

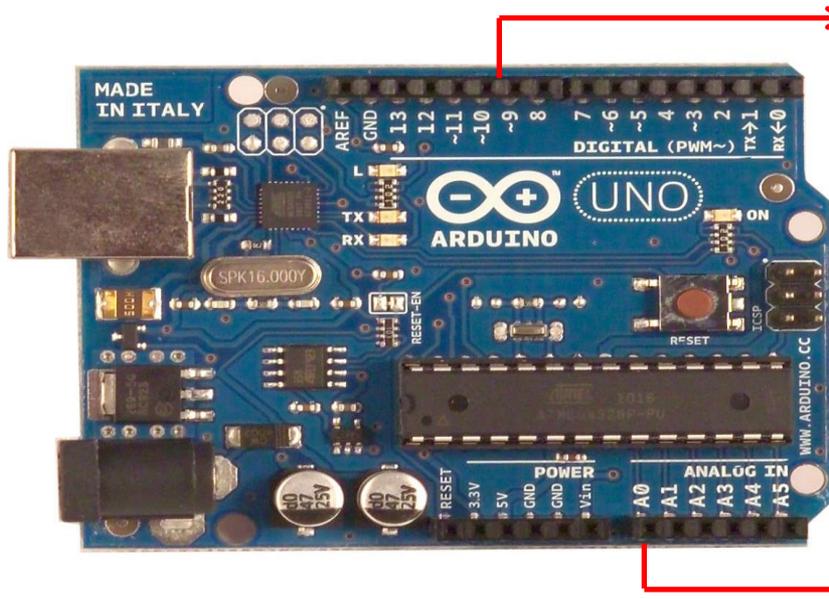
Regler an den WinFACT Regelstrecken : Tempplant, Speedplant, Lightplant und Levelplant mit dem ARDUINO und der Software WinFACT :
von Edmund Gondecki/Bochum

An diesem Beispiel möchte ich die Kombination eines ARDUINO-Microcontrollers mit der Software WinFACT (Modul BORIS) zeigen.

Der ARDUINO stellt in diesem Falle einen preiswerten Regler dar. Als Regelstrecken werden die Modelle Tempplant, Speedplant, und Levelplant aus WinFACT verwendet. WinFACT dient als Visualisierung des Prozesses.

Als Kopplungsmodul wird hier der Labjack U12 benutzt.

Die Grundlagen der Regelungstechnik werden als bekannt vorausgesetzt.



Ausgang Pin 9 : PWM oder digitaler Ausgang für die Stellgröße y

Eingang Ao : Eingang für die Regelgröße x

Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Die Modellregelstrecken in WinFACT :

Nachdem ich in meinem letzten Projekt ein ARDUINO Kompaktmodell mit einer elektronischen PT₂ Strecke vorgestellt habe, möchte ich eine weitere Alternative mit den WinFACT Streckenmodellen vorstellen.

Natürlich sind reale Streckenmodelle mit Industriegeräten immer vorzuziehen. Hier entstehen entsprechend hohe Kosten für die Gerätebeschaffung und den Aufbau.

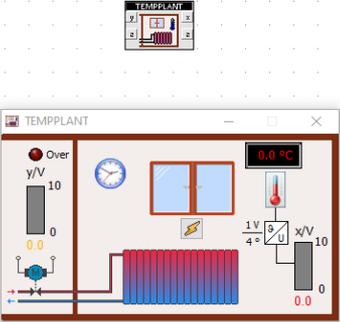
Für die regelungstechnische Grundausbildung bietet die Arbeit mit den WinFact Modellen eine günstige Alternative. Die Hardwarekopplung wurde auch hier wieder mit dem Labjack U12 Modul vorgenommen.

Es folgt eine Übersicht der WinFACT Modelle :

Modell : Templant

Stellgerät : Motorstellventil
Eingang : 0..10 V

Messung : Messumformer
Ausgang : 0..10 V entspricht 0..40 °C



The screenshot displays the BORIS software interface. The main workspace shows a control loop diagram. On the left, there is a motor valve actuator with a scale from 0.0 to 10. In the center, a temperature sensor is connected to a measurement transformer (labeled '1V/4°'). The transformer's output is connected to a scale from 0.0 to 10, with a multiplier of 'xV' and a value of '0.0'. A small inset window titled 'TEMPERATUR' shows a zoomed-in view of the measurement transformer component. The software interface includes a menu bar (Datei, Bearbeiten, Systemblöcke, Simulation, Batch-Betrieb, Optimierung, Code-Generierung, Ansicht, Optionen, Hilfe), a toolbar, and a status bar at the bottom. The status bar shows the current block configuration: 'Blöcke: 1 (1) S / 0 T', '1 selektiert 0 passiv', 'T = 10 (0.01) RK', '(0, 0)', and 'WinFACT 10 (Persönliche Lizenz 10.1.1.1048) (C) Ingenieurbüro Dr. Kahlert 1990, 2021'. The taskbar at the bottom shows the Windows logo, a search bar, and several application icons. The system tray on the right shows the time '10:59' and the date '09.03.2022'.

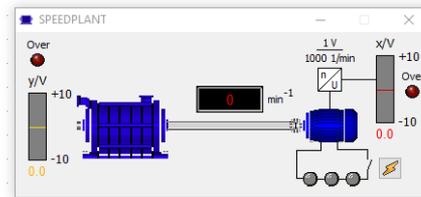
Modell : Speedplant

Stellgerät :

