

## Den Gefrierpunkt von Wasser untersuchen (04)

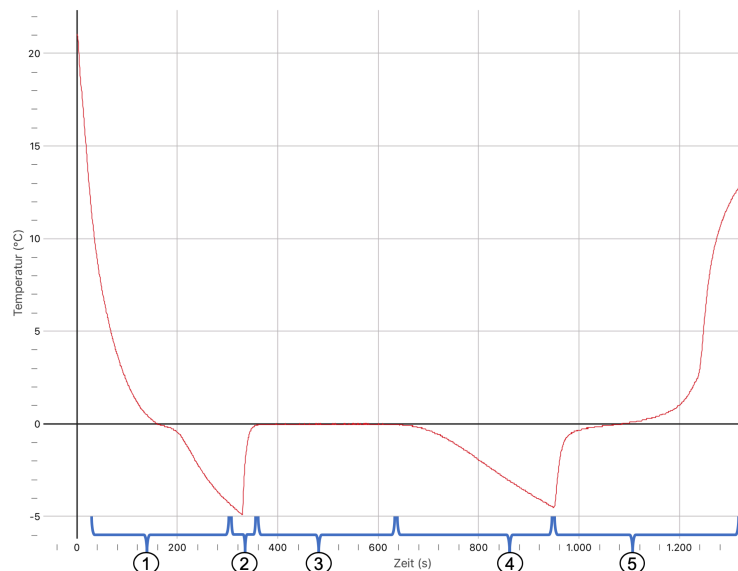


Abbildung 1: Ergebnissicherung der Messwerterfassung.

### Beobachtungsphase 1:

Als erstes müssen wir verstehen, wieso wir überhaupt eine Temperatur messen können. Wenn wir uns ein Becherglas mit flüssigem Wasser vorstellen, dann bewegen sich alle Wassermoleküle regellos im Becherglas hin und her. Halten wir ein Thermometer in das Becherglas, dann können wir ablesen, welche Temperatur die Flüssigkeit aufweist. Es ist jedoch wichtig zu verstehen, dass die einzelnen Wassermoleküle keine Temperatur haben, sondern die Temperatur durch die durchschnittliche Geschwindigkeit der Wassermoleküle im Raum zustande kommt.

Je schneller sich die Wassermoleküle bewegen, desto höher ist die Temperatur bzw. je langsamer sich die Wassermoleküle bewegen, desto niedriger ist die Temperatur. Die kältere Eis-Salz-Mischung entzieht dem flüssigen Wasser in der Pipette Wärme, dies führt zu einer Verlangsamung der Bewegung der Wassermoleküle im Raum. Dieser Prozess lässt sich durch eine Temperaturerniedrigung verfolgen.

Im flüssigen Zustand liegen die kleinen Teilchen beweglich und dicht nebeneinander vor. Im festen Zustand liegen die Wassermoleküle an festen Plätzen nebeneinander vor. Die Wassermoleküle bilden beim Erstarren eine Kristallstruktur aus. Im Kristall ist jedes Wassermolekül von vier anderen Wassermolekülen umgeben (siehe die folgende Abbildung 2). Beim Übergang von dem flüssigen in den festen Zustand müssen die Wassermoleküle somit die Anordnung zueinander ändern.



Abbildung 2: Vergleich der Anordnung der Wassermoleküle im festen und flüssigen Zustand. Die gestrichelten Linien deuten die Wasserstoffbrücken an.



### **Beobachtungsphase 2:**

Sehr reines Wasser kann noch weit unter den Gefrierpunkt von  $0^{\circ}\text{C}$  flüssig bleiben. Die Abbildung 2 verdeutlichte zuvor die Kristallstruktur von festem Wasser. Bei der Kristallstruktur handelt es sich um ein geordnetes Gitter. Damit sich die Wassermoleküle in einer geordneten räumlichen Struktur anordnen, ist ein sogenannter Kristallisationskeim notwendig. Bei einem Kristallisationskeim handelt es sich häufig um einen festen Partikel bzw. eine Verunreinigung der als Ursprungsort der Kristallbildung dient.

Durch eine starke Erschütterung bildet sich ein Kristallisationskeim im Wasser, der zu einem Dominoeffekt führt und schlagartig den Aggregatzustandswechsel herbeiführt. Neben dem schlagartigen Aggregatzustandswechsel (flüssig  $\rightarrow$  fest) lässt sich aus der Messwerterfassung ablesen, dass die Temperatur in kürzester Zeit auf  $0^{\circ}\text{C}$  angestiegen ist. Diese Beobachtung lässt sich dadurch erklären, dass die Bewegung der Wassermoleküle im flüssigen Zustand zum Stillstand kommt und ein geordnetes Gitter bildet. Die Bewegungsenergie wird in Wärmeenergie umgewandelt und an die Umgebung abgegeben.

In dem Moment als das Wasser schlagartig erstarrte, ist das Eis in der Pipette sehr fest. Allerdings hält dieser Zustand nicht sehr lange an, da die abgegebene Wärmeenergie wieder zu einem leichten Schmelzen des Eises führt und beide Aggregatzustände fest und flüssig nebeneinander vorliegen. Im Anschluss wurde die Pipette wieder in die Eis-Salz-Mischung gestellt.

### **Beobachtungsphase 3:**

Es folgt eine Phase in der die Temperatur konstant bei  $0^{\circ}\text{C}$  verbleibt. In dieser Phase findet das eigentliche Erstarren statt, da nun ein Kristallisationskeim im Wasser vorhanden ist. Je stärker das flüssige Wasser abgekühlt wird, desto weniger Energie haben die Wassermoleküle und desto langsamer bewegen sich die Wassermoleküle im Raum. Die zwischenmolekularen Wechselwirkungen (Wasserstoffbrücken) zwischen den Wassermolekülen können bei einer langsameren Geschwindigkeit der Moleküle stärker wirken und die Moleküle beginnen sich zu einem Kristallgitter zu ordnen.

Während sich die Wassermoleküle im Kristallgitter ordnen und einen festen Platz einnehmen, wird erneut die Bewegungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt. Die Wärmeenergie, die während der Kristallbildung frei wird, ist für eine Zeitlang genauso groß, wie die Wärmeenergie, die von der Eismischung entzogen wird. Aus diesem Grund ist für eine Zeitlang keine Temperaturveränderung zu messen. Die Wassermoleküle können sich zwar nicht mehr frei im Raum bewegen, jedoch können sie auf ihren festen Plätzen noch hin- und herschwingen.

### **Beobachtungsphase 4:**

Nachdem die Aggregatzustandsänderung abgeschlossen ist, sinkt die Temperatur wieder unter  $0^{\circ}\text{C}$  ab. Es lässt sich beobachten, dass in der Pipette nur noch festes Eis vorhanden ist.

Das Phänomen, dass beim Aggregatzustandswechsel für eine gewisse Zeitspanne keine Temperaturänderung erkennbar ist, lässt sich bei vielen weiteren Stoffen messen. Mit Hilfe dieser Methode lässt sich somit für unterschiedlichste Stoffe der Gefrierpunkt bestimmen. Diese Methode funktioniert jedoch nicht nur beim Abkühlen, sondern auch beim Erhitzen eines Feststoffes, auf diese Weise lässt sich der Schmelzpunkt eines Stoffes bestimmen.