter können dann auf den Seiten mit den entsprechenden Reglern ausprobiert werden.



Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

4.5 Regelung mit I-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der I-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stop" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

4.6 Regelung mit PI-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PI-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als

Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

4.7 Regelung mit PID-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PID-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (die Heizleistung) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können. Auch ist hier eine Hand- / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

4.8 Regelung mit Zweipunkt-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der Zweipunkt-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Solltemperatur, Isttemperatur und Zuflusstemperatur werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Zuflusstemperatur (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt (u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten).

Die Reglerparameter können direkt durch Eingabe von Werten verändert werden.

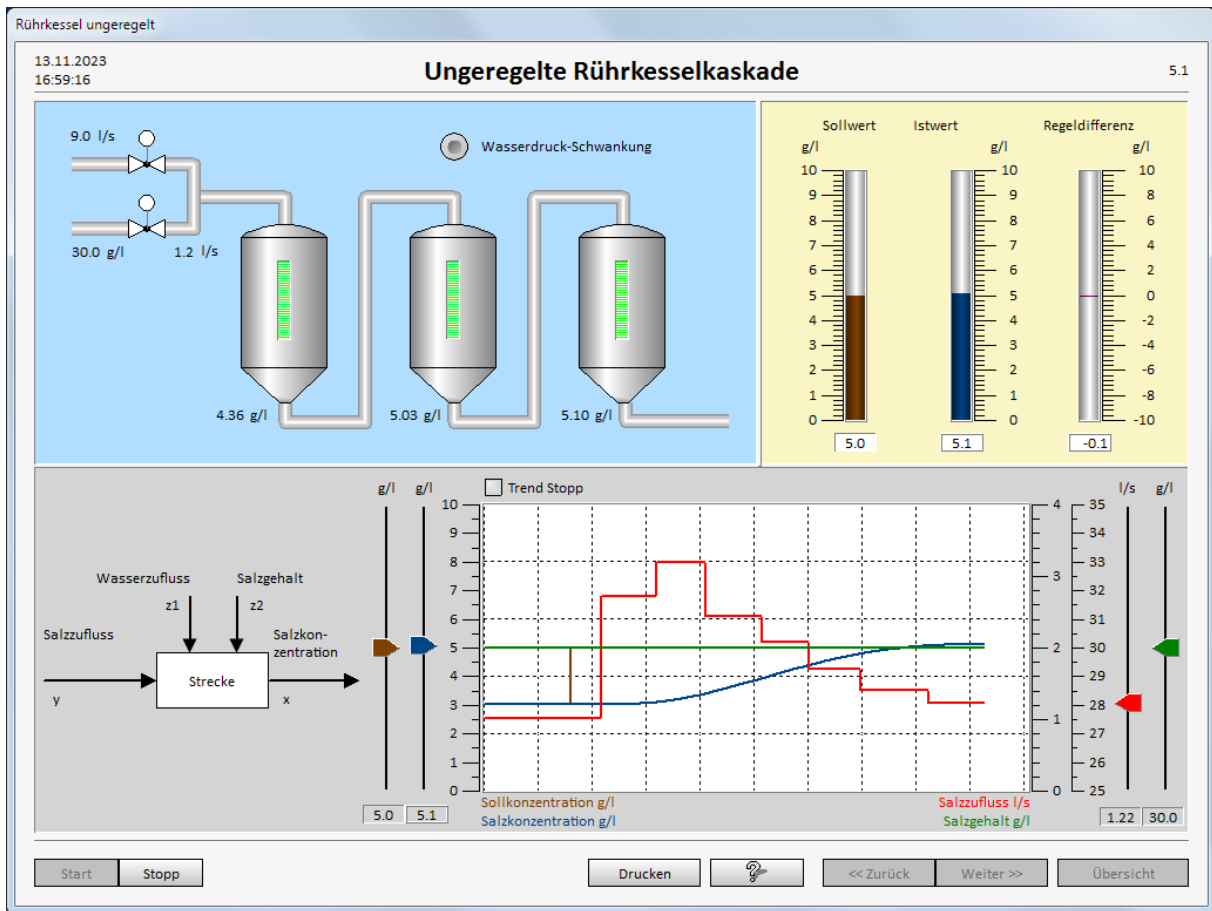
Durch Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem ebenfalls die Reglerparameter, als auch die Solltemperatur und die Zuflusstemperatur eingestellt werden können.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Sollwert und Stellwert werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht. Die eingestellten Werte der Zuflusstemperatur (Störung) und der Reglerparameter bleiben erhalten.

Mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" gelangen Sie zu weiteren Prozessbildseiten.

5 Rührkesselkaskade

5.1 Ungeregelte Anlage



Der Anlagenaufbau besteht im Wesentlichen aus drei Rührkesseln, die je einen Zufluss und einen Abfluss besitzen. Dabei ist der Abfluss des ersten Kessels mit dem Zufluss des zweiten, der Abfluss des zweiten Kessels mit dem Zufluss des dritten verbunden.

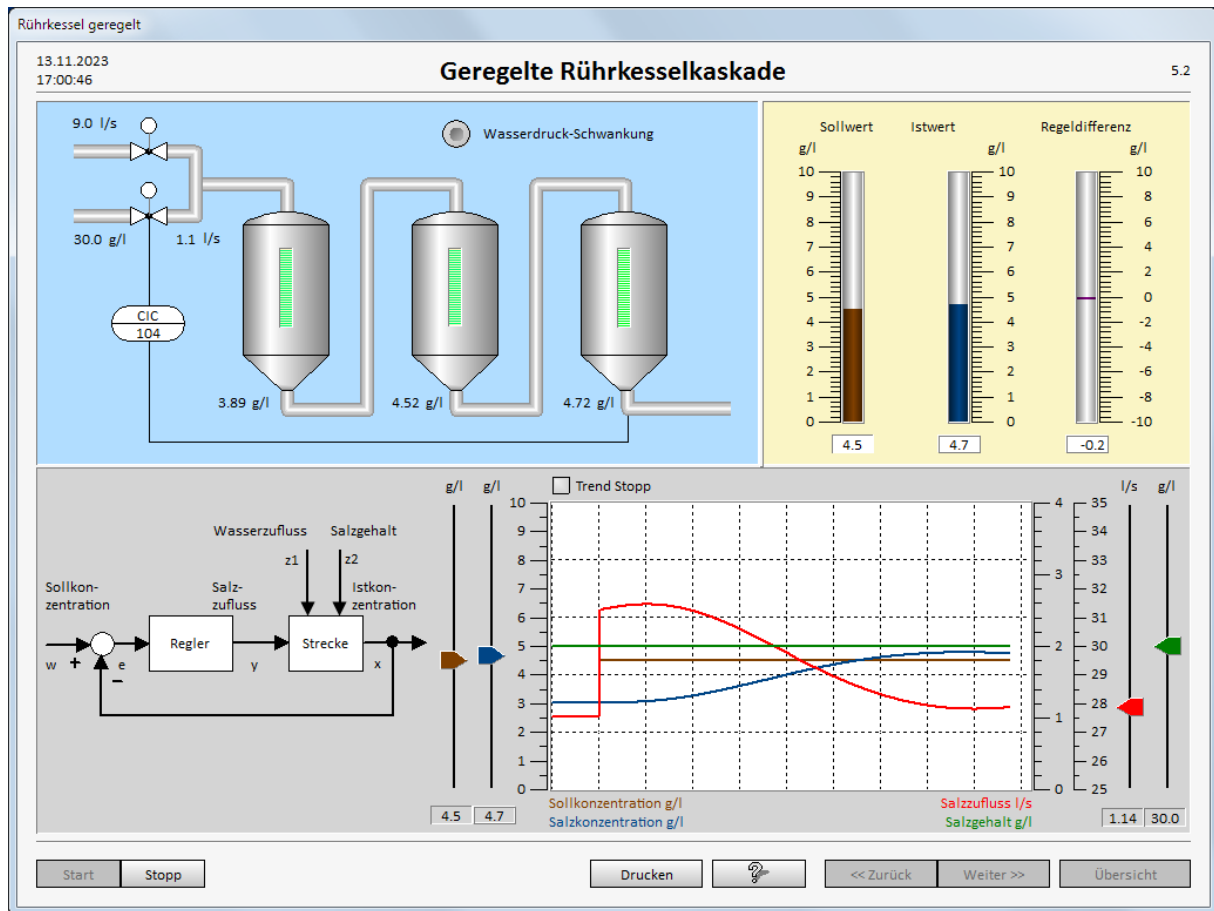
In diesem Simulationsbeispiel wird eine Salzlösung mit Wasser gemischt. Dem ersten Kessel fließt eine Mischung aus einem Wasserstrom und einem Salzlösungsstrom zu. Die Durchflussmengen dieser Ströme können über Ventile getrennt voneinander variiert werden. Die regelungstechnische Aufgabe besteht darin, die Salzkonzentration des dritten Kessels so zu regeln, dass diese einem vorgegebenen Sollwert entspricht. Dabei wird die Durchflussmenge des Salzlösungsstroms als Eingangsgröße (Stellgröße) angesehen, die Salzkonzentration der aus dem dritten Kessel fließenden Flüssigkeit ist die Ausgangsgröße des Systems. Schwankungen in der Durchflussmenge des zufließenden Wasserstroms sowie Änderungen der Salzkonzentration der Salzlösung stellen Störgrößen dar.

Die Simulation des Prozesses wird durch ein Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Nun können Sie versuchen, die Salzkonzentration dem eingestellten Sollwert manuell nachzuführen, indem Sie die Durchflussmenge der Salzlösung über den Schieberegler, den Auf-/ Abwärtszähler oder durch Eingabe von Zahlenwerten oberhalb der Auf-/ Abwärtszähler verändern. Verändern der Durchflussmenge des Salzgehalts oder Drücken des Tasters "Wasserdruckschwankung" führen zu einer Störung, die es aus zu regeln gilt.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.2 Geregelte Anlage



Im Gegensatz zur vorherigen Seite *Ungeregelte Anlage* wird die Regelung der Salzkonzentration nicht manuell sondern von einem PI-Regler ausgeführt.