Eingang : $-10 \dots +10$ V

Messung : Messumformer

Ausgang : $-10 \dots +10$ V entspricht $0 \dots 1000$ U/min



Modell : Levelplant

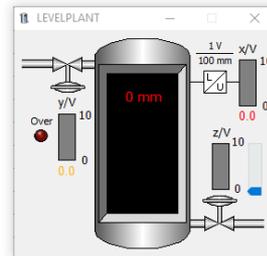
Stellgerät : Stellventil

Eingang : $0 \dots 10 \text{ V}$

Messung : Füllstandstransmitter

Ausgang : $0 \dots 10 \text{ V}$ entspricht $0 \dots 1000 \text{ mm}$

Ablassventil z : $0 \dots 10 \text{ V}$



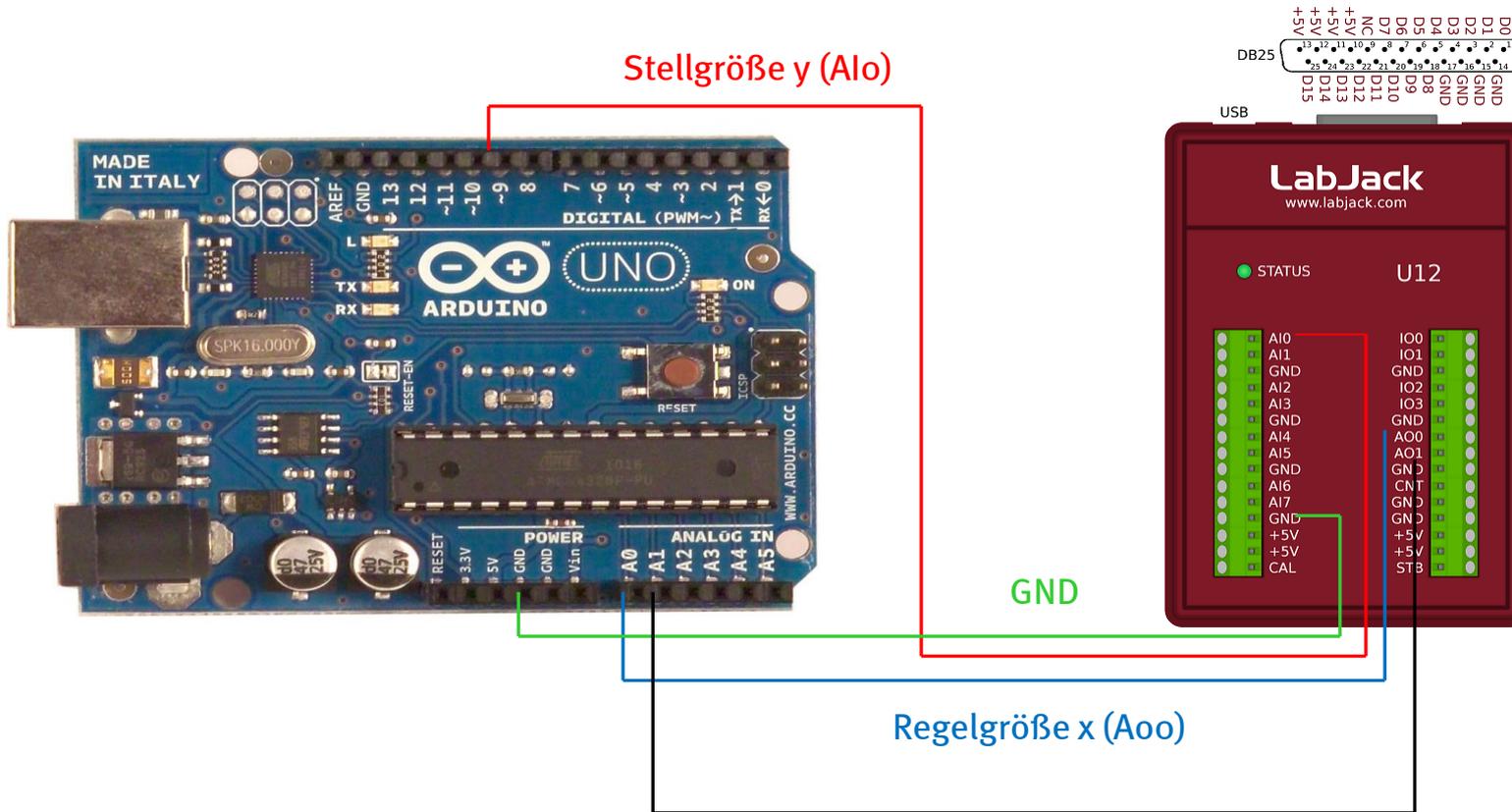
Blöcke: 1 (1) S / 0 T 1 selektiert 0 passiv T = 10 (0.01) RK (0, 0) WinFACT 10 (Persönliche Lizenz 10.1.1.1048) (C) Ingenieurbüro Dr. Kahler 1990, 2021
Lade User-DLL k8055d.dll von C:\Program Files (x86)\Kahler\WinFACT 10\Driver\Keine User-DLL
Programm bereit (09.03.2022 10:41:46)

Zur Suche Text hier eingeben

11:18
09.03.2022

Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Schaltplan mit allen Komponenten für alle Modelle :



Führungsgröße w (A01)
(nur für Beispiele 4 und 5)

Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Vorbereitungen für die Kopplung mit dem ARDUINO :

