



## Handreichung

<b>Modul:</b>	<b>Abkühlen von Wasser</b>		
<b>Zeitbedarf:</b>	45-90 min		
<b>Zielgruppe:</b>	Klasse 6-8 (11-15 Jahre)		
<b>Kurze Beschreibung:</b>	Die Schüler*innen treffen Voraussagen, überprüfen, erstellen und analysieren Graphen von Temperaturveränderungen in Abhängigkeit der Zeit mit Hilfe von Experimenten.		
<b>Designprinzipien:</b>	<b>Forschendes Lernen</b>		
	<b>Situiertheit</b>		
	<b>Digitale Werkzeuge</b>		
	<b>Embodiment</b>		
<b>Funktionales Denken:</b>	<b>Input – Output</b>		
	<b>Kovariation</b>		
	<b>Zuordnung</b>		
	<b>Objekt</b>		
<b>Lernziele:</b>	<p>Die Schüler*innen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nehmen in regelmäßigen Abständen Messungen der Wassertemperatur vor,</li> <li>- tragen die Werte der Messungen in eine Tabelle ein,</li> <li>- stellen die Messwerte in einem Graphen in Form von Punkten dar,</li> <li>- kombinieren verschiedene Darstellungen des Funktionsbegriffs: Beschreibung und Analyse einer realen Situation, ein geordnetes Zahlenpaar (Daten), eine Tabelle, ein Graph,</li> <li>- entdecken intuitiv, dass die analysierte Funktion kontinuierlich ist, da das Wasser zu jedem Zeitpunkt zwischen den Messungen eine bestimmte Temperatur hat,</li> <li>- entdecken intuitiv die Monotonie der Funktion (nicht ansteigende oder konstante Funktion auf Intervallen),</li> <li>- finden intuitiv heraus, was eine Asymptote ist,</li> <li>- lernen etwas über andere Funktionsklassen (abgesehen von linearen Funktionen),</li> <li>- lernen, worum es bei der Interpolation (Annäherung von Funktionswerten) geht,</li> <li>- entdecken die Form des Graphen einer Funktion, die das theoretische Modell der Wasserkühlung beschreibt.</li> </ul> <p>Die Lektion kann als Einführung in das Konzept von Funktionen eingesetzt werden, bevor Funktion selbst eingeführt werden.</p>		

Diese Materialien werden vom [FunThink Team](#) bereitgestellt, verantwortliche Institution: Pädagogische Universität Krakau

Mirosława Sajka (mirosława.sajka@up.krakow.pl)  
Roman Rosiek (roman.rosiek@up.krakow.pl)



Soweit nicht anders vermerkt, steht dieses Werk und sein Inhalt unter einer Creative Commons Lizenz ([CC BY-SA 4.0](#)). Ausgenommen sind Förderlogos und CC-Icons / Modul-Icons.

# Aktivitäten

## Aktivierung

---

### Aktivität 1: Brainstorming: Was verbindest du mit dem Wort " Abkühlung"?

---

Die Lehrperson frage offene Fragen:

- Was verbindet ihr mit dem Wort "Abkühlen"? (Die Lehrperson schreibt die Vorschläge der Schüler\*innen an die Tafel.)

Abkühlen, die Temperatur verändern, etwas abkühlen (z. B. Tee, Abendessen), (Antworten mehrerer Schüler\*innen)

- Was kann man abkühlen?
- Was glaubt ihr, wie schnell kühlt Wasser ab?

Langsam, erst langsam, dann schneller/ oder vielleicht sollte es andersherum sein, also erst schnell, dann langsam.

- Die Meinungen sind geteilt, also lasst uns ein Experiment durchführen um die Antwort auf diese Frage zu finden.