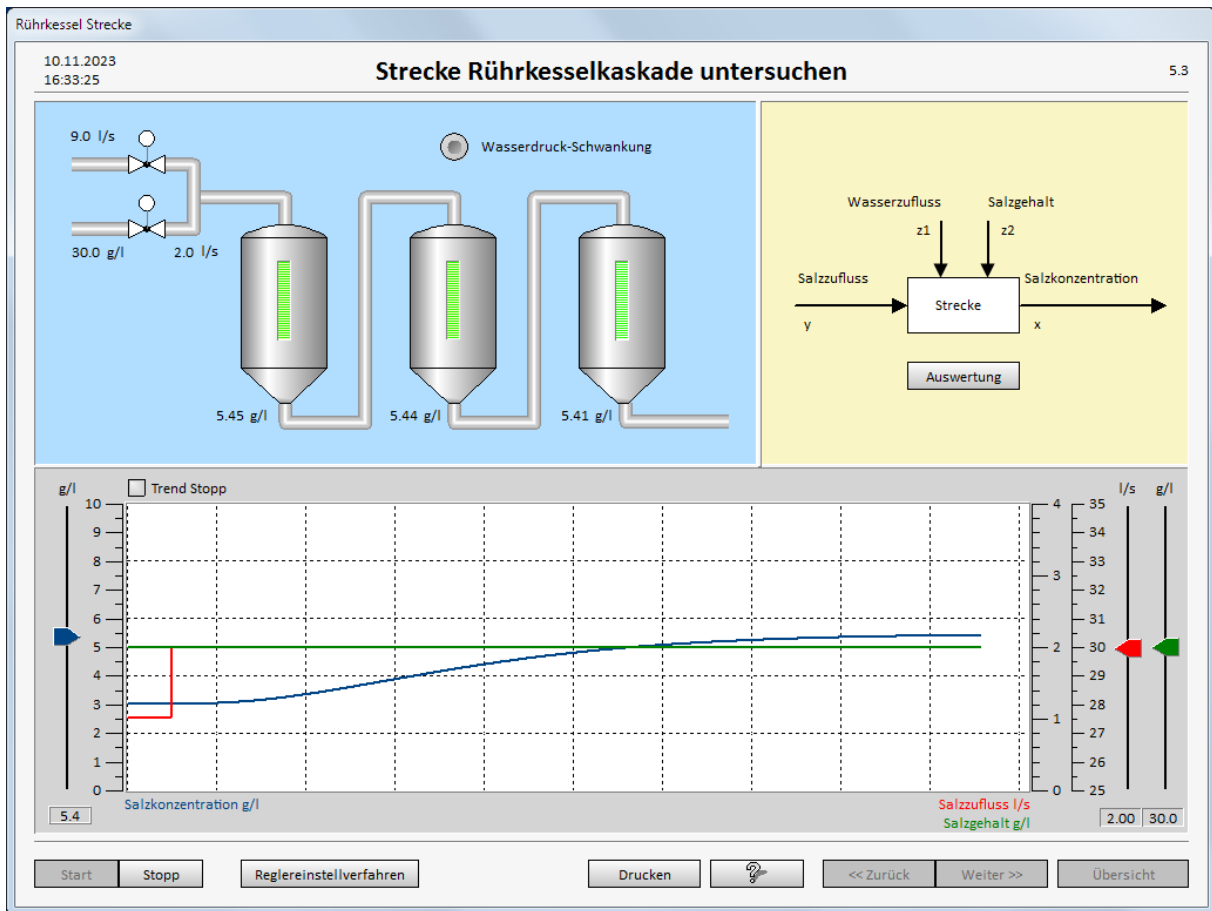
Die Simulation des Prozesses wird durch Klicken auf die Schaltfläche "Start" gestartet. Ein PI-Regler beginnt über die Regelung des Salzlösungszuflusses, den eingestellten Sollwert zu erreichen.

Sie können den Sollwert und die Größe des Wasserzuflusses über die zugehörigen Schieberegler oder durch Eingabe von Werten unterhalb des Schiebereglers verändern. Klicken auf den Taster "Wasserdruck-Schwankung" führt zu einer Störung des Wasserstromes. Über den Salzgehalt durchfluss kann eine Änderung der Salzkonzentration der zufließenden Salzlösung bewirkt werden.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.3 Strecke untersuchen

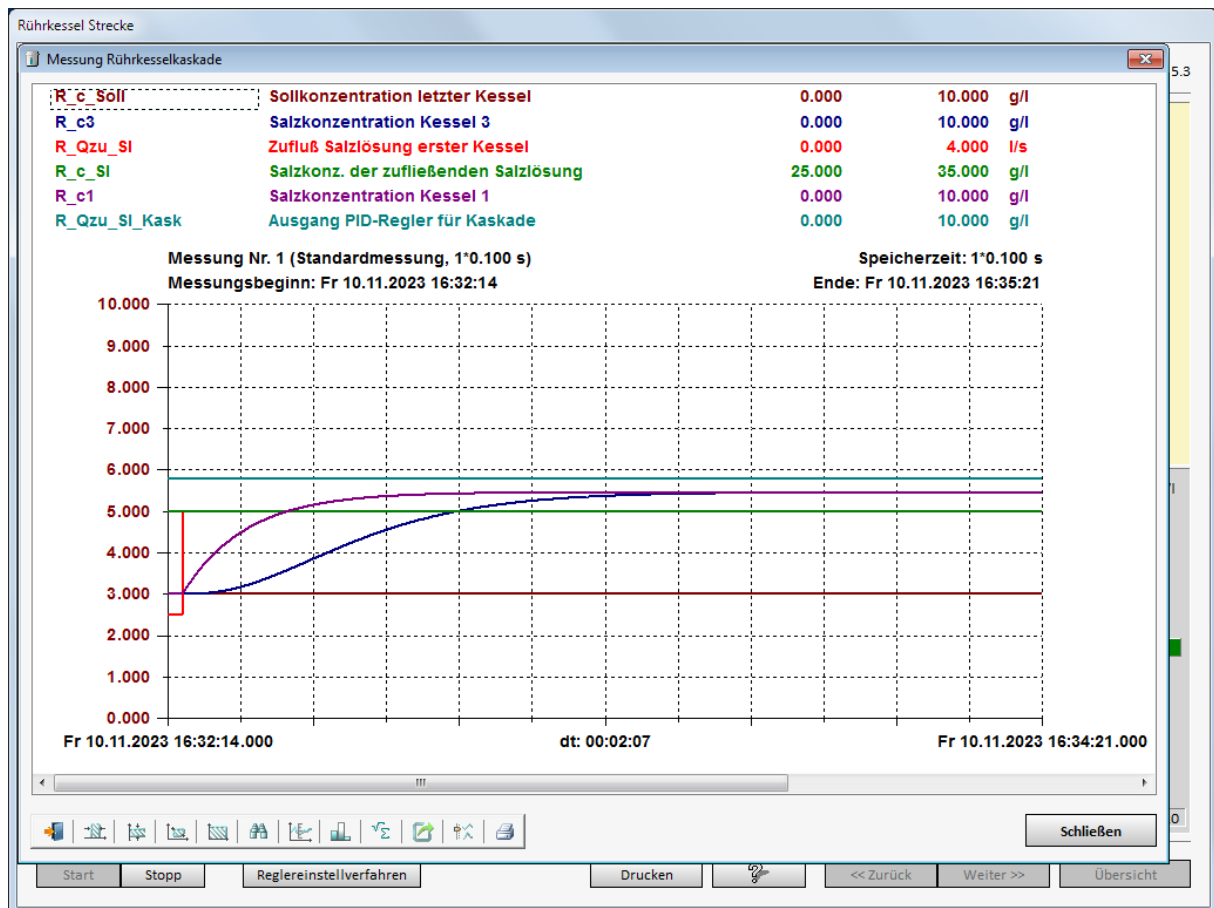


Hier kann das Verhalten der unregelmäßigen Strecke auf Störungen (Wasserdruckschwankung, Salzgehalt) und auf Stellwertänderungen (Salzzufluss) untersucht werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Salzgehalt und Salzzufluss können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler verändert werden. Die Wasserzuflussschwankung kann durch Drücken des Tasters erreicht werden.

Der Salzgehalt im dritten Behälter, der Salzgehalt im Zufluss und der Salzzufluss werden aktuell in einem Diagramm grafisch dargestellt. Die Werte dieser Signale werden automatisch gespeichert, so dass sie nachträglich in einem Zeitdiagramm ausgewertet werden können, z.B. um die Zeitkonstante der Strecke zu ermitteln.

Über "Auswertung" werden die gespeicherten Messwerte grafisch in einem Zeitdiagramm dargestellt.

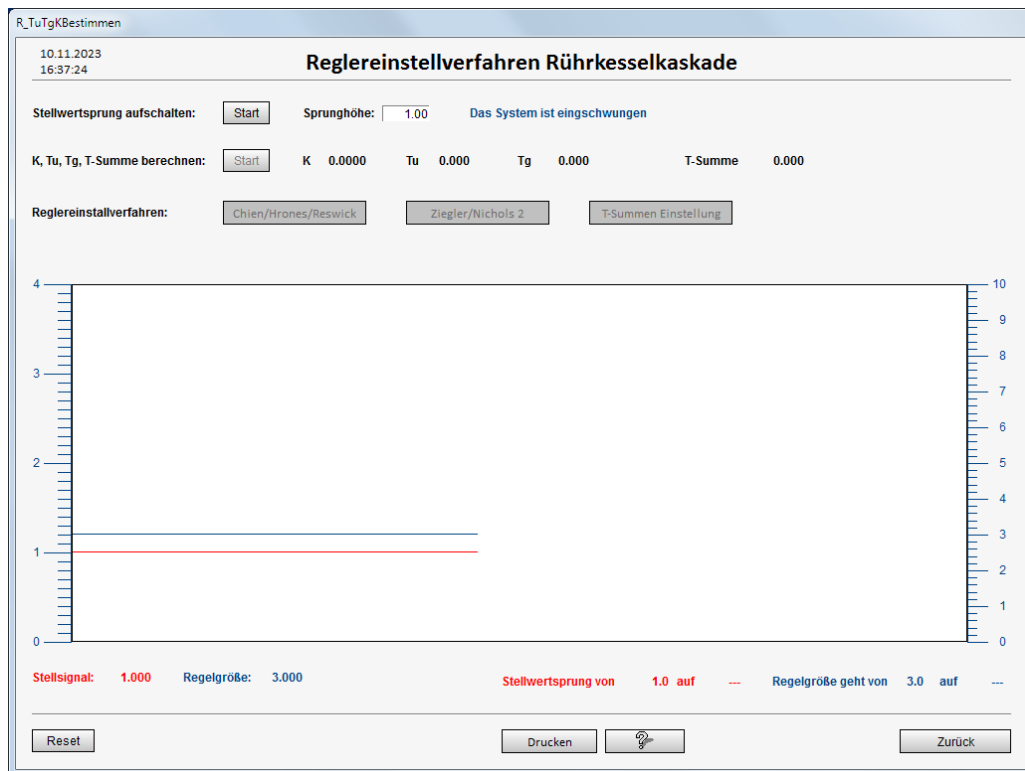


Durch Klicken auf die Signalnamen können Sie die Y-Skala umschalten. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen wird die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertmöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertmöglichkeiten.

