

1 Versuchsdurchführung

In diesem Dokument ist die Ausführliche Versuchsdurchführung mit Inbetriebnahme der Software und Bildern zum Versuchsaufbau zu finden.



Gesamter Versuchsaufbau



Computer mit JULABO EASY TEMP



Thermostat



Thermostatanschlüsse



Reaktor mit Laborrührer



Zur Verfügung stehende Rührer



ISMATEC Zahnrradpumpe



Magnet-Membranpumpe PROMINENT BETA/5

1.1 Einstellen der Temperaturprofile

Vorbereitung des Thermostates und des Reaktors

Begonnen wurde die Versuchsdurchführung durch Inbetriebnahme des Thermostats. Hierfür wurden die Gewebe-PVC-Schläuche über einen Schlauch-Gewinde-Adapter mit dem 2L-Reaktor verbunden. Das jeweils andere Ende der Schläuche war bereits mit dem Thermostat über Schlauchschellen befestigt. Für die Verbindung mit dem Thermostat war es zu beachten, dass der Schlauch mit dem heizenden Vorlaufstrom an der unteren Seite des Reaktors festgeschraubt wurde, Luftblasen im Reaktormantel zu vermeiden. Danach wurden ebenfalls über Schlauchschellen weitere PVC-Schläuche mit den Ein- und Ausgängen der Thermostatkühlung verbunden. Der eingehende Schlauch wurde auf der anderen Seite mit einem Wasseranschluss (ungeöffnet) versehen. Der ausgehende Schlauch führte in einen Ausguss. Nun konnte das Thermostat eingeschaltet werden und es meldete sich sofort eine Fehlermeldung E01, welche in diesem Fall auf einen zu niedrigen Füllstand im Behälter des Thermostates hinwies. Nach Auffüllen des Thermostatbades wurde das Gerät erneut ohne Fehlermeldung gestartet und nun war es dem Thermostat manuell eine Solltemperatur zu geben und den Prozess zu starten. Um jedoch mit Temperaturrampen arbeiten zu können, war das Herstellen einer Verbindung zu einem PC mit der JULABO EASY TEMP Software nötig.

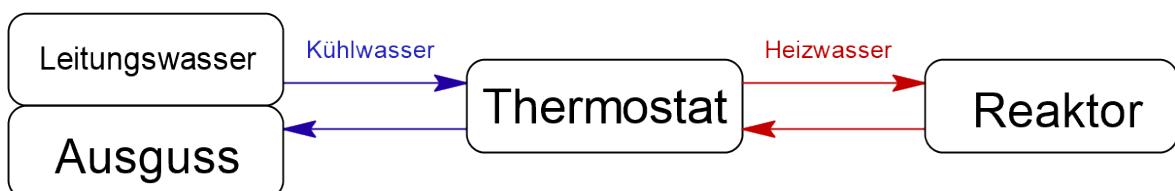


Abbildung 5: Übersicht über Kühl- und Hezwasserströme

Konfigurieren des Thermostates

Hierfür wurde der Computer und das Thermostat mittels Kabel über die verfügbaren RS-232-Schnittstellen miteinander verbunden. Durch gleichzeitiges Drücken der Cursortaste **[←]** und der Entertaste **[↵]** gelangte man in die Konfigurationsebene des Thermostates und konnte die in Tabelle 1 aufgeführten Einstellungen für die Fernsteuerung mittels Computer einstellen. Über die Tasten **[←]** und **[→]** ließ sich nun der gewünschte Parameter auswählen und über die Tasten **[↑]** und **[↓]** dessen Wert verändern. Jede Änderung musste mit der Entertaste **[↵]** bestätigt werden. Durch erneut gleichzeitiges Drücken der Cursortaste **[←]** und der Entertaste **[↵]** wurde die Konfigurationsebene des Thermostats wieder verlassen. Auf dem Display der Thermostates war nun die Meldung **rOFF** zu sehen.