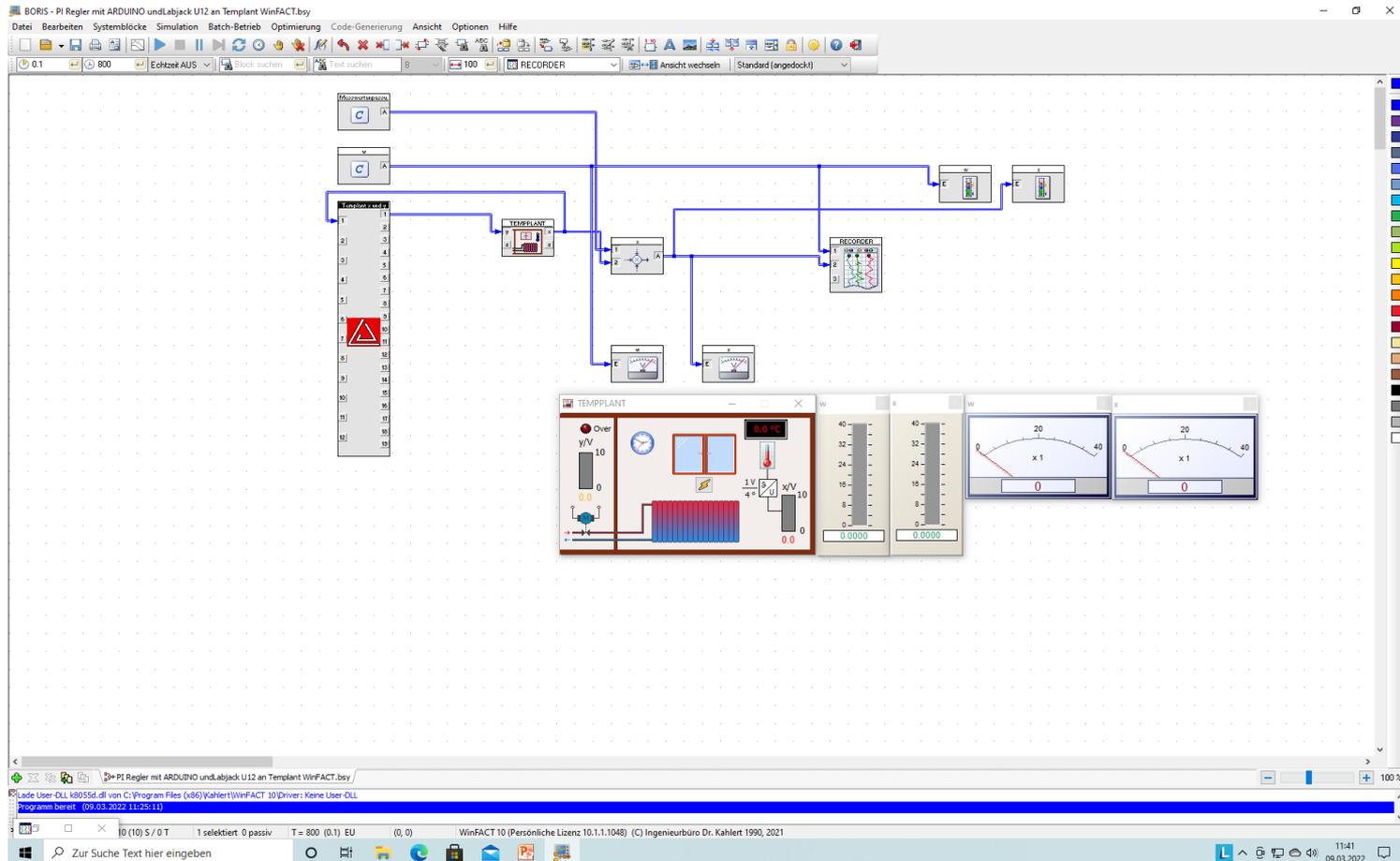
1. Download des Treibers für den Labjack U12 der Firma Kahlert und Installation.
2. Ist der Treiber installiert, findet man im Userblockbereich das Labjacksymbol. Nun kann die Erstellung der Visualisierung mit der Software WinFACT (BORIS) beginnen.
3. Die fertigen Visualisierungsprogramme befinden sich im Anhang dieses Beispiels.
4. Die ARDUINO Programme sind ebenfalls beigefügt. Es handelt sich hier um **Festwertregler**. Die Führungsgröße wird in der ARDUINO Software eingegeben, und kann **nur** dort verändert werden. Dann muss dieser neue Wert auch in den Block w in WinFACT eingegeben werden.

Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Im folgenden stelle ich die WinFACT Struktur und das ARDUINO Programm vor..

Beispiel 1 : Tempplant mit PID-Regler

Im nachstehenden Blockschaltbild erkennt man die Struktur des WinFACT Programmes :



Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Erläuterungen zum Blockschaltbild :

Am Eingang A1o (1) des Labjack ist die Stellgröße y angeschlossen.

Am Ausgang A0o ist die Regelgröße x angeschlossen (siehe Schaltung).

Diese Verschaltung gilt für alle weiteren Beispiele.

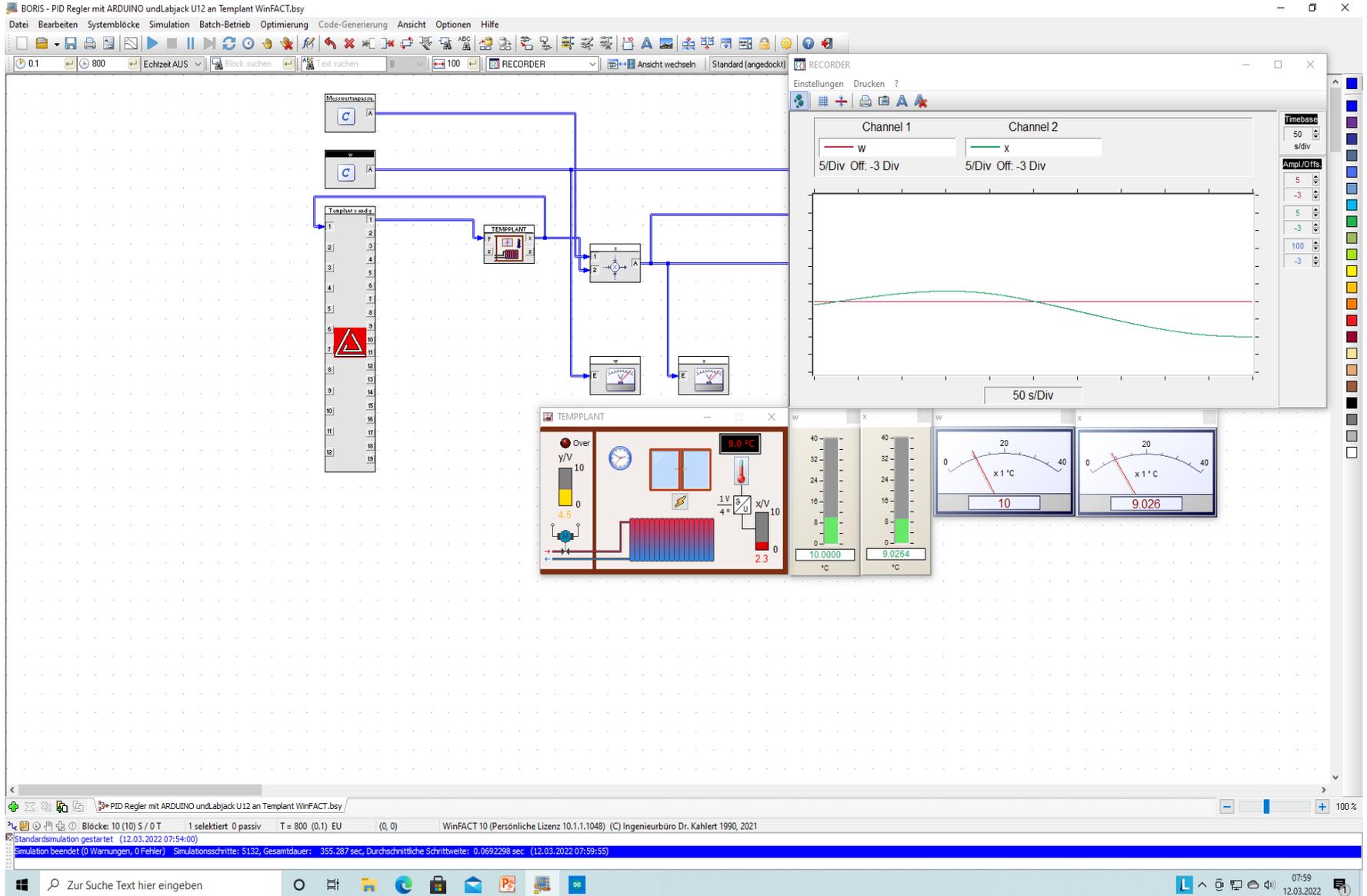
Über die Messwertanpassung wird der reale Temperaturwert an den Messgeräten angezeigt.

