

Grundlagen der Prozessleittechnik und -automatisierung - Messung der für die Prozessführung kritischen Grössen - Temperatur

Ihre Ziele:

Am Ende dieser Lektion sollten Sie in der Lage sein, die wichtigen Faktoren im Zusammenhang mit Temperaturvariablen zu verstehen.

Eine der wichtigsten Variablen, die für die **Regelung von Prozessen** entscheidend sind, ist die **Temperatur**. Deshalb muss sie streng überwacht werden, um sowohl die Stabilität der Temperatur als auch die Konsistenz der Daten zu gewährleisten. Dies liegt vor allem daran, dass eine einzelne Charge eine strenge Temperaturkontrolle erfordern kann, die auch **schnelle Rampen** über einen breiten Temperaturbereich umfassen kann. Bei Chargen mit einer einzigen Temperatur kann sogar während des gesamten Prozesses sowohl eine Erwärmung als auch eine Abkühlung erforderlich sein, um eine stabile und genaue Temperatur auf der Grundlage der gewünschten Reaktion zu erhalten.

Die Kultivierungstemperaturen werden in der Regel mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ überwacht. Die Temperaturmessungen werden mit Pt100-Sensoren aus Edelstahl durchgeführt. Die Temperatur in Labor-Bioreaktoren wird auf eine der beiden folgenden Arten geregelt:

1. Im Inneren des Bioreaktorbehälters befindet sich eine Heizung. Die Kühlung wird durch dünnwandige Rohre sichergestellt, die Kühlwasser enthalten und sich im oberen Deckel des Behälters befinden. An die Rohre ist ein elektromagnetisches Ventil angeschlossen.
2. Heizung und Kühlung werden in einem Thermostaten beschleunigt, und mit Hilfe einer Pumpe zirkuliert das Wasser durch einen Thermostaten im Mantel des Bioreaktors.

Variante 1 ist weniger komplex und gewährleistet eine kostengünstigere, aber konstruktive Lösung. Diese Variante arbeitet effektiv für kleinere Bioreaktoren mit einem Volumen von bis zu ca. 5 Litern.

Variante 2 sorgt für eine gleichmässige Wärmeverteilung überall im Bioreaktor, was für die Kultivierung von Mikroorganismen unerlässlich ist.

Die Hauptursache für eine mögliche Ungleichmässigkeit der Temperatur(en) während der Temperaturregelung sind falsch eingegebene PID-Parameter (Proportional-Integral-Differential-Regler). Dies wird in einem Diagramm als Temperaturschwankungen angezeigt. Die grösste Herausforderung bei dem Versuch, die Temperatur genau zu regeln, besteht darin, dass der minimale Anteil des Kühlwassers möglicherweise zu hoch eingestellt ist, so dass die Ventile in der Kühlwasserzuleitung neu eingestellt werden müssen. Ein weiterer Faktor für die Regelgenauigkeit ist sowohl die Fläche als auch die Dichte der Wärmeübertragungsfläche, denn wenn die Temperatur der Trägheit hoch ist, ist eine höhere Genauigkeit schwieriger zu erreichen.

Funktionsprinzip des Pt100-Fühlers

Ein Pt100 ist ein Sensor, der zur Messung von Temperaturen verwendet wird. Er ist einer von vielen Sensortypen, die zur Gruppe der Widerstandstemperturfühler (RTDs) gehören.

Bevor die Funktionsweise des Fühlers erläutert wird, lohnt es sich, einen Blick auf die verwendete Terminologie zu werfen, da diese für die Identifizierung und Unterscheidung der (verschiedenen) Fühler unerlässlich ist.

Der Sensortyp Pt100 gibt zwei wichtige Informationen über den Sensor an. "Pt" ist das chemische Symbol für Platin und zeigt an, dass der Sensor aus Platin besteht. Der zweite Teil, "100", bezieht sich auf den Widerstand des Geräts bei 0°C. In diesem Fall 100Ω. Variationen der Sensornamen beziehen sich auf andere verwendete Materialien wie Nickel (Ni) und Kupfer (Cu) sowie auf unterschiedliche Widerstandswerte (z. B. 50Ω, 500Ω und 1000Ω). Mit anderen Worten, andere Sensoren könnten als Cu100, Ni120 oder Pt1000 bezeichnet werden.

Der Grund, warum ein Sensor in die Kategorie der Widerstandstemperturfühler, einschliesslich des Pt100, fällt, liegt darin, dass "Widerstand" den Temperaturwert bei einer Änderung des Widerstands bezeichnet. Bei einem Pt100 beträgt der Widerstand bei 0°C 100Ω. Und bei 100°C beträgt er 138,5Ω. Die Änderung des Widerstands bei jeder Grad-Celsius-Änderung beträgt also 0,385Ω.

Die ständige Kontrolle des Temperatursystems

Der Zweck des Temperatursystems besteht darin, die Temperatur des Gefässes innerhalb eines (1) Grades vom Sollwert zu halten, um die Umgebung für die Zellvermehrung zu optimieren.

Das Temperaturkontrollsystem besteht aus zwei Teilen:

- **Temperatursonden**, die Rückmeldungen aus dem Inneren des Bioreaktors liefern,
- **Wärmetauscher**, die das Äussere des Bioreaktors erwärmen oder kühlen, was wiederum den Inhalt des Gefässes erwärmt oder kühlt.

Temperaturfühler

Der computergestützte Prozessregler empfängt Temperatureingaben von den Temperatursonden im Inneren des Bioreaktors (Gefässes). Ist die Temperatur zu heiss oder zu kalt, gibt der Regler dem Wärmetauscher ein Signal, und das Kühlwasser erwärmt bzw. kühlt den Behälter entsprechend.