Konfigurieren des Computers

Nachdem das Thermostat konfiguriert wurde, erfolgte eine weitere Konfiguration am PC mit der JULABO EASY TEMP Software. Nach dem Starten des Programms wurde zu **[Geräte]** **[Geräte konfigurieren]** navigiert und es öffnete sich ein Fenster. Unter **[Gerät hinzufügen]** können nun die Einstellungen aus Tabelle 1 für den Computer konfiguriert werden.

Tabelle 1: Konfigurationen JULABO Thermostat MW und EASY TEMP-Software

Gerät	Parameter	Wert
Thermostat	Atc	0
	H	1
	P	2
	Br	48
	r	1
Software	Gerät	TopTechMXs
	Anschluss	COM 1
	Bautenrate	48000 s

Als dies erfolgt war, konnten alle Einstellungen übernommen werden und es öffnet sich ein Fenster wie in Abbildung 6. Über das Feld **Online** wurde bestätigt, dass eine Verbindung mit dem Thermostat hergestellt wurde. Über einen Klick auf das graue Feld **Standby** konnte das Thermostat nun gestartet werden und das Feld wechselte die Farbe auf grün und zeigte das Wort **Start** an. Das Thermostat regelte die Temperatur des Heizfluides (hier: Wasser) nun auf die angegebene Solltemperatur (hier: 80°C). Über einen Klick auf die Solltemperatur, ließ sich dieser Wert auch ändern.

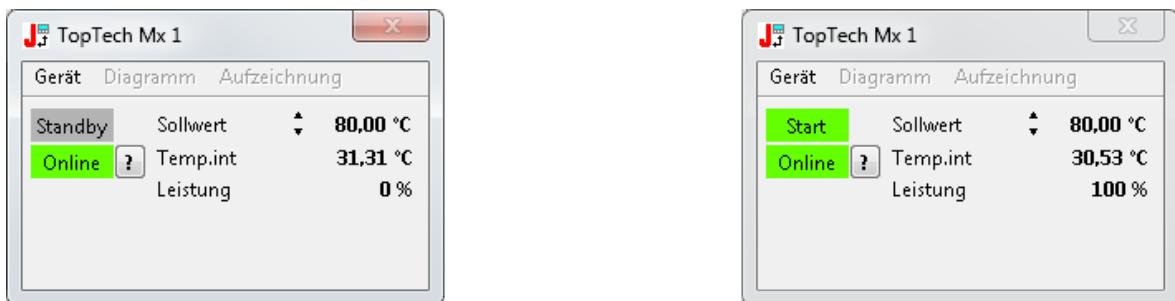


Abbildung 6: Gerätefenster der EASY TEMP Software zum Starten des Thermostates

Kurvendarstellung am PC - Easy Temp Software

Nachdem nun das Thermostat und der PC miteinander kommunizieren konnten, bestand nun auch die Möglichkeit sich den Temperaturverlauf des Heißfluides darstellen zu lassen. Hierfür navigierte man im Hauptfenster des Programms nach **Ansicht > Kurven bearbeiten** und es öffnete sich das Fenster der Kurvenkonfiguration, welches in Abb. 7 zu sehen ist. Über die Schaltfläche **Hinzufügen** konnte nun ein neues Gerät hinzugefügt werden, sowie der darzustellende Messwert ausgewählt und Namen für den Messwert vergeben werden. In diesem Versuch wurden der Sollwert und die interne Temperatur im Thermostat ausgewählt und infolge dieser Einstellungen geplottet (vgl. Abb. 8).