Als Visualisierungselemente dienen hier x - t Schreiber, Bargraph und Zeigerinstrument.

Die aktuell im ARDUINO eingestellte Führungsgröße kann über die Konstante w angepasst werden.

Das Beispiel ist nun individuell veränderbar.

Darstellung der Größen in WinFACT



Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Vorbemerkungen :

Der ARDUINO hat sowohl bei den Analog-Ein und Ausgängen einen Signalbereich von **0...5 V**!

Dies bedeutet, das das Tempplant Modell nur bis 20 °C also 5 V genutzt werden kann.

Der Analogeingang wird mit einem 10 Bit A/D Wandler umgesetzt.

Dies bedeutet : **20°C** entsprechen **1024** als gewandelte Größe !

Als Führungsgröße muss also nicht °C sondern die gewandelte Größe eingegeben werden.

Ein Beispiel :

20 ° C entsprechen 1024

15 ° C entsprechen $(1024 * 15) / 20 = \underline{768}$

Dieser Wert muss nun für w eingegeben werden.

Im WinFACT Programm wird alles dann in °C dargestellt.

Templant mit Zweipunktregler

BORIS - PID Regler mit ARDUINO und Labjack U12 an Templant WinFACT.bsy

Datei Bearbeiten Systemblöcke Simulation Batch-Betrieb Optimierung Code-Generierung Ansicht Optionen Hilfe

0.1 800 Echtzeit AUS Block suchen Text suchen 8 100 RECORDER Ansicht wechseln Standard (angedockt) RECORDER

Channel 1 Channel 2
w x
5/Div Off: -3 Div 5/Div Off: -3 Div

Timebase: 200 s/div
Ampl./Off: 5, -3, 5, -3, 100, -3

200 s/Div

TEMPLANT

Over y/V 10
5.3
8.4 °C
1 V 4 V x/V 10
2.1
10.0000 °C 8.3520 °C

Simulation läuft... 940.2 T = 800 (0.1) EU (0, 0) WinFACT 10 (Persönliche Lizenz 10.1.1.1048) (C) Ingenieurbüro Dr. Kahler 1990, 2021
Standardsimulation gestartet. (19.03.2022 16:17:18)