## Erkundung

---

### Aktivität 2: Die Temperatur von Wasser während dem Abkühlen messen – Ein Experiment mit der Klasse

---

#### Benötigte Materialien:

- *Pyrometer (oder digitales Thermometer),*



Abbildung 1. Pyrometer

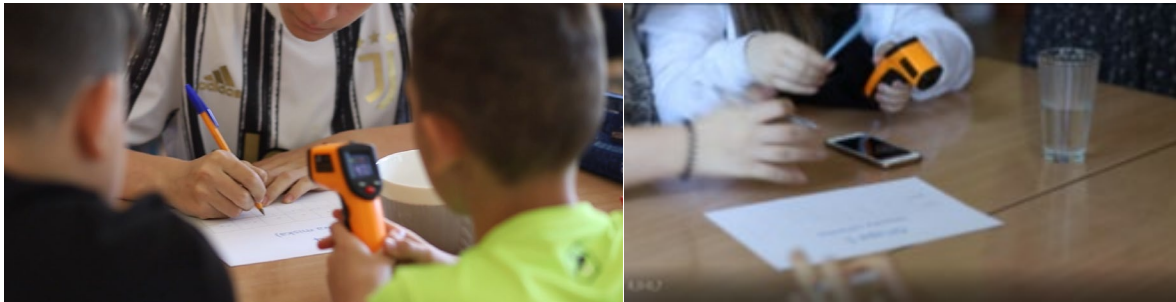
- *Computer, Tablet oder Smartphone mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (Excel),*
- *Beamer,*
- *Verschiedene (4-5) Gefäße (unterschiedliche Größe, Form und Material, z.B. Glass, Topf, Plastikschiessel, Porzellanschiessel ...)*
- *Wasserkocher,*
- *Stoppuhr*
- *Arbeitsblätter*

Das Wasser wird im Wasserkocher vor dem Unterricht erhitzt, so dass es während des Unterrichts nicht kocht (aus Sicherheitsgründen) und etwa 70 Grad Celsius warm ist.

Die Schüler\*innen werden entsprechend der Anzahl der vorhandenen Utensilien in Gruppen eingeteilt - zum Beispiel in 4 Gruppen (ein Glas, ein Metalltopf, eine Plastikschißsel, eine Porzellanschale). Für jede Gruppe wird heißes Wasser in das Gefäß gegossen.

Das Experiment beginnt. Die Schüler\*innen:

- messen die Temperatur des Wassers in ihrem Gefäß (mit einem Pyrometer oder einem anderen digitalen Thermometer) in regelmäßigen Abständen, z. B. alle 1-2 Minuten, je nach Anzahl der Schüler\*innen und der Gruppen, wobei sie die Zeit der Messung mit einer Stoppuhr notieren
- tragen die Ergebnisse der Messungen in die vorbereiteten Tabellen auf den Arbeitsblättern ein
- notieren gleichzeitig die Ergebnisse im Koordinatensystem auf den Arbeitsblättern (dieser Abschnitt kann entfallen, wenn die Stunde in unteren Klassenstufen durchgeführt wird),
- tragen die Ergebnisse der Messungen in ein Tabellenkalkulationsprogramm ein. Diese Aufgabe kann auf verschiedene Weise umgesetzt werden, z. B:
  1. in einer gemeinsam genutzten Datei in der Cloud, wenn jede Gruppe ein Tablet oder einen Laptop hat oder ein Smartphone für diesen Zweck verwendet,
  2. indem jede Gruppe nacheinander die Daten an dem Computer der Lehrkraft eingibt,
  3. durch die Ernennung einer Person aus der Klasse, die von allen Gruppen die gemessenen Ergebnisse systematisch nacheinander eingibt.