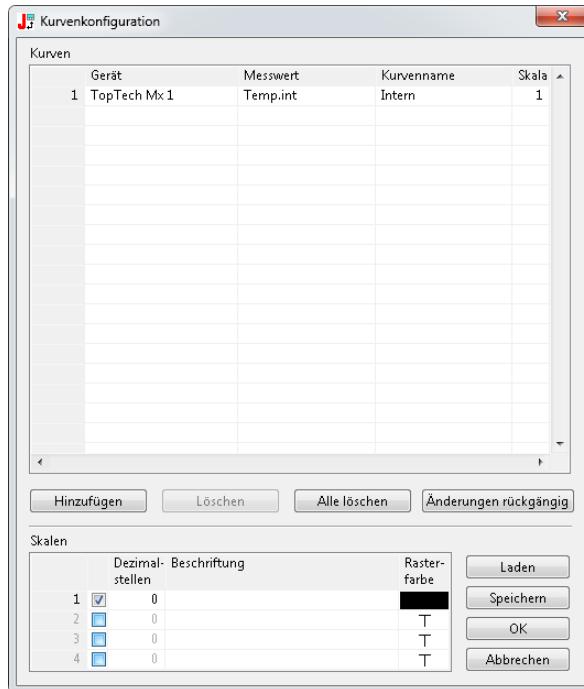


Abbildung 7: Kurvenkonfiguration der EASY TEMP Software

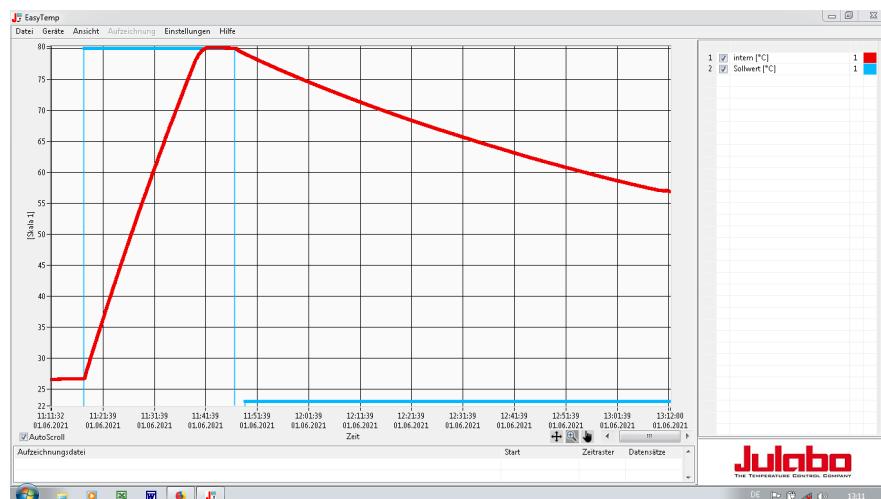


Abbildung 8: Beispiel einer Messwertaufnahme in EASY TEMP

Messwertaufnahme der Temperaturprofile

Da die aufgenommenen Messwerte der EASY TEMP-Software nicht in der kostenfreien Variante des Programms exportiert werden können, war für die Messwertaufnahme eine externe Messung notwendig. Hierfür wurde das Präzisionsmessgerät AHLBORN ALMEMO 2890-9 mit Thermoelementstecker genutzt. Ein Messfühler wurde dabei für die Messung der Lufttemperatur und einer für die Temperatur des Thermostatsbades genutzt. Über einen passendes Datenkabel, welches in den oberen rechten USB-Ports des Rechners gesteckt wurde, konnte nun über die Software WINCONTROL eine exportierbare Messwertaufzeichnung realisiert werden. Zunächst sollte überprüft werden, dass das Messgerät eine Bautenraten von 9 600 s aufweist. Da an dem Messgerät nichts geändert wurde, konnte davon ausgegangen

werden, dass diese Bautenrate bereits eingestellt ist. Es folgt das Starten des Programmes WINCONTROL und über das Menü **Einstellungen** → **Verbindungen verwalten** → **Hinzufügen** konnte ein Gerät hinzugefügt werden. Als Anschluss musste in diesem Versuch COM4 gewählt werden. Eine erfolgreiche Verbindung ist am grün-blauem Feld am unteren Rand des Programms sichtbar (siehe Abb. 9).