Zur Suche Text hier eingeben 16:30 19.03.2022

Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Das ARDUINO Programm : PID Regler an Tempplant Betragsoptimum März 22

```
#include <PID_v2.h> // PID Regler aus einer Bibliothek

#define PIN_INPUT 0 // Festlegung des Eingangs für die Regelgröße x
#define PIN_OUTPUT 9 // Festlegung des Ausgangs für die Stellgröße y

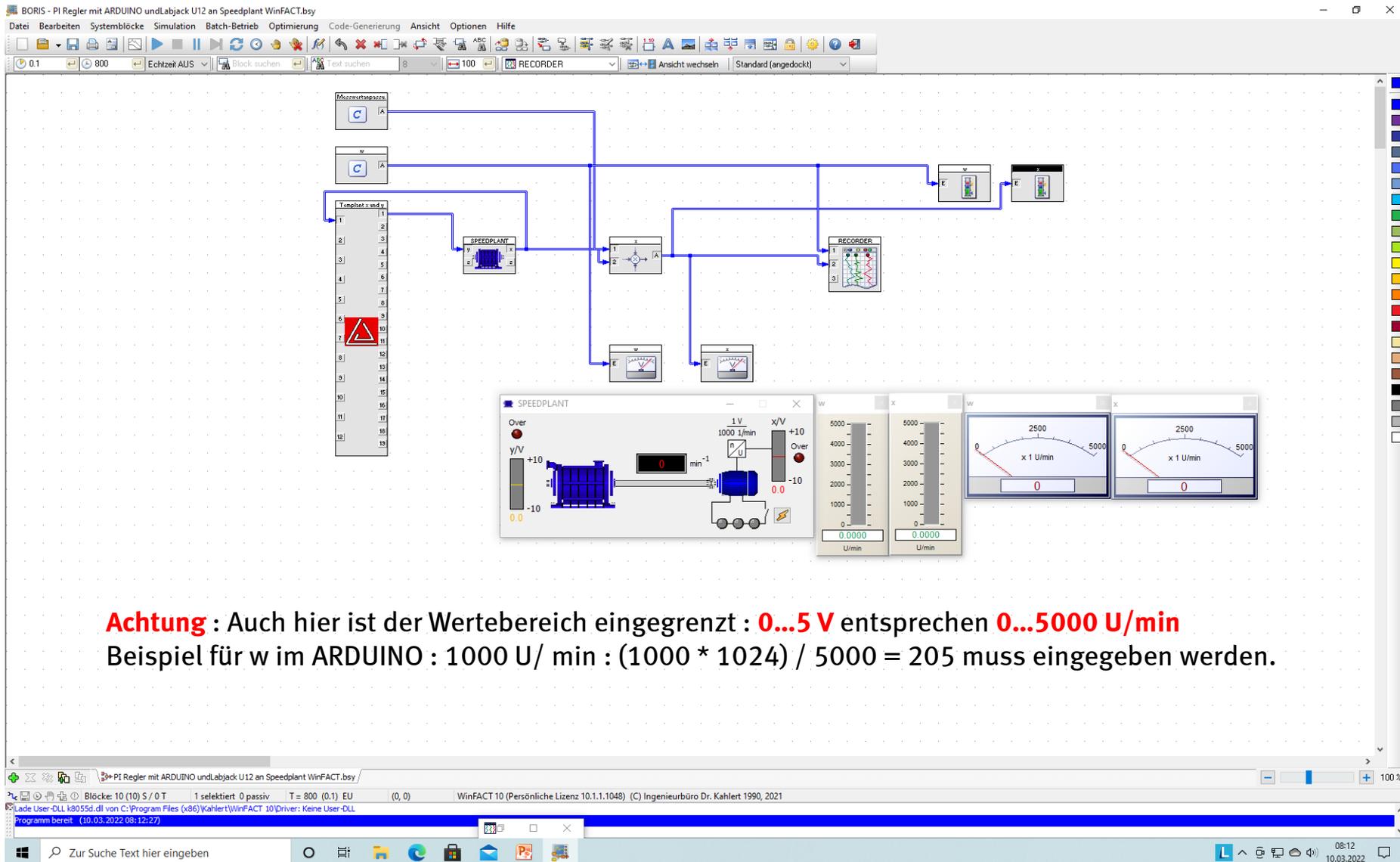
// Festlegung der Reglerparameter
double Kp = 2.75, Ki = 0.0038 , Kd = 0.013; // Parameter siehe Betragsoptimum
PID_v2 myPID(Kp, Ki, Kd, PID::Direct);

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Öffnung der seriellen Schnittstelle
  myPID.Start(analogRead(PIN_INPUT), // Start des Reglers : Einlesen der Regelgröße x
    0, // Anfangswert für die Stellgröße y
    512); // Führungsgröße w = 512 entspricht 10°C (siehe Projektbeschreibung)
}

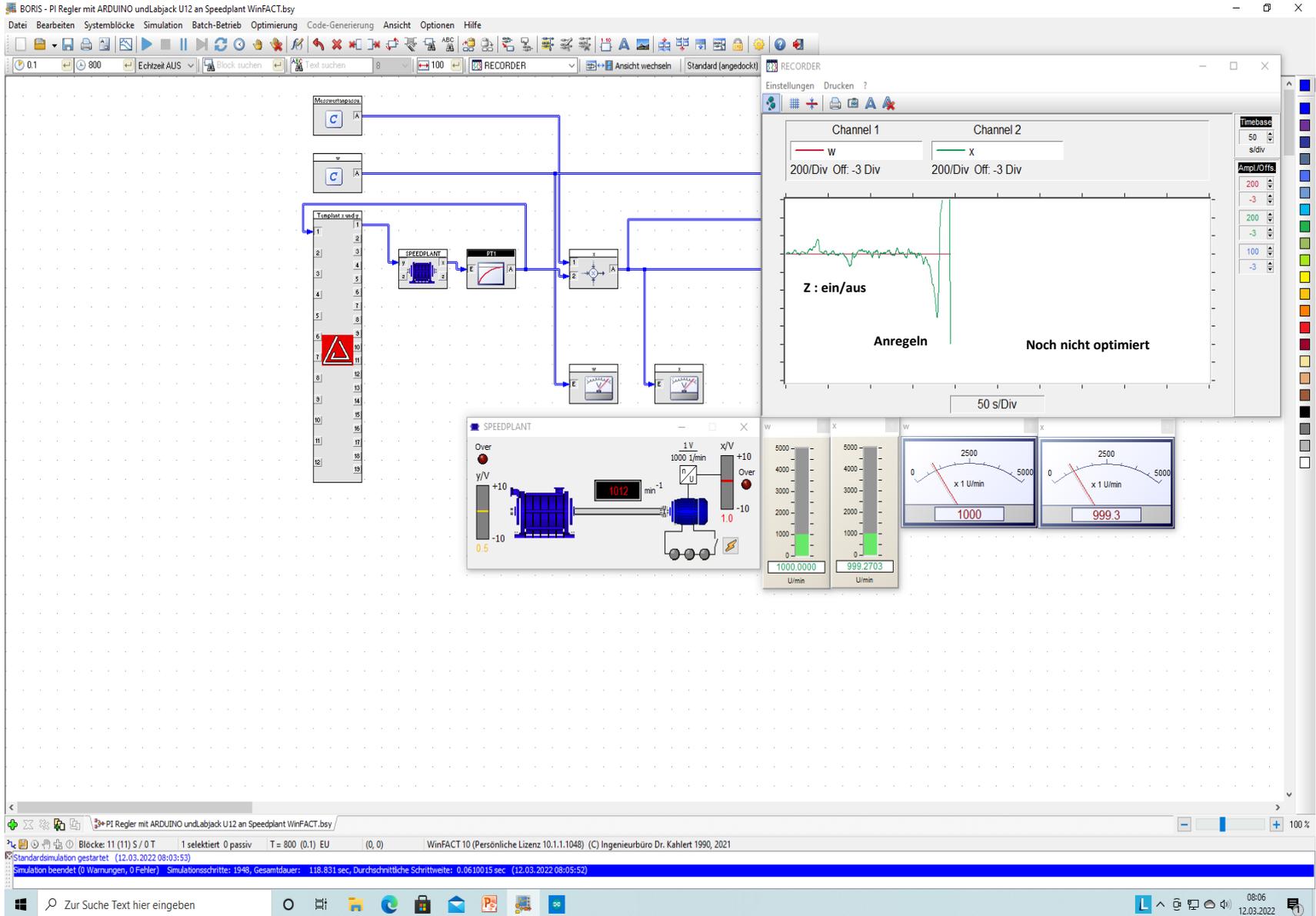
void loop() {
  const double input = analogRead(PIN_INPUT); // Eingabe der Regelgröße x in den Regelalgorithmus
  const double output = myPID.Run(input); // Berechnung der Stellgröße
  analogWrite(PIN_OUTPUT, output); // Ausgabe der Stellgröße y auf Kanal 9 (PWM Ausgang)
  Serial.print("Regelgröße x:");// Angabe der Regelgröße auf dem Monitor
  Serial.println(input); // Regelgröße x
  Serial.print ("Führungsgröße w:"); // Angabe der Führungsgröße auf dem Monitor
  Serial.println(512); // Führungsgröße w
}
```