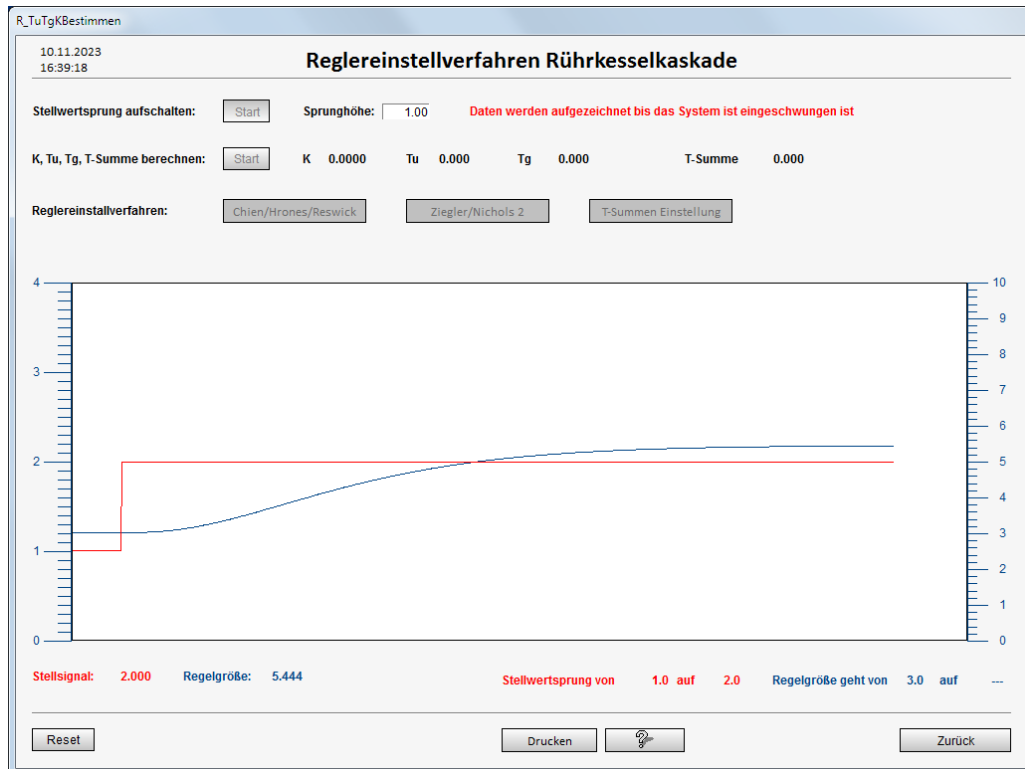
Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Durch Klicken auf den Button „Reglereinstellverfahren“ können Sie automatisch die Tabellen für die Reglereinstellverfahren „Chien/Hrones/Reswick“, „Ziegler Nichols II“ und „T-Summen-Verfahren“ generieren.

Hier können Sie einen Stellwertsprung aufschalten, automatisch die Parameter K, Tu und Tg berechnen lassen und mithilfe dieser Parameter die Tabellen für die Reglereinstellverfahren „Chien/Hrones/Reswick“, „Ziegler Nichols II“ und „T-Summen-Verfahren“ generieren.

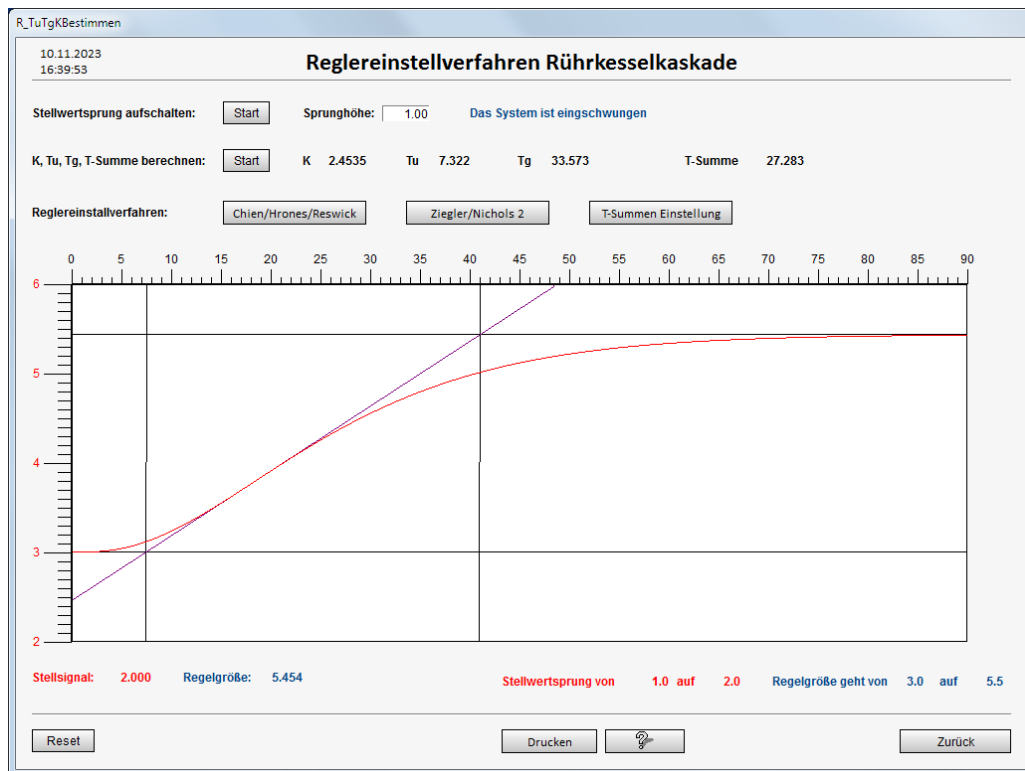


Durch Drücken auf „Start“ bei „Stellwertsprung aufschalten“, wird ein Stellwertsprung mit der bei „Sprunghöhe“ angegebenen einstellbaren Sprunghöhe aufgeschaltet, d.h. der Zufluss der Salzkonzentration wird sprunghaft erhöht.



Nachdem das System eingeschwungen, können die Parameter K, Tu, Tg und T-Summe durch Klicken auf den entsprechenden Button berechnet werden.

Es erscheint eine Grafik, in der die Berechnung der Parameter ersichtlich ist.



Die Parameter Tu und Tg werden durch die Schnittpunkte der Tangente im Wendepunkt der Sprungantwort mit den Anfangs- und Endwerten der Sprungantwort bestimmt. K lässt sich aus den Anfangs- und Endwerten der Sprungantwort und der Höhe des Stellwertsprunges berechnen. T-Summe ist der normierte Wert des Integrals zwischen der Sprungantwort und dem oberen Wert der Sprungantwort.

Die berechneten Parameter werden dargestellt.

Jetzt haben Sie die Möglichkeit, durch Klicken auf die Button bei Reglereinstellverfahren sich die Tabellen für die einzelnen Verfahren anzuschauen.

TabelleCHR

Reglereinstellregeln nach Chien/Hrones/Reswick

K = 2.45 Tu = 7.3 Tg = 33.6

Regler	aperiodischer Regelverlauf		Regelverlauf mit 20% Überspringen	
	Störung	Führung	Störung	Führung
P-Regler	$K_p = \frac{0,3 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 0.56$	$K_p = \frac{0,3 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 0.56$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.31$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.31$
PI-Regler	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.12$ $T_n = 4,0 \cdot T_u = 29.29$	$K_p = \frac{0,35 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 0.65$ $T_n = 1,2 \cdot T_g = 40.29$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.31$ $T_n = 2,3 \cdot T_u = 16.84$	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.12$ $T_n = 1,0 \cdot T_g = 33.57$
PID-Regler	$K_p = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.78$ $T_n = 2,4 \cdot T_u = 17.57$ $T_v = 0,42 \cdot T_u = 3.08$	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.12$ $T_n = 1,0 \cdot T_g = 33.57$ $T_v = 0,5 \cdot T_u = 3.66$	$K_p = \frac{1,2 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 2.24$ $T_n = 2,0 \cdot T_u = 14.64$ $T_v = 0,42 \cdot T_u = 3.08$	$K_p = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.78$ $T_n = 1,35 \cdot T_g = 45.32$ $T_v = 0,47 \cdot T_u = 3.44$

Stellwertsprung 1.0 auf 2.0 Regelgröße geht von 3.0 auf 5.5

Reglereinstellregeln nach Ziegler/Nichols 2

K = 2.45 Tu = 7.3 Tg = 33.6

P-Regler	PI-Regler	PID-Regler
$K_p = \frac{1.0 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.87$	$K_p = \frac{0.9 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 1.12$ $T_n = 0.33 \cdot T_u = 2.42$	$K_p = \frac{1.2 \cdot T_g}{K_s \cdot T_u} = 2.24$ $T_n = 2.0 \cdot T_u = 14.64$ $T_v = 0.5 \cdot T_u = 3.66$