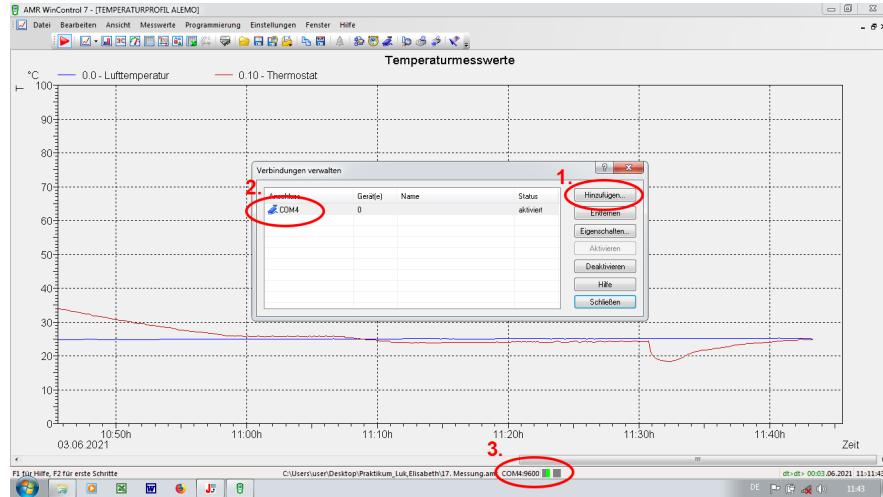


Abbildung 9: Einrichten des Präzisionsmessgerätes mit WINCONTROL

Nachdem das Messgerät nun von der Software erkannt wurde, konnten unter **Programmierung** → **Messstellen programmieren** → **Messstellen** die Messstellen programmiert werden. Über ein Dropdown-Menü ließ sich hier die jeweilige Messstelle auswählen und über die Kommentarfunktion benennen. Als Messbereich wurde passend zum Thermoelementsstecker NiCr ausgewählt (siehe Abb. 10).



Abbildung 10: Programmieren der Messstellen in WINCONTROL

Um im Programm nun Messwerte aufzeichnen lassen zu können muss über **Messwerte** → **neues Liniendiagramm** ein neues Liniendiagramm eingerichtet werden. Wie in Abbildung 11 zu ist, öffnete sich ein Fenster in dem sich die jeweiligen Messstellen aktivieren und dazu passende Linienfarben auswählen ließen. Unter dem Punkt **Y-Achsen** wurde zudem eine Y-Achse mit **T** für Temperatur bezeichnet und das **Gitter** aktiviert. Danach konnten diese Einstellungen übernommen werden und die Messwertaufnahme mit der Taste **F12** oder dem roten Dreieck gestartet werden.

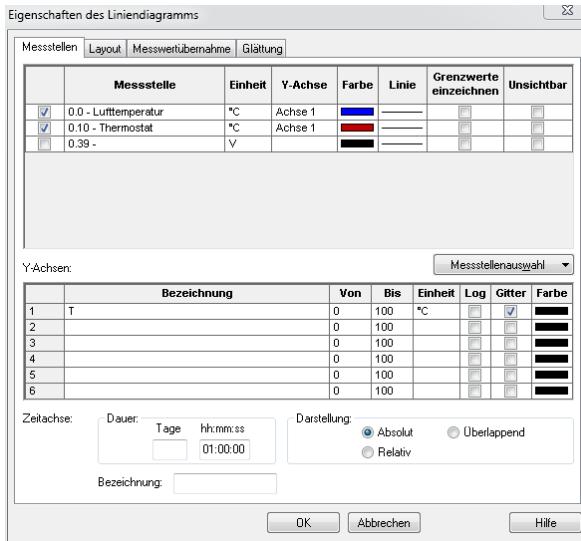


Abbildung 11: Einrichten des Liniendiagramms in WINCONTROL

Eine mögliche Messwertaufzeichnung ist in Abb. 12 dargestellt.

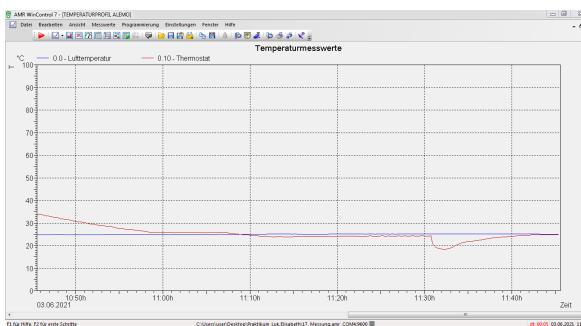


Abbildung 12: Beispiel einer Messwertaufnahme in WINCONTROL

Um Messwerte mit WINCONTROL wurde unter **Datei** **> Exportieren** **> Excel** navigiert, alle Messstellen markiert und über die Schaltfläche **senden** gespeichert.