**Abbildung 2. Schüler\*innen beim Messen der Temperatur**

Arbeitsblatt:

Group No. 1  
Metal bowl

Time [min.]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperature [°C]											

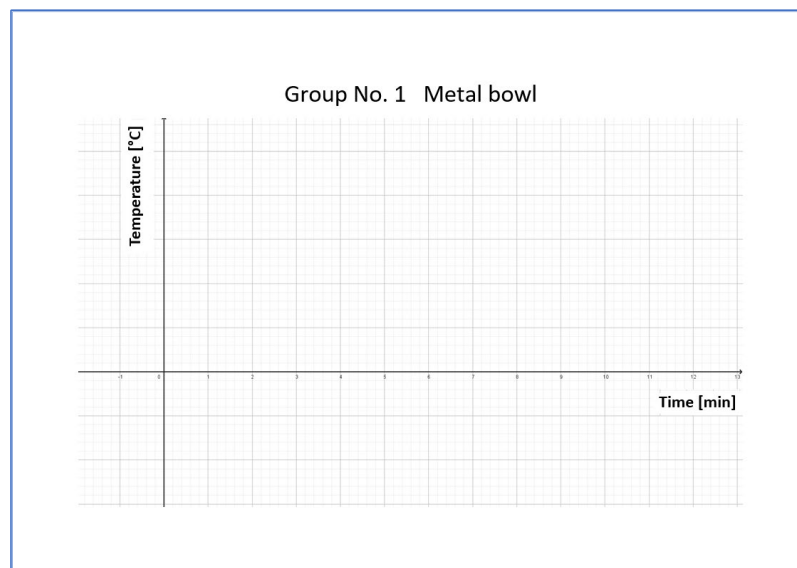


Abbildung 3. Arbeitsblätter für eine Gruppe (analog für alle Gruppen)

# Untersuchen/ Erklären

## Aktivität 3: Analyse der während der Messung aufgezeichneten Daten

Nach Abschluss des Experiments werden die Daten jeder Gruppe auf dem Bildschirm in einem Arbeitsblatt in einer zusammenfassenden Tabelle angezeigt, z. B. wie folgt:

Time [min]	0	2	4	6	8	10	12
Glass	76,2	72,1	67,2	65,1	63	59,9	57,5
Metal pot	74,9	65,2	57	53,1	50,2	47,8	44,2
Plastic bowl	75	67,6	60	54,9	51,5	49,4	47,3
Porcelain dish	76,2	68,8	63,8	58,5	54,6	49,9	47,9

Abbildung 4. Temperaturdaten der Schüler\*innen

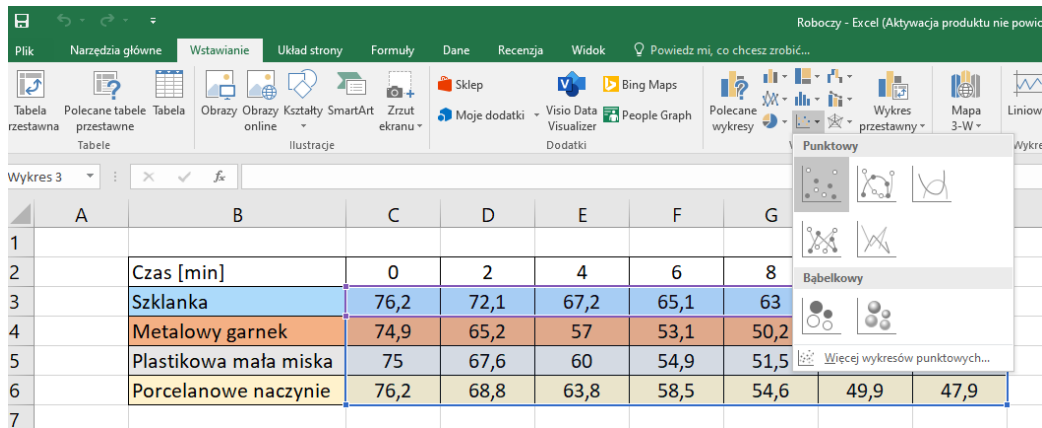


Abbildung 5. Beispiel für die Erstellung einer Tabelle in einer Tabellenkalkulation

Anschließend stellen wir diese Punkte im Koordinatensystem dar. Wir erhalten den folgenden Graphen:

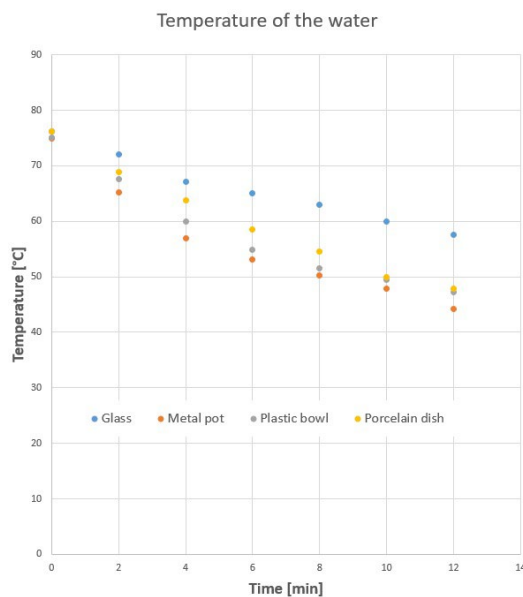


Abbildung 6. Punktgraph

Die Ergebnisse des Experiments werden analysiert. Die Lehrkraft stellt offene Fragen und moderiert die Diskussion mit den Schüler\*innen:

- Wie hat sich das Wasser in den einzelnen Gefäßen abgekühlt?
- Wodurch werden die Unterschiede verursacht?
- Wie oft konnten wir die Wassertemperatur messen?
- Ist es möglich, den Temperaturwert zu jedem Zeitpunkt zu bestimmen? (Anmerkung: Theoretisch ja, aber man braucht andere Hilfsmittel, um die Temperatur kontinuierlich zu messen, z. B. ein herkömmliches Thermometer.)
- Können die aufgezeichneten Punkte, die die Temperatur während der Abkühlung des Wassers für jedes Gefäß beschreiben, durch eine Linie verbunden werden? Warum? (Die Schüler\*innen begründen, dass es möglich ist, die Punkte mit einer Linie zu verbinden, da Wasser zu jedem Zeitpunkt eine bestimmte Temperatur hat.)
- Könnte die Temperatur unter den gegebenen Bedingungen ansteigen? (Nein. Es ist jedoch möglich, eine Änderung der Bedingungen zu diskutieren: Was könnte passieren, damit die Temperatur steigt?)
- Wie können die Punkte miteinander verbunden werden? (Diskussion verschiedener Vorschläge - Abb. 7.)



Abbildung 7. Wie können die Punkte verbunden werden?

Als Ergebnis dieser Diskussion stellen die Schüler fest, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, die Punkte zu verbinden, da wir nicht genügend experimentelle Daten haben.

- Wie verändert sich die Temperatur mit der Zeit? (Sie nimmt ab.)

Es wird eine andere Art von Graph gewählt, um den allgemeinen Trend der Temperaturveränderungen darzustellen (Abb. 8).

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Czas [min]	0	2	4	6	8
3		Szklanka	76,2	72,1	67,2	65,1	63
4		Metalowy garnek	74,9	65,2	57	53,1	50,2
5		Plastikowa mała miska	75	67,6	60	54,9	51,5
6		Porcelanowe naczynie	76,2	68,8	63,8	58,5	54,6
7						49,9	47,9

Abbildung 8. Allgemeiner Trend der Temperaturveränderungen im Tabellenkalkulationsprogramm

Der gewählte Graph ist in Abbildung 9 zu sehen.

Es wird betont, dass nicht ausreichend genaue Daten verfügen, um einen genauen Graphen zu zeichnen. Der Graph erlaubt nur eine ungefähre Vorstellung davon, wie der Graph der Wasserkühlung in jedem Gefäß im Zusammenhang mit der 12-minütigen Dauer des Experiments aussieht.