Beispiel 2 : Speedplant mit PID-Regler

Im nachstehenden Blockschaltbild erkennt man die Struktur des WinFACT Programmes :



Darstellung der Größen in WinFACT



Übersicht der Streckendaten und Reglereinstellungen (Quelle : PID-Designer) :

Streckenname	t10	t50	t90	kps	μ	T1	n
Tempplant	110 s	267s	532 s	1		100 s	3
Speedplant	0,347s	1 s	2,77 s	1		0,685 s	2

Streckenart	Kpr	Ti	Td	Verfahren
Tempplant	2,75	260 s	75 s	% Kennwert
Tempplant	1	197,5 s	50 s	T Σ normal
Tempplant	2	239 s	58 s	T Σ schnell
Speedplant	1,3	1,03 s		% Kennwert
Speedplant	0,5	0,66 s		T Σ normal
Speedplant	1	0,924 s		T Σ schnell

Beispiel 3 : Levelplant mit PID-Regler

Im nachstehenden Blockschaltbild erkennt man die Struktur des WinFACT Programmes :

Achtung : z muss geöffnet sein

Achtung : Auch hier ist der Wertebereich eingegrenzt : 0...5 V entsprechen 0...500 mm
Beispiel für w im ARDUINO : 200 mm : $(200 * 1024) / 500 = 410$ muss eingegeben werden.

The screenshot shows the WinFACT software interface with the following components:

- LEVELPLANT**: A detailed view of a tank with a float valve. The sensor output is shown as a bar chart and a gauge. The gauge shows a reading of 0.0000 mm.
- RECORDER**: A block that records the process data.
- W** and **X**: Analog input modules.
- E**: Analog output modules.
- PI**: A PID controller block.
- Y**: A digital output module.

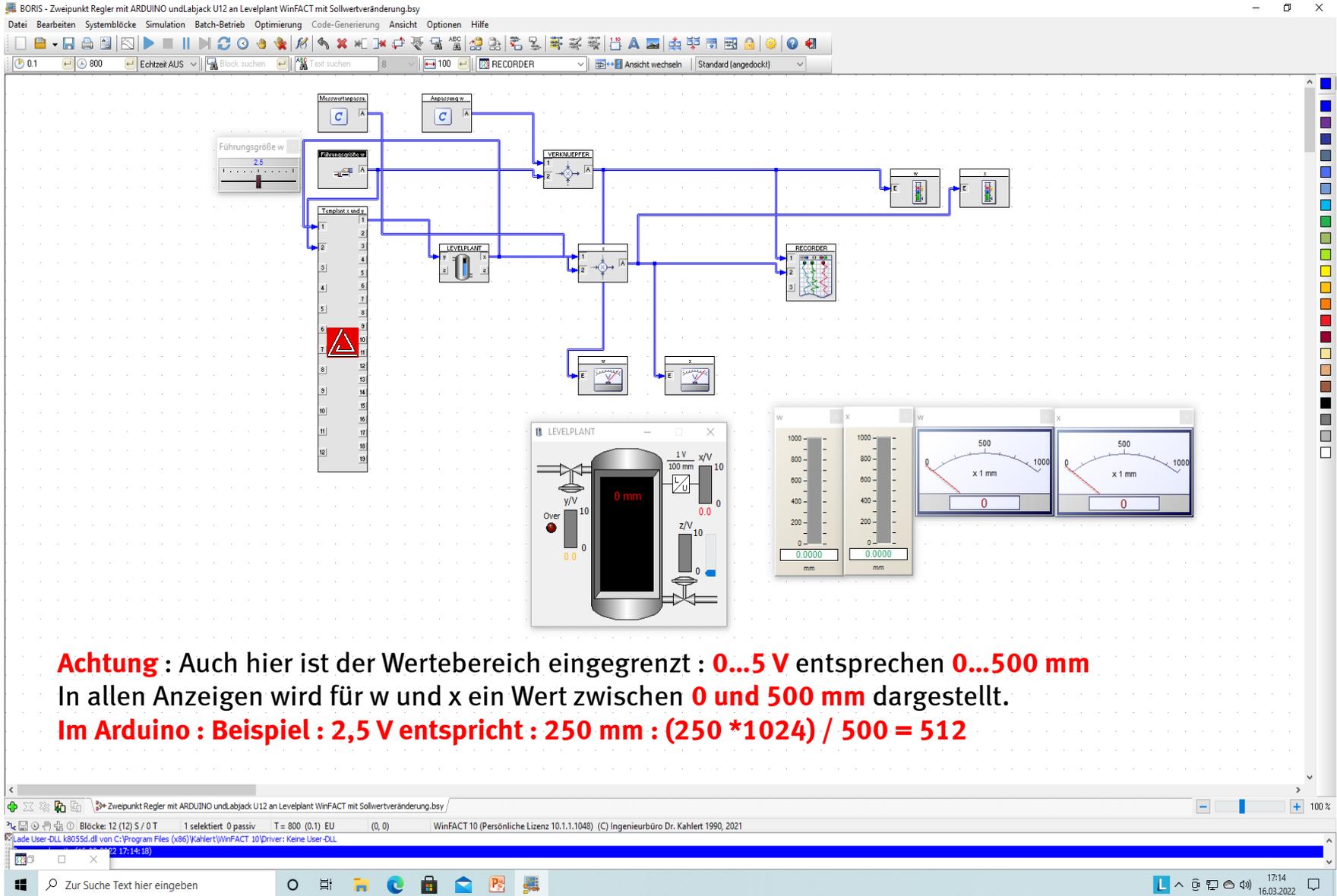
Darstellung der Größen in WinFACT

The screenshot displays the WinFACT software interface for a simulation titled "BORIS - PI Regler mit ARDUINO und Labjack U12 an Levelplant WinFACT.bsy". The main workspace shows a control loop diagram with a "LEVELPLANT" block and various sensors. A "RECORDER" window is open, showing two channels: Channel 1 (red line, labeled 'w') and Channel 2 (green line, labeled 'x'). The recorder settings are 200/Div and Off: -3 Div for both channels. The scale is 50 s/Div. Below the recorder, there are two bar graphs and two analog gauges. The bar graphs show values of 200.0000 mm and 200.7838 mm. The gauges show 200 and 200.8. A red warning text "Achtung : z muss geöffnet sein" is overlaid on the bottom right. The status bar at the bottom shows "Simulation läuft..." and "Standardsimulation gestartet (10.03.2022 09:10:25)".