Stellwertsprung 1.0 auf 2.0 Regelgröße geht von 3.0 auf 5.5

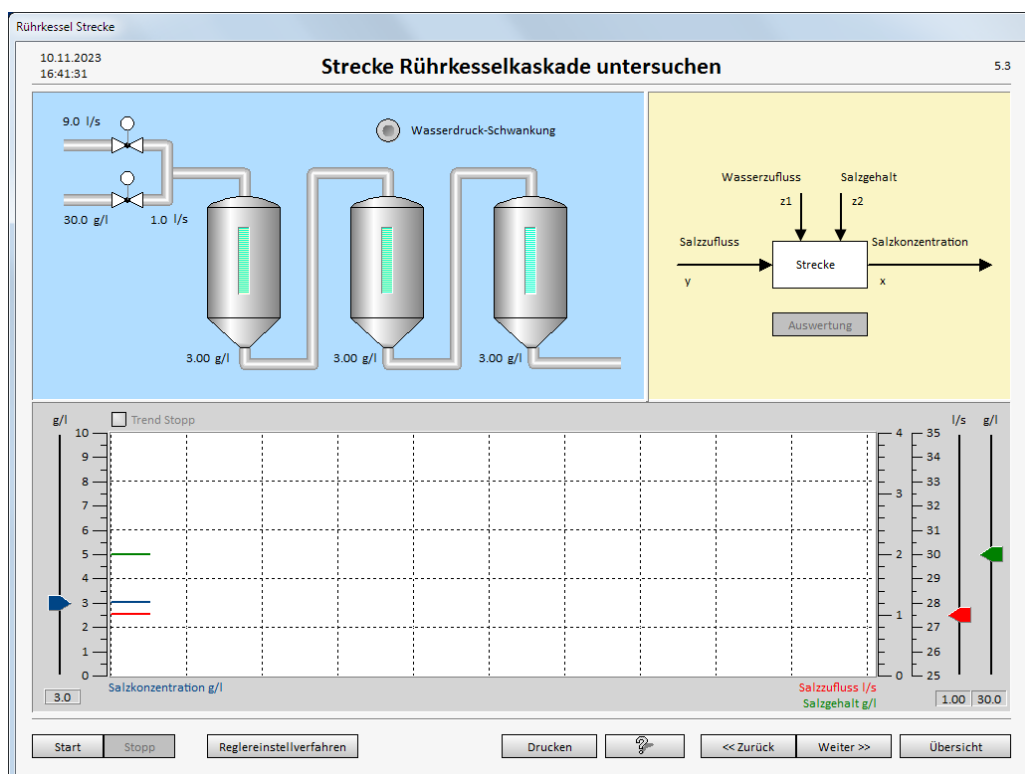
Reglereinstellregeln nach T-Summenregel

Ks = 2.45 T-Summe = 27.3

Regler	normales Einschwingen	schnelles Einschwingen
PI-Regler	$K_p = \frac{0.5}{K_s} = 0.20$ $T_n = 0.5 \cdot T_{summe} = 13.64$	$K_p = \frac{1.0}{K_s} = 0.41$ $T_n = 0.7 \cdot T_{summe} = 19.10$
PID-Regler	$K_p = \frac{1.0}{K_s} = 0.41$ $T_n = 0.66 \cdot T_{summe} = 18.01$ $T_v = 0.167 \cdot T_{summe} = 4.56$	$K_p = \frac{2.0}{K_s} = 0.82$ $T_n = 0.8 \cdot T_{summe} = 21.83$ $T_v = 0.194 \cdot T_{summe} = 5.29$

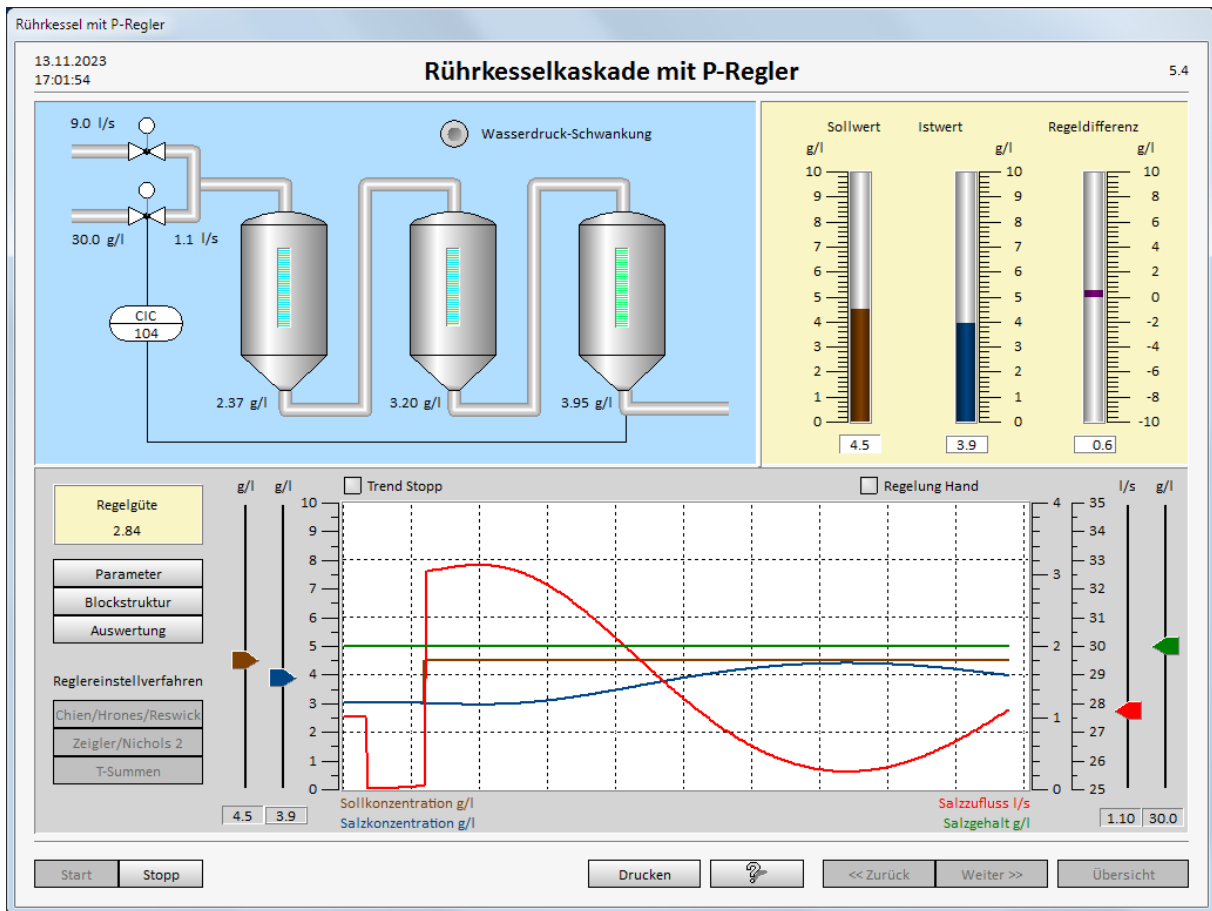
Stellwertsprung 1.0 auf 2.0 Regelgröße geht von 3.0 auf 5.5

Durch Drücken des Buttons „Zurück“ kommen Sie wieder auf die Seite „Temperaturstrecke untersuchen“.



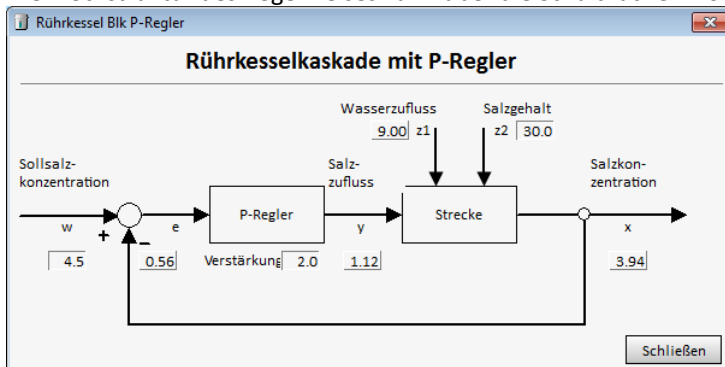
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.4 Regelung mit P-Regler



Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der P-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.



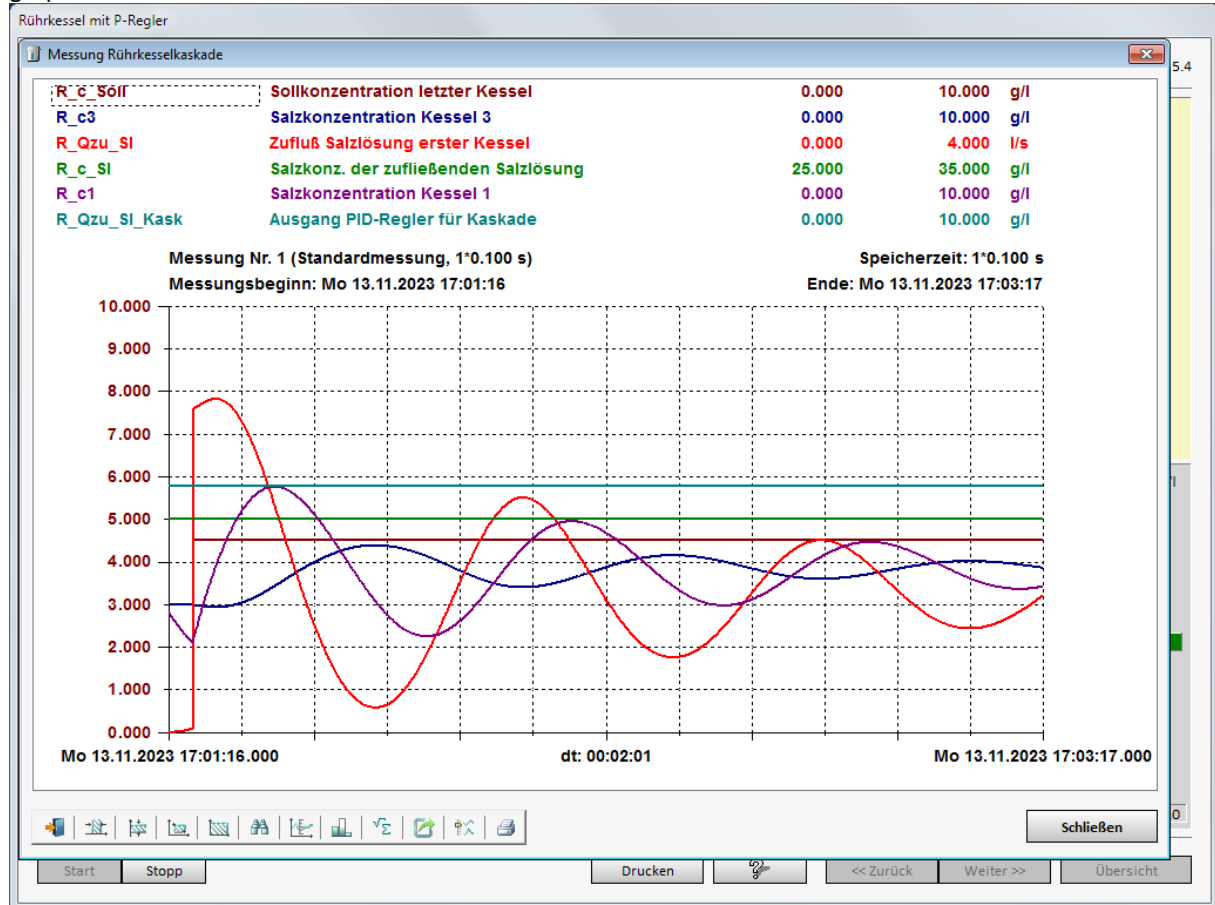
Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert der Salzkonzentration, Istkonzentration, Salzzufluss und Salzgehalt im Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Salzgehalt im Zufluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Salzzufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

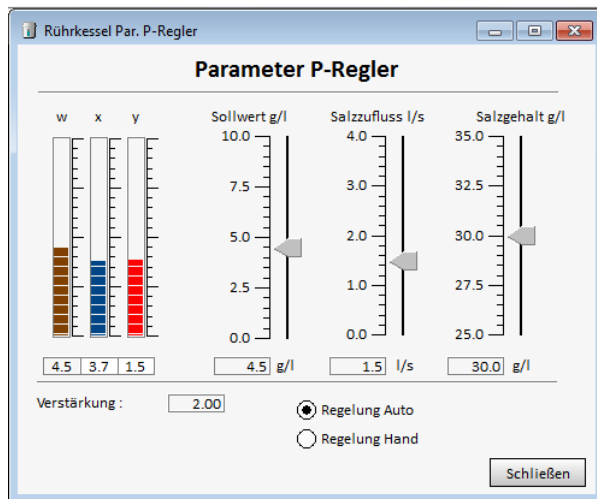
In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden. Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem sowohl die Reglerparameter, als auch die Sollkonzentration und Salzgehalt im Zufluss verändert werden können. Ebenfalls ist eine Hand - / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.



Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.5 Regelung mit I-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der I-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert der Salzkonzentration, Istkonzentration, Salzzufluss und Salzgehalt im Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Salzgehalt im Zufluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Salzzufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem sowohl die Reglerparameter, als auch die Sollkonzentration und Salzgehalt im Zufluss verändert werden können. Ebenfalls ist eine Hand - / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.6 Regelung mit PI-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PI-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert der Salzkonzentration, Istkonzentration, Salzzufluss und Salzgehalt im Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Salzgehalt im Zufluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Salzzufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem sowohl die Reglerparameter, als auch die Sollkonzentration und Salzgehalt im Zufluss verändert werden können. Ebenfalls ist eine Hand - / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.7 Regelung mit PID-Regler

Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird der PID-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises kann über die Schaltfläche "Blockstruktur" angesehen werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert der Salzkonzentration, Istkonzentration, Salzzufluss und Salzgehalt im Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt. Sollwert und Salzgehalt im Zufluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Salzzufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

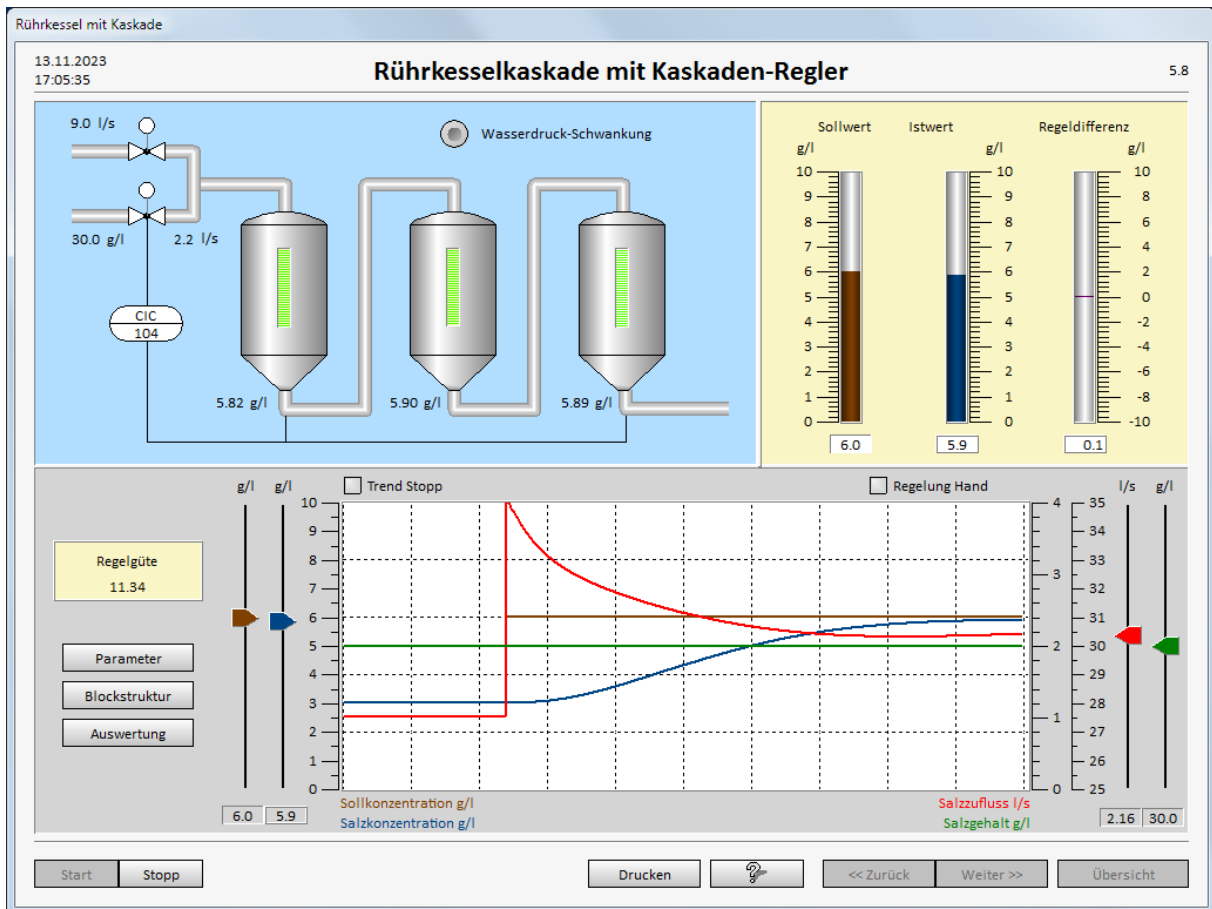
Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem sowohl die Reglerparameter, als auch die Sollkonzentration und Salzgehalt im Zufluss verändert werden können. Ebenfalls ist eine Hand - / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

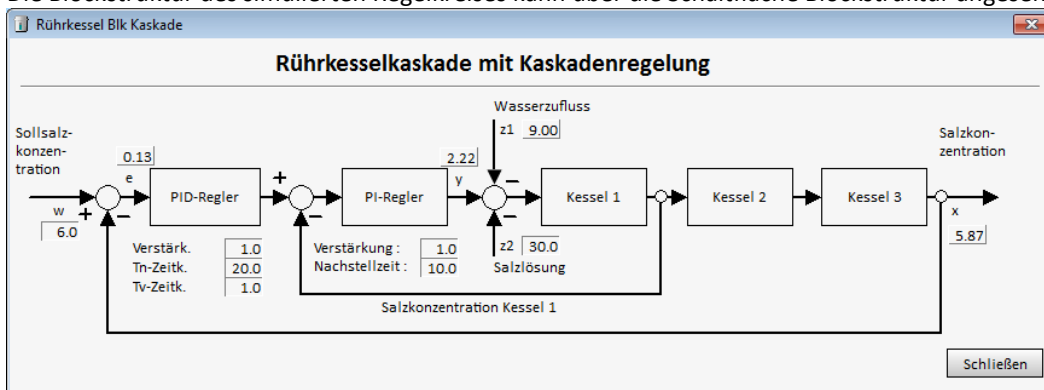
Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

5.8 Kaskadenregelung



Hier können Sie das Verhalten des Regelkreises bezüglich Sollwert- und Störgrößenänderungen untersuchen. Als Regler wird eine Kaskadenregelung eingesetzt.

Die Blockstruktur des simulierten Regelkreises kann über die Schaltfläche Blockstruktur angesehen werden.



Die Kaskadenregelung besteht aus zwei Regelkreisen. Dem äußeren Hauptregelkreis mit einem PID-Regler ist ein innerer Kreis mit einem PI-Regler unterlagert. Da die Strecke eine relativ große Zeitkonstante besitzt, dauert es eine lange Zeit, bis sich Änderungen der Eingangsgröße am Ausgang bemerkbar machen. Dies wirkt sich bei einem einschleifigen Regelkreis nachteilig auf die Schnelligkeit der Regelung aus. Bei der Kaskadenregelung wird auf die Ausgangsgröße des ersten Kessels zugegriffen. Änderungen (Störungen) in der Zulaufkonzentration werden im ersten Kessel deutlich früher als im dritten Kessel gemessen. Der innere Regelkreis reagiert daher wesentlich schneller auf Regelabweichungen, so dass die Regelung insgesamt beschleunigt wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass in dem ersten Kessel durch den inneren Kreis große Regelabweichungen, wie sie in einem einschleifigen Regelkreis auftreten, vermieden werden.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Sollwert der Salzkonzentration, Istkonzentration, Salzzufluss und Salzgehalt im Zufluss werden in dem Diagramm aktuell grafisch dargestellt.

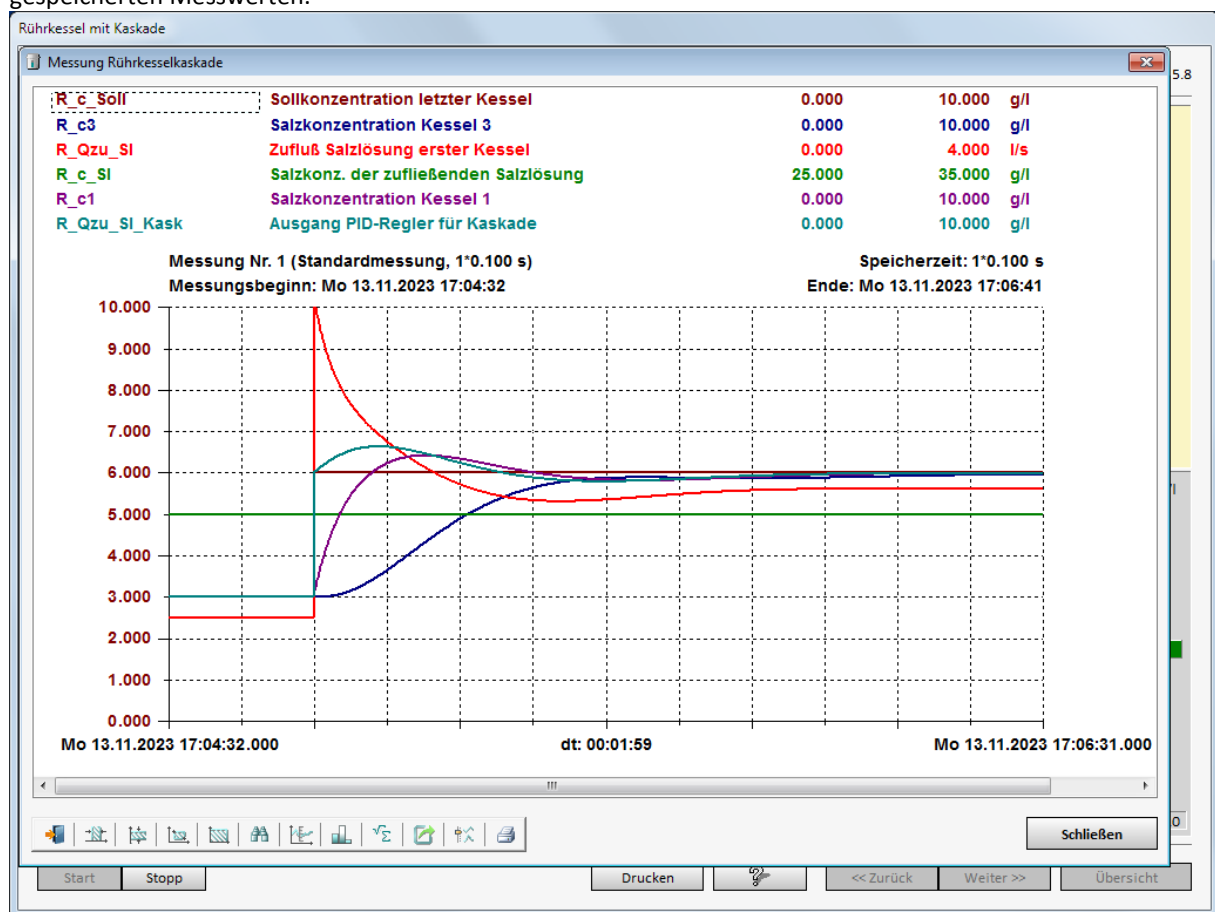
Sollwert und Salzgehalt im Zufluss (als Störgröße) können über die Schieberegler oder die Anzeigefelder unterhalb der Schieberegler bzw. unterhalb der Balkenanzeigen verändert werden.

Durch Klicken auf "Regelung Hand" wird der Regler auf Hand genommen. Es ist jetzt möglich, das Stellsignal (den Salzzufluss) durch den Schieberegler oder durch Eingabe von Werten in den Anzeigefeldern zu verstellen. Ein erneutes Klicken auf "Regelung Hand" schaltet den Regler wieder auf Automatikbetrieb.

Durch Klicken auf "Trend Stopp" wird die aktuelle Trenddarstellung angehalten. Die Berechnung läuft weiter.

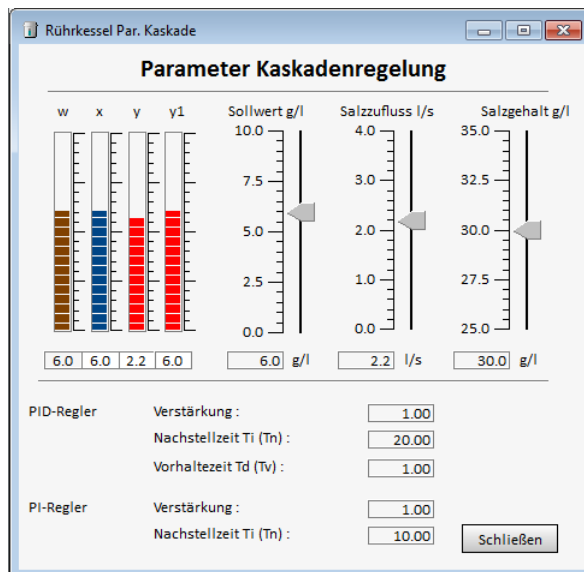
In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden. Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Klicken auf die Schaltfläche "Parameter" öffnet ein Unterfenster, in dem sowohl die Reglerparameter, als auch die Sollkonzentration und Salzgehalt im Zufluss verändert werden können. Ebenfalls ist eine Hand - / Automatik - Umschaltung des Reglers möglich und damit zusammenhängend eine Handverstellung des Stellsignals.

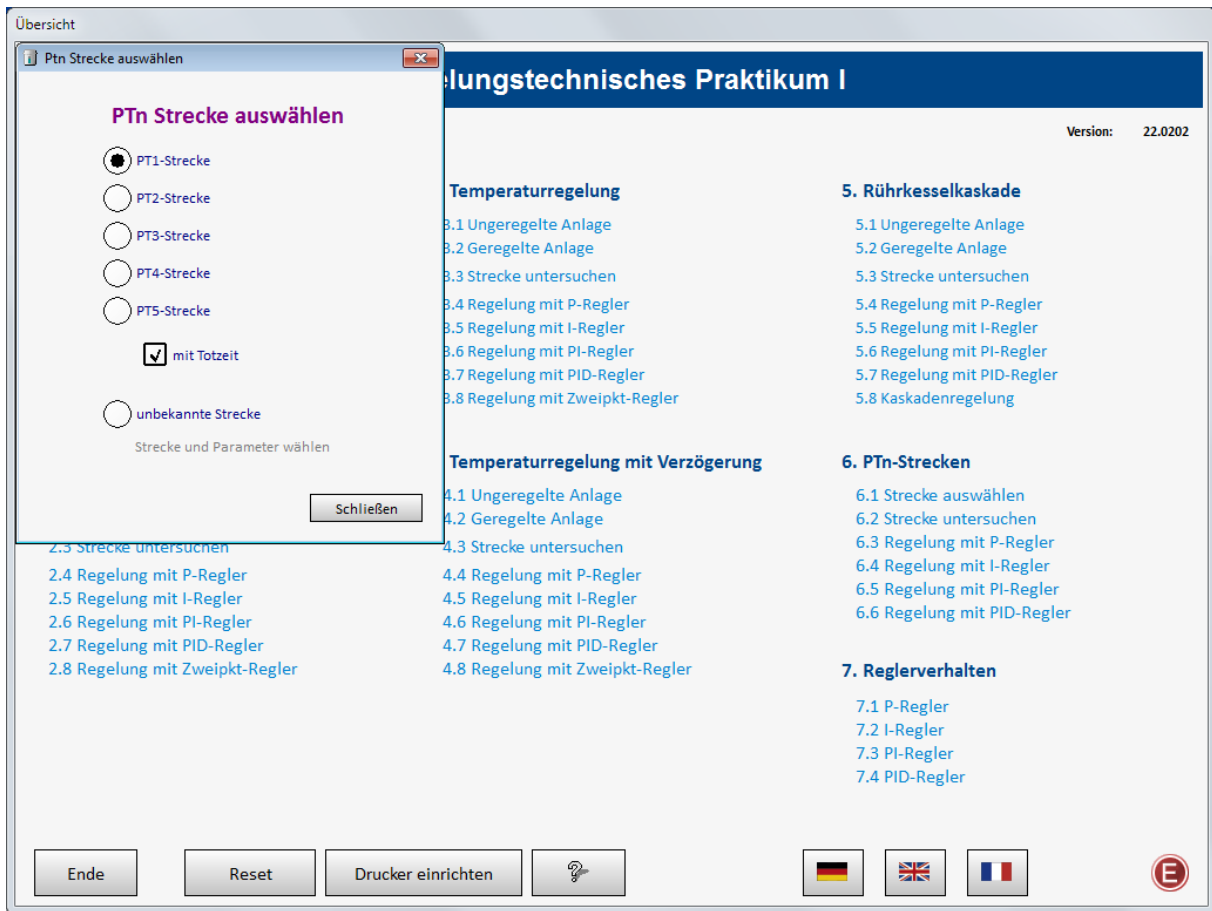


Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Die Signalgrößen und Parameter werden wieder in einen definierten Anfangszustand gebracht.

Mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zu den weiteren Prozessbildern.

6 Ptn-Strecken

6.1 Einführung und Strecke auswählen



Mit diesem Projekt können zwei Arten von Aufgaben durchgeführt werden:

- 1) Die Analyse des Eingangs-/Ausgangsverhaltens verschiedener Regelstrecken
- 2) Die Untersuchung des Führungs- und Störverhaltens von Regelkreisen mit unterschiedlichen Reglertypen und Regelstrecken

Als Regelstrecke stehen Ptn-Glieder mit den Ordnungen 1 bis 5 zur Verfügung. Die Parameter dieser Regelstrecken sind bei Wahl von "unbekannter Strecke" frei einstellbar. Zusätzlich kann eine Totzeit in die Strecken integriert werden.

Zur Auswahl der Strecke klicken Sie auf "Strecke auswählen".

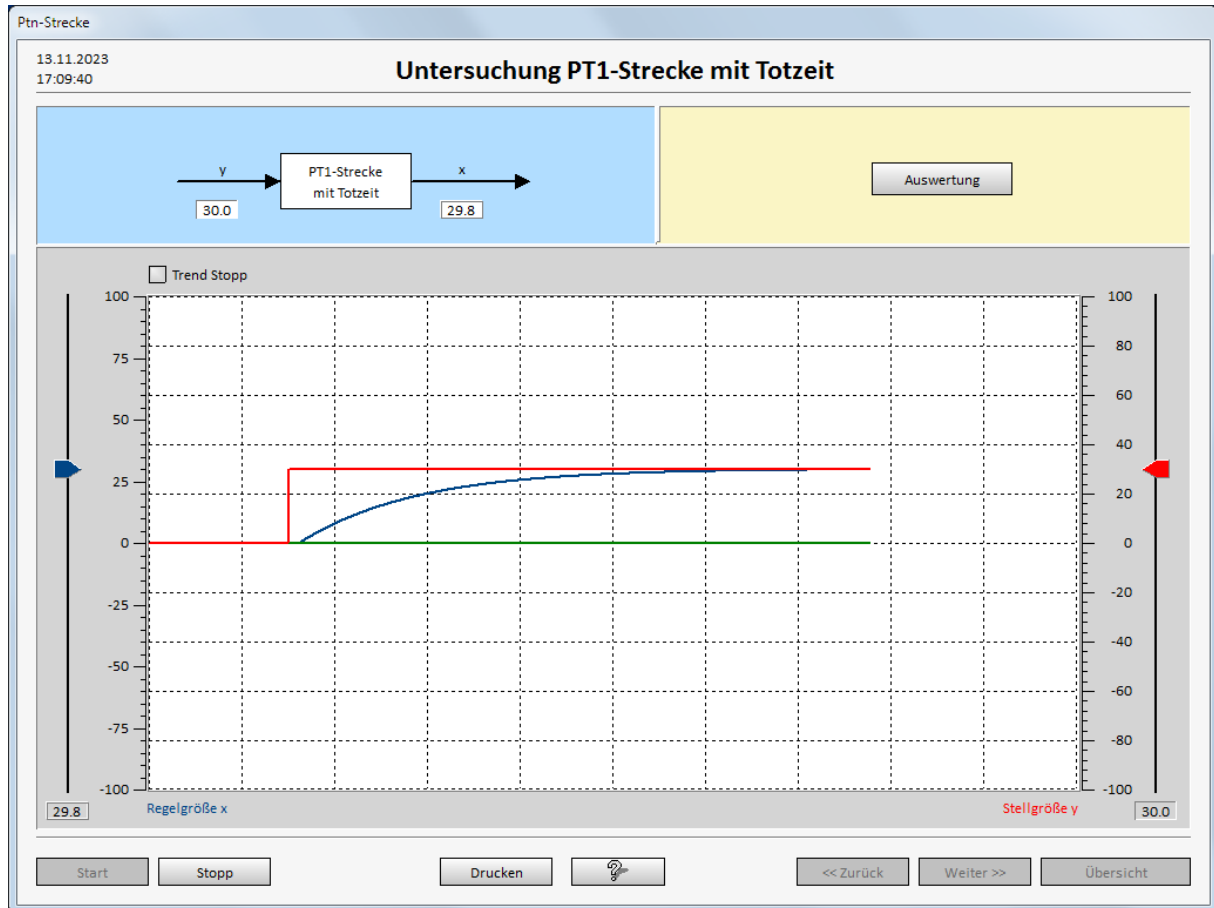
Wählen Sie aus den Regelstrecken Pt1 bis Pt5 eine Strecke aus, indem Sie die entsprechende Optionschaltfläche anwählen. Bei Markierung des Kontrollkästchens wird der ausgewählten Strecke eine Totzeit hinzugefügt.