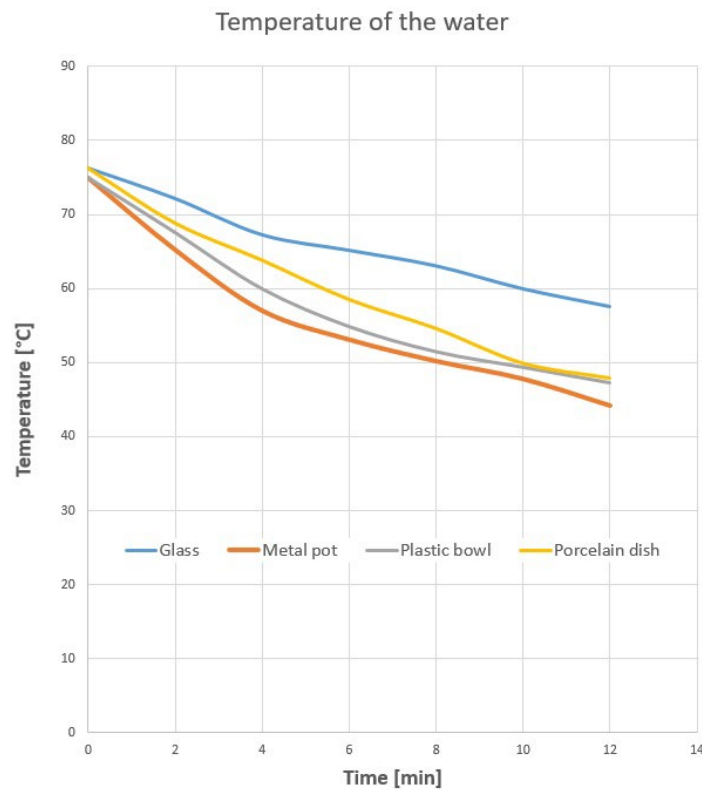


Abbildung 9. Graph mit geglätteten Kurven auf der Grundlage von Messdaten

Die Diskussion wird fortgesetzt, um die Graphen zu analysieren und zusammenzufassen. Die Lehrkraft stellt eine offene Frage:

- Was ist euch noch aufgefallen? Was könnt ihr über die Temperaturveränderung in jedem Gefäß sagen?
- Wir schlagen die folgenden unterstützenden Fragen vor:
  - Wie verändert sich die Temperatur in den einzelnen Gefäßen? Die Temperatur sinkt mit der Zeit.
  - Ist sie in jedem Gefäß gleich?
  - Wovon kann die Geschwindigkeit der Temperaturabnahme in einem Gefäß abhängen? Von der Größe und dem Material des Gefäßes, der Wassermenge, der Umgebungstemperatur, der Anfangstemperatur, usw.
  - Sind die Linien in den Diagrammen gerade Linien? Nein

## Eine Hypothese aufstellen

### Aktivität 4: Eine Hypothese aufstellen

In diesem Teil der Lernumgebung arbeiten die Schüler\*innen in Einzelarbeit. Sie zeichnen ihren eigenen Antwortvorschlag in Form einer Skizze auf den bereitgestellten Arbeitsblättern ein, und zwar mit folgender Vorgabe:

Skizziere, wie das Wasser in dem Topf, der in unserem Klassenzimmer steht, deiner Meinung nach abkühlen wird, nachdem das Wasser 5 Stunden lang gekocht hat.