Zeitmessung der Heiz- und Abkühlvorgänge

Für eine grobe Abschätzung der Dauer der geforderten Prozesse wurden das Aufheizen des leeren Reaktors beginnend bei 25 °C und das Abkühlen von zuvor einzustellenden 80 °C wieder auf 25 °C gemessen. Die 25 °C werden hierbei als Raumtemperatur angenommen. Diese Abschätzungen sollten in der weiteren Versuchsdurchführung dazu dienen, die Temperaturprofile einstellen zu können.

Es erfolgte lediglich eine Messung bei das Thermostat mit einer Solltemperatur gestartet wurde und die Zeitmessung ab einer Temperatur von 25 °C bis zum Erreichen der 80 °C erfolgte. Nachdem die Solltemperatur erreicht wurde, ist diese für eine zeit von mehr als 5 min gehalten worden. Danach wurde die Solltemperatur auf 25 °C eingestellt und es begann die zweite Zeitmessung zusammen mit einem Kühlstrom. Hierzu wurde ein Leitungswassersstrom ($23 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $55 \frac{\text{L}}{\text{h}}$) in das Thermostat eingeleitet, um eine möglichst schnellere Kühlung zu erreichen. Für die Messung des maximalen Leitungswasserstromes wurden über drei Messreihen eine Zeit gestoppt und das aufgefangene Wasser ausgewogen.

Konfigurieren der Temperaturprofile

Nach Bestimmung der Aufheiz- und Abkühlzeiten konnten nun die Temperaturprofile über die EASY TEMP Software einprogrammiert werden. Die Dauer von 9 h über die, die Zieltemperatur von 80 °C gehalten werden soll, wurde extern vorgegeben. Der Prozess ist bisher nicht über den gesamten Zeitraum getestet worden.

Im Hauptfenster wurde dafür in **[Gerät] > [Gerätefenster] > Alle Fenster anzeigen** navigiert und in das Gerätefenster des Thermostates navigiert (vgl. Abb. 6). In diesem Fenster wurde nun in **[Gerät] > [Profil] > Profil bearbeiten** navigiert und der Profileditor öffnete sich. In diesem Fenster wurde daraufhin ein Temperaturprofil eingestellt, wie in Abb. 13 zusehen ist. Dieses Temperaturprofil wurde übernommen und über **[Gerät] > [Profil] > Profil anzeigen** auch anzeigen. Über einen Klick auf die Schaltfläche **Standby** konnte das einprogrammierte Profil gestartet werden.



Abbildung 13: Profileditor in EASY TEMP

1.2 Pumpendosierung

Die Dosierung mittels Pumpen war mit einer Magnet-Membranpumpe und einer Zahnradpumpe möglich. Untersucht wurden beide Pumpen auf Ihren minimalen Volumenstrom bei der geringstmöglichen Einstellung.

Da die Zahnradpumpe deutlich geringere Volumenströme erreichte, wurden weitere Arbeiten lediglich mit dieser Pumpe vollzogen. Aufgrund der Beobachtung eines abfallenden Volumenstrom mit der Höhe des Flüssigkeitsspiegels des Vorratsbehälters wurden für die Zahnradpumpe zusätzlich Messreihen aufgenommen. Hierfür wurde die Zeit gemessen, die die Pumpe brauchte, um bestimmte Volumina über eine bestimmte Zeit zu fördern mit sinkender Höhe des Flüssigkeitsspiegels. Dadurch sollte bestimmt werden, welcher Fehler durch diese Art der Dosierung entsteht. Mit der Magnet-Membranpumpe erfolgte keine solche Untersuchung.

1.3 Ankerrührer

Nach dem der wesentliche Teil des Projektes vollendet war, wurde zusätzlich ein Edelstahl-Ankerrührer, sowie ein dazu passender Laborrührer montiert, ausgerichtet und erfolgreich auf Funktion getestet.