Wenn Sie die Optionschaltfläche vor unbekannte Strecke angewählt haben, wird für die nachfolgenden Aufgaben eine Strecke vom Typ Ptn benutzt, deren Ordnung, Parameter und Totzeit nur mit einer Zugangskennung geändert werden können. Über Anwahl von "Strecke und Parameter wählen" wird ein Dialog geöffnet, indem ein Passwort abgefragt wird. Nach richtiger Eingabe des Passwortes erhalten Sie durch Klicken auf "Unbekannte Strecke einstellen" einen Dialog, indem die Strecke ausgewählt (Pt1 - Pt5 mit und ohne Totzeit) und die Streckenparameter (Verstärkung und Zeitkonstanten) eingestellt werden können.

Das Passwort finden Sie auf der CD in dem Unterverzeichnis „Doku“ in der Datei „Kurzbeschreibung.pdf“.

Durch Anwahl der entsprechenden Punkte können Sie jetzt die Strecke untersuchen bzw. den Regelkreis mit dem ausgewählten Regler.

6.2 Strecke untersuchen



Auf dieser Prozessbildseite können Sie das Eingangs-/Ausgangsverhalten der ausgewählten Strecke untersuchen. Hierfür kann auf den Streckeneingang ein sprungförmiges Signal (Stellsignal) aufgeschaltet werden. Die Eingangs- und Ausgangsgröße werden online in dem grafischen Ausgabefenster angezeigt. Zusätzlich werden diese Signale mit der Messwerterfassung gespeichert und können somit nachträglich ausgewertet werden.

Aktivieren Sie zuerst die Simulation der Regelstrecke durch Drücken auf „Start“.

Mit dem Schieberegler oder durch Eingabe eines Zahlenwertes unterhalb des Schiebereglers können Sie die Größe des Sprunges einstellen, den Sie auf den Streckeneingang schalten wollen.

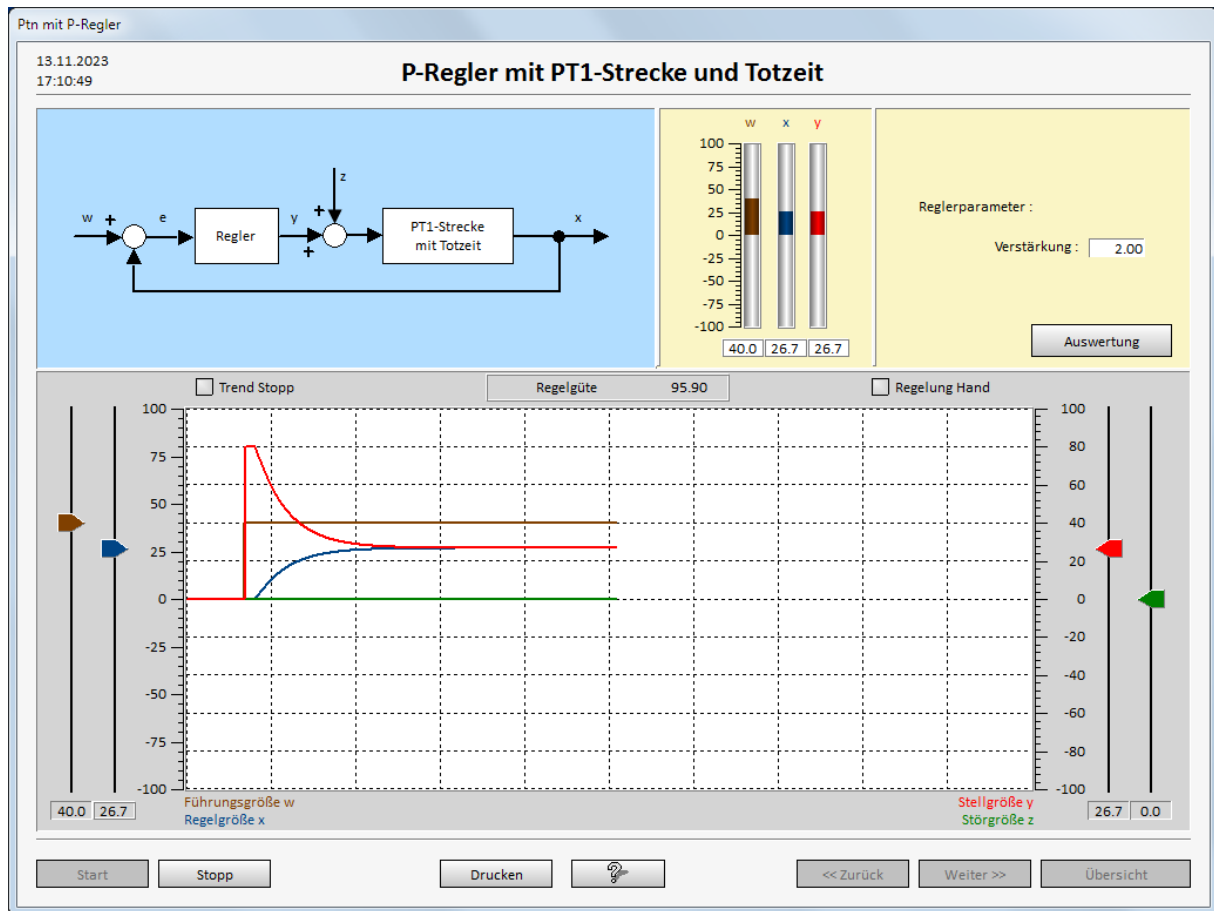
Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz und die Steigung angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Um die Simulation wieder zu beenden, klicken Sie auf Stopp. Es werden wieder die Anfangszustände eingestellt. Über Weiter>>, <<Zurück und Übersicht gelangen Sie zu anderen Prozessbildseiten.

6.3 Regelung mit P-Regler



Auf dieser Prozessseite können Sie das Führungs- und Störverhalten des ausgewählten Regelkreises untersuchen. Hierfür können Sie auf die Führungsgröße wie auf die Störgröße ein sprungförmiges Signal schalten. Stell-, Ausgangs-, Führungs-, und Störgröße werden online in dem grafischen Ausgabefenster angezeigt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, diese Signale mit der Messwerterfassung nachträglich auszuwerten.

Als Regler wird der P-Regler genommen.

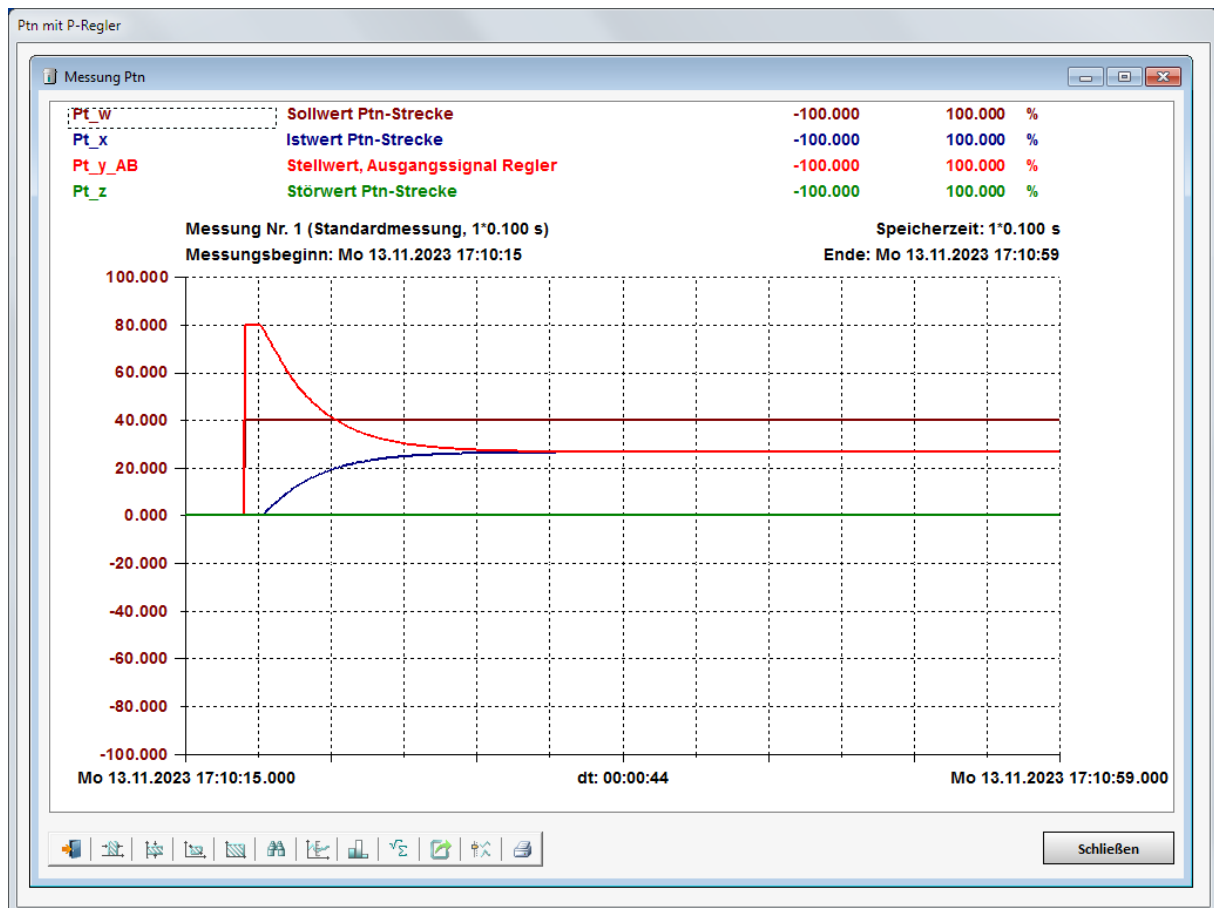
Die Blockstruktur des Regelkreises ist auf der Seite dargestellt.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Mit den Schiebereglern oder der Eingabe der Werte in den Anzeigeelementen können Sie die Führungsgröße w und die Störgröße z verändern.

Die Parameter des Reglers können Sie in dem Anzeigefeld unterhalb der Überschrift "Reglerparameter" einstellen.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden. Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten.



Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz sowie die Steigung angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Es stellen sich die definierten Anfangsbedingungen wieder ein und Sie können mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" zu anderen Prozessbildseiten gelangen.

6.4 Regelung mit I-Regler

Auf dieser Prozessseite können Sie das Führungs- und Störverhalten des ausgewählten Regelkreises untersuchen. Hierfür können Sie auf die Führungsgröße wie auf die Störgröße ein sprungförmiges Signal schalten. Stell-, Ausgangs-, Führungs-, und Störgröße werden online in dem grafischen Ausgabefenster angezeigt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, diese Signale mit der Meßwerterfassung von WinErs nachträglich auszuwerten.

Als Regler wird der I-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises ist auf der Seite dargestellt.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Mit den Schieberegler oder der Eingabe der Werte in den Anzeigeelementen können Sie die Führungsgröße w und die Störgröße z verändern.

Die Parameter des Reglers können Sie in dem Anzeigefeld unterhalb der Überschrift "Reglerparameter" einstellen.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Es stellen sich die definierten Anfangsbedingungen wieder ein und Sie können mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" zu anderen Prozessbildseiten gelangen.

6.5 Regelung mit PI-Regler

Auf dieser Prozessseite können Sie das Führungs- und Störverhalten des ausgewählten Regelkreises untersuchen. Hierfür können Sie auf die Führungsgröße wie auf die Störgröße ein sprungförmiges Signal schalten. Stell-, Ausgangs-, Führungs-, und Störgröße werden online in dem grafischen Ausgabefenster angezeigt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, diese Signale mit der Meßwerterfassung von WinErs nachträglich auszuwerten.

Als Regler wird der PI-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises ist auf der Seite dargestellt.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Mit den Schiebereglern oder der Eingabe der Werte in den Anzeigeelementen können Sie die Führungsgröße w und die Störgröße z verändern.

Die Parameter des Reglers können Sie in dem Anzeigefeld unterhalb der Überschrift "Reglerparameter" einstellen.

In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Es stellen sich die definierten Anfangsbedingungen wieder ein und Sie können mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" zu anderen Prozessbildseiten gelangen.

6.6 Regelung mit PID-Regler

Auf dieser Prozessseite können Sie das Führungs- und Störverhalten des ausgewählten Regelkreises untersuchen. Hierfür können Sie auf die Führungsgröße wie auf die Störgröße ein sprungförmiges Signal

schalten. Stell-, Ausgangs-, Führungs-, und Störgröße werden online in dem grafischen Ausgabefenster angezeigt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, diese Signale mit der Meßwerterfassung von WinErs nachträglich auszuwerten.

Als Regler wird der PID-Regler genommen.

Die Blockstruktur des Regelkreises ist auf der Seite dargestellt.

Starten Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Start". Mit den Schieberegler oder der Eingabe der Werte in den Anzeigeelementen können Sie die Führungsgröße w und die Störgröße z verändern.

Die Parameter des Reglers können Sie in dem Anzeigefeld unterhalb der Überschrift "Reglerparameter" einstellen.

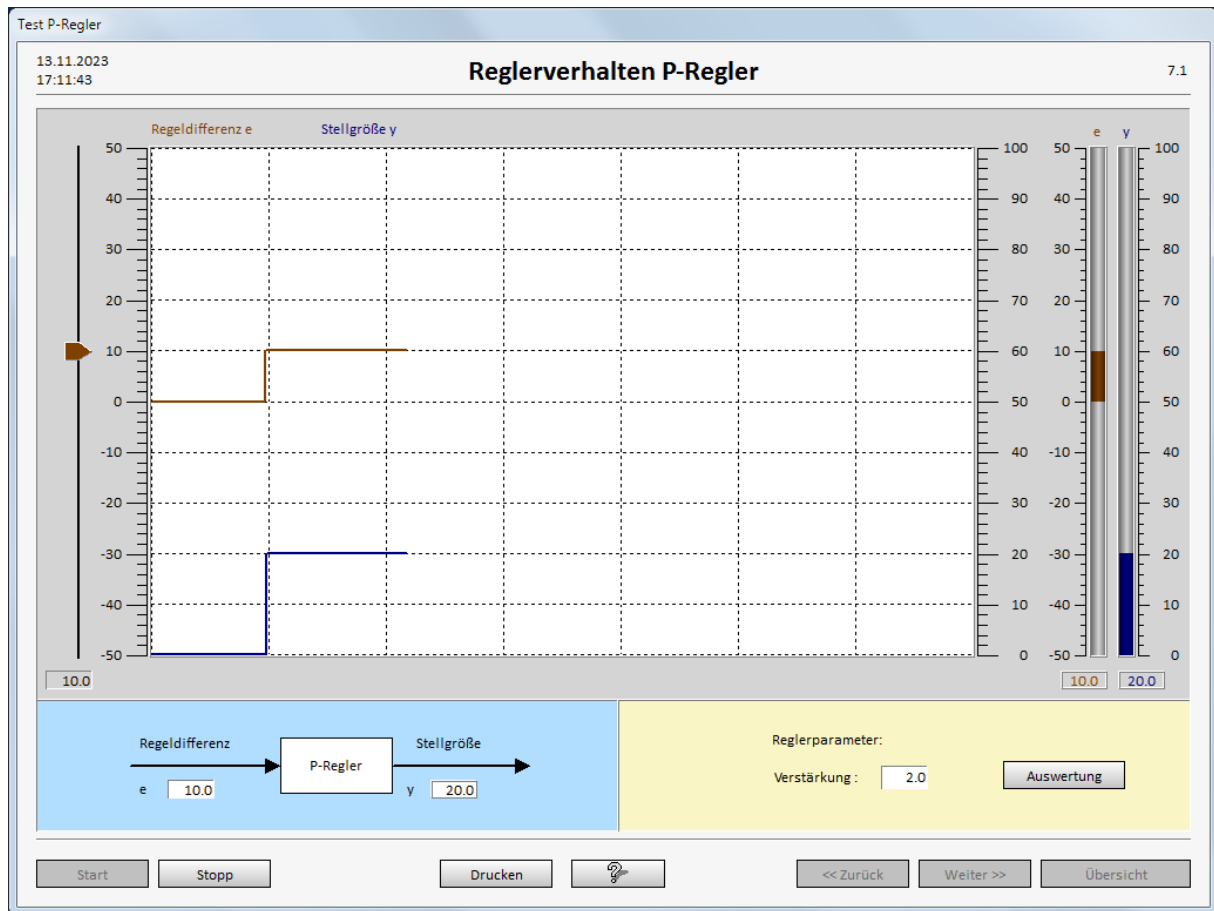
In dem Feld "Regelgüte" wird die quadratische Regelabweichung dargestellt. Bei Änderungen des Sollwertes bzw. des Störwertes wird die quadratische Regelabweichung auf 0 gesetzt und fängt dann wieder an zu integrieren.

Die Werte aller Signale werden automatisch gespeichert und können nachträglich in einem Diagramm betrachtet und ausgewertet werden.

Durch Klicken auf "Auswertung" erscheint ein Zeitdiagramm mit den gespeicherten Messwerten. Hier haben Sie verschiedene Möglichkeiten zur Auswertung. Klicken auf die Signalnamen schaltet die Y-Skala um. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen werden die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp". Es stellen sich die definierten Anfangsbedingungen wieder ein und Sie können mit "Weiter >>", "<< Zurück" und "Übersicht" zu anderen Prozessbildseiten gelangen.

7 Reglerverhalten



Hier können Sie das Verhalten der einzelnen Standard-Regler P-, I-, PI- und PID-Regler auf Eingangssprünge untersuchen.

Klicken Sie bitte zuerst auf die Schaltfläche "Start".

Durch Verstellen des Schiebereglers für die Regeldifferenz bzw. durch Eingabe eines Wertes in den Anzeigefeldern geben Sie ein sprungförmiges Signal auf den Eingang des Reglers. Eingangs- und Ausgangssignal werden in dem Diagramm graphisch dargestellt. Die Werte der Signale werden automatisch gespeichert. Sie können sie durch Drücken von "Auswertung" nachträglich in einem Diagramm betrachten, um z. B. die Parameter des Reglers zu verifizieren. Hier haben Sie verschiedene Auswertemöglichkeiten. Durch Klicken auf die Signalnamen wird die Y-Skala umgeschaltet. Durch Klicken auf die Signalkurven erhalten Sie den Signalwert des aktiven Signals und durch Festhalten und Ziehen wird die Werte- und Zeitdifferenz angegeben. Wenn Sie die unten aufgeführten Button drücken, werden Ihnen verschiedene Auswertemöglichkeiten zur Verfügung gestellt, u.a. Zoom, Zeitausschnitt verändern, Wertebereich verändern, Linealfunktion, Exportmöglichkeit der Signalwerte in eine Textdatei, statistische Auswertemöglichkeiten.

Die Reglerparameter können in den entsprechend beschrifteten Editierfeldern verändert werden.

Beenden Sie die Simulation durch Klicken auf die Schaltfläche "Stopp", mit "Weiter >>" oder "<< Zurück" gelangen Sie zur Übersicht bzw. zu weiteren Prozessbildern.