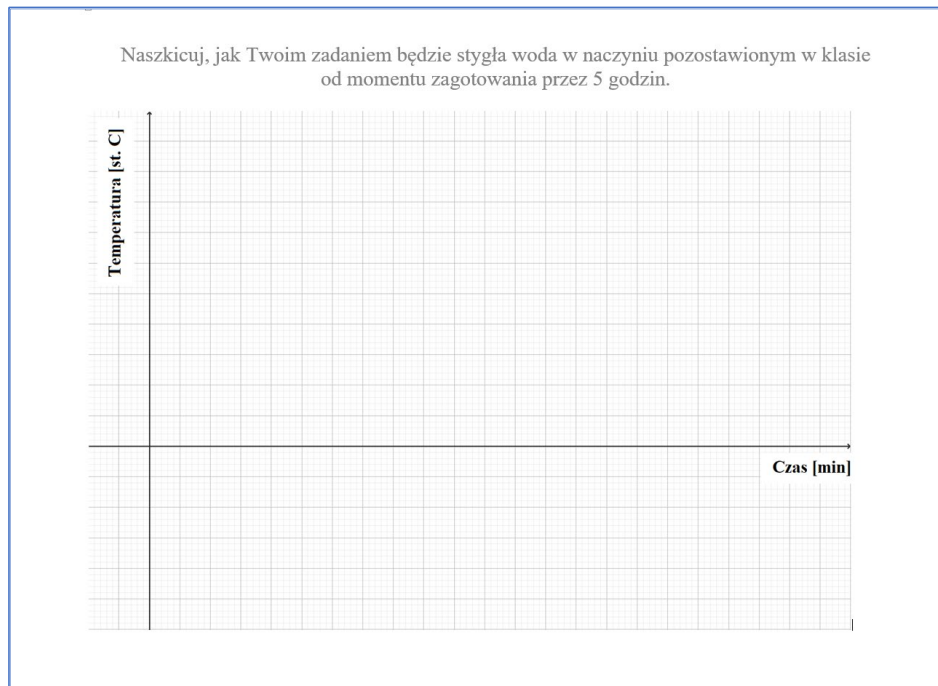


Abbildung 10. Arbeitsblatt - Vorhersage des Abkühlungsprozesses von Wasser

Während dieser Aktivität beobachtet die Lehrperson die Einzelarbeit der Schüler\*innen und wählt die interessantesten Graphen für die folgenden Schritte aus (möglichst unterschiedliche Graphen).

## Auswertung

### Aktivität 5: Überprüfung der Hypothesen - Diskussion (eventuell mit dem zweiten Teil des Experiments)

Die Lehrkraft bittet die Autoren der ausgewählten Werke, ihre Vorschläge an die Tafel zu zeichnen oder zeichnet sie selbst an die Tafel und moderiert die Diskussion über deren Richtigkeit.

- Kann die Wassertemperatur unter unseren Bedingungen im Klassenzimmer negative Werte erreichen? Wie sieht es mit dem Wert 0 aus?
- Was ist die niedrigste Temperatur, die das Wasser unter unseren Bedingungen nach 5 Stunden erreicht? Raumtemperatur
- Ist die Abkühlungsrate immer gleich?



Wenn ein korrekter Graph unter den Beispielen ist wird es am Ende diskutiert.

Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kocht die Lehrkraft das Wasser und wiederholt das Experiment aus Sicherheitsgründen selbst in einem ausgewählten Gefäß, z. B. einer Metallschüssel, und misst jede Minute nach dem Kochen die Temperatur des Wassers. Ein\*e ausgewählte\*r Schüler\*in trägt die Daten in eine Tabelle ein, während ein\*e andere\*r die Zeit misst.

Wenn keine Zeit für solche Aktivitäten bleibt, können die Daten eines zuvor durchgeführten Experiments genutzt werden- zum Beispiel:

Zeit [min]	0	1	2	3	4	5
Wassertemperatur [°C]	93,6	80,1	75,4	71,5	69,7	67,3

Bei der Analyse des Graphen stellen die Schüler\*innen fest, dass das Wasser zunächst schneller und dann immer langsamer abkühlt (wenn die Schüler\*innen dies nicht bemerken, können die Temperaturunterschiede berechnet werden). Die Geschwindigkeit der Abkühlung des Wassers bleibt nicht gleich.

Am Ende wird eine gemeinsame Skizze des Graphen, der den Verlauf der Abkühlung des Wassers darstellt gezeichnet (falls sie noch nicht thematisiert wurde).

Die Lehrperson erklärt den Schüler\*innen, dass ein bekannter Physiker und Mathematiker namens Isaac Newton zu ähnlichen Schlussfolgerungen kam und auf der Grundlage ähnlicher Beobachtungen den nach ihm benannten Abkühlungsprozess, das Newtonsche Abkühlungsgesetz, theoretisch beschrieb.