Achtung : z muss geöffnet sein

Beispiel 4 : Levelplatt mit Zweipunkt-Regler und veränderlichem w zum ARDUINO

Im nachstehenden Blockschaltbild erkennt man die Struktur des WinFACT Programmes :



Achtung : Auch hier ist der Wertebereich eingegrenzt : **0...5 V** entsprechen **0...500 mm**
 In allen Anzeigen wird für w und x ein Wert zwischen **0 und 500 mm** dargestellt.
Im Arduino : Beispiel : **2,5 V** entspricht : **$(250 * 1024) / 500 = 512$**

Darstellung der Größen in WinFACT

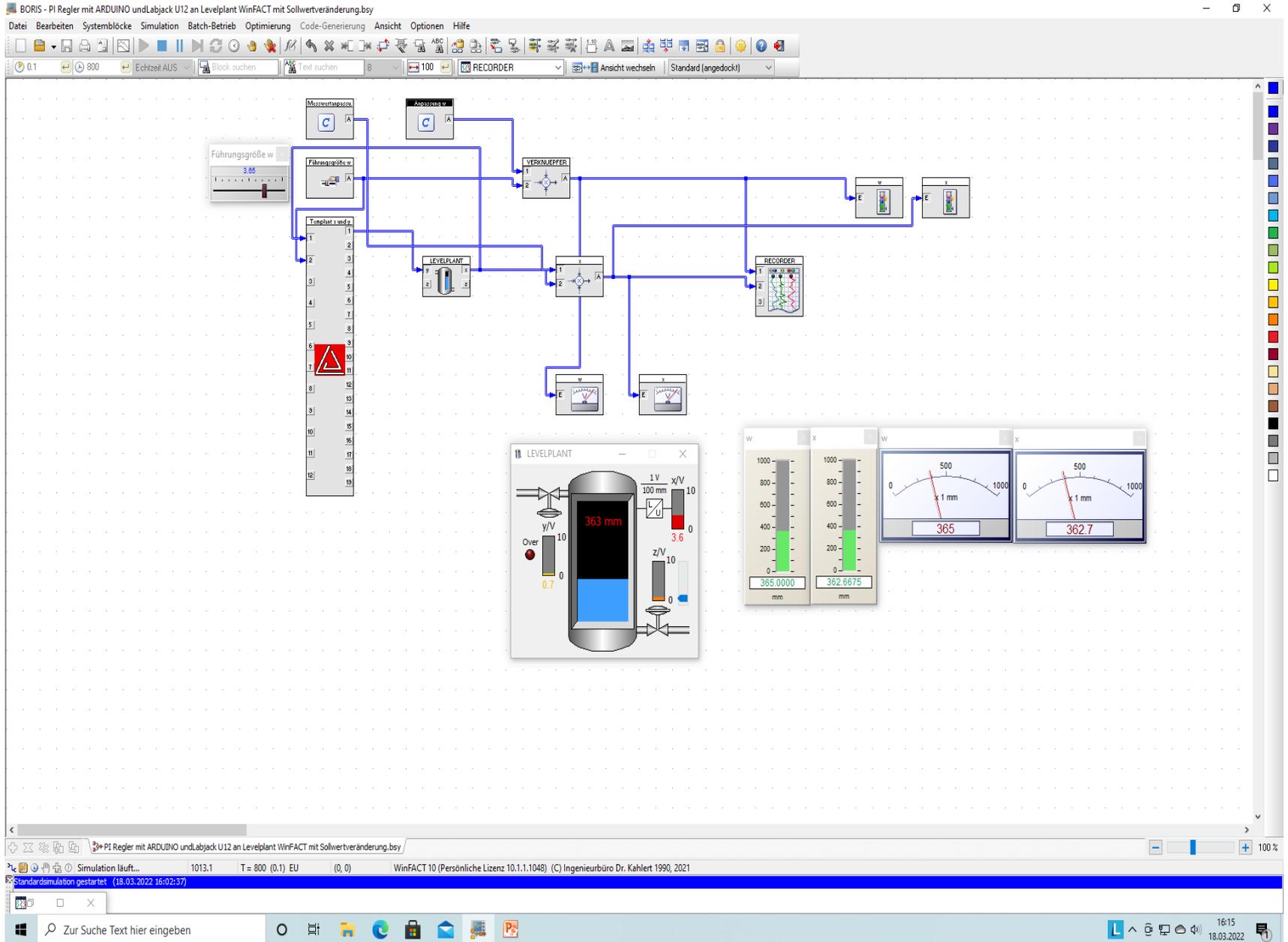
The screenshot displays the WinFACT software interface for a control system simulation. The main workspace shows a block diagram with components like 'Mischwertregler', 'Anpassung w', 'LEVEPLANT', and 'VERKNUEPFER'. A 'RECORDER' window is open, showing two channels: 'VERKNUEPFER' (red line) and 'x' (green line). The recorder settings are 50/Div and Off: -3 Div. Below the recorder are two vertical bar graphs and two analog gauges. The gauges show values 355 and 354.6. A 3D model of a tank is also visible, showing a liquid level of 356 mm and other parameters like y/V (5.3) and z/V (3.6). A red warning triangle is present in the diagram area.

Achtung : z muss geöffnet sein

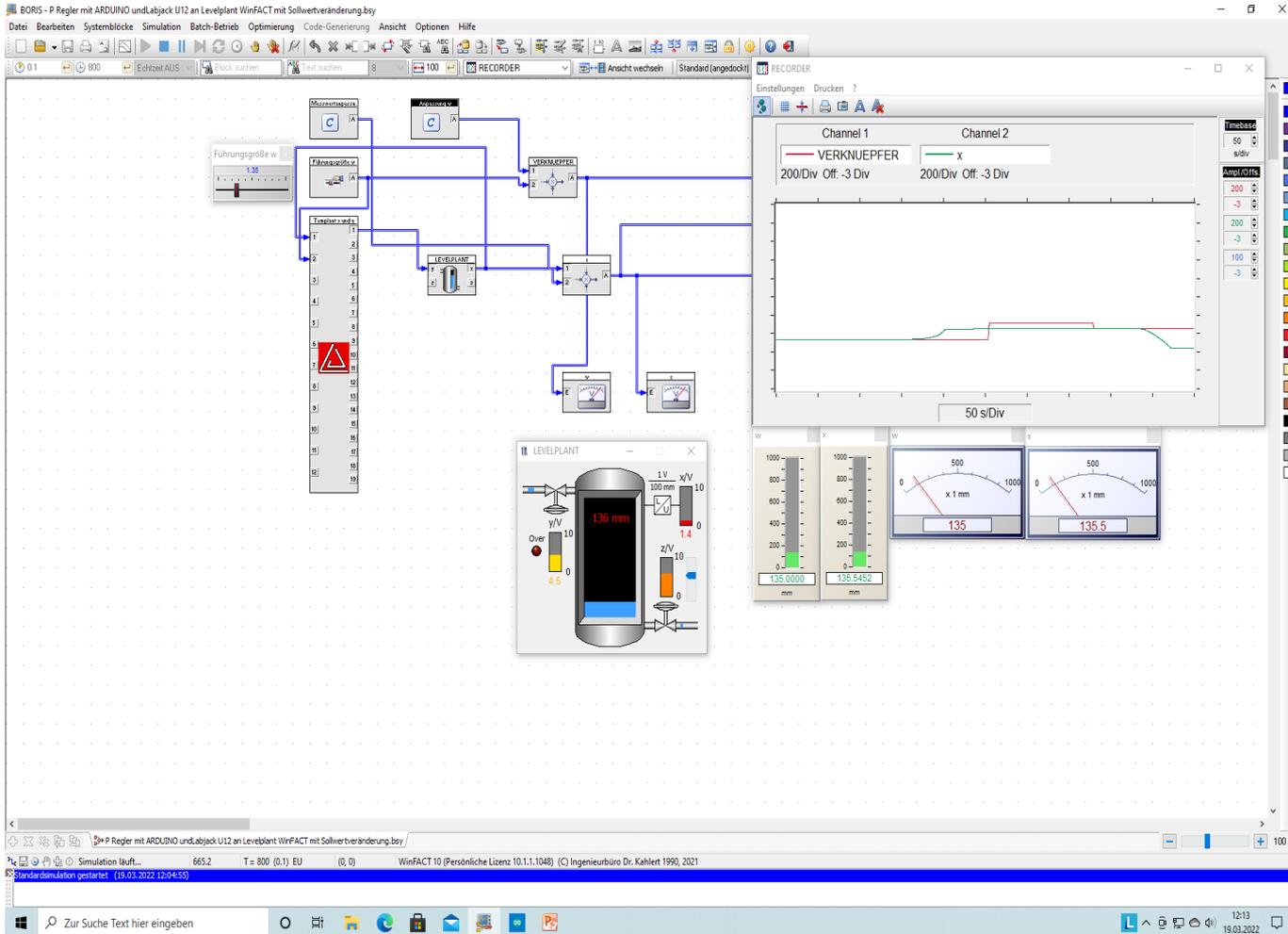
Simulation läuft... 230.1 T= 800 (0.1) EU (0, 0) WinFACT 10 (Persönliche Lizenz 10.1.1.1048) (C) Ingenieurbüro Dr. Kahler 1990, 2021
Standardsimulation gestartet (16.03.2022 17:34:55)

Beispiel 5 : Levelplant mit PI-Regler und veränderlichem w zum ARDUINO

Im nachstehenden Blockschaltbild erkennt man die Struktur des WinFACT Programmes :



Darstellung der Größen in WinFACT



Achtung : z muss geöffnet sein

Darstellung der Größen in WinFACT

The screenshot displays the WinFACT software interface for a control system simulation. The main workspace shows a block diagram of a control loop. The reference signal w is a step function, and the controlled variable x is the system's response. The system includes a light plant, a delay element, and a PT1 process.

The **REORDER** window shows the recorded signals:

- Channel 1 (red): w , 5/Div, Off: -3 Div
- Channel 2 (green): x , 5/Div, Off: -3 Div

The graph shows a step change in w at $t=0$, followed by a delayed and slightly oscillatory response in x . The scale is 50 s/Div.

Below the graph, two analog meters are shown:

- Left meter: w , scale 0-50, value 25
- Right meter: x , scale 0-50, value 25.07

The **LIGHTPLANT** window shows a 3D scene of a person at a desk, with a clock and a plant. The scene includes a clock showing 25% and a plant with a 2.5% indicator.

The status bar at the bottom provides simulation details:

- 1 Regler mit ARDUINO und Labjack U12 an Lightplant WinFACT.bsy
- Blöcke: 12 (12) S / 0 T
- 1 selektiert 0 passiv
- T = 800 (0.1) EU
- (0, 0)
- WinFACT 10 (Persönliche Lizenz 10.1.1.1048) (C) Ingenieurbüro Dr. Kahrlert 1990, 2021
- Standardsimulation gestartet (21.03.2022 17:11:36)
- Simulation beendet (0 Warnungen, 0 Fehler) Simulationsschritte: 1615, Gesamtdauer: 103.492 sec, Durchschnittliche Schrittweite: 0.0640756 sec (21.03.2022 17:13:19)

Regelungstechnik mit dem ARDUINO und der Software WinFACT

Fazit :

Die Programme dienen als Einstieg und können natürlich beliebig, dann auch mit Sensoren und Aktoren angepasst werden.

Hier haben wir ja eine Simulation vorliegen, mit der man üben kann.

Die Optimierung bei den einzelnen Modellen kann noch verfeinert werden.

Es ist kein externes Netzteil erforderlich, da die Speisung des ARDUINO und des Labjack U12 über den USB Anschluss des Rechners (Laptop) erfolgen.

Somit hat man kurze Rüstzeiten, wie sie in der Qualifizierung erforderlich sind.

Für Rückfragen stehe ich gerne zur Verfügung:

Edmund Gondecki

e-Mail : [doellergondecki@online .de](mailto:doellergondecki@online.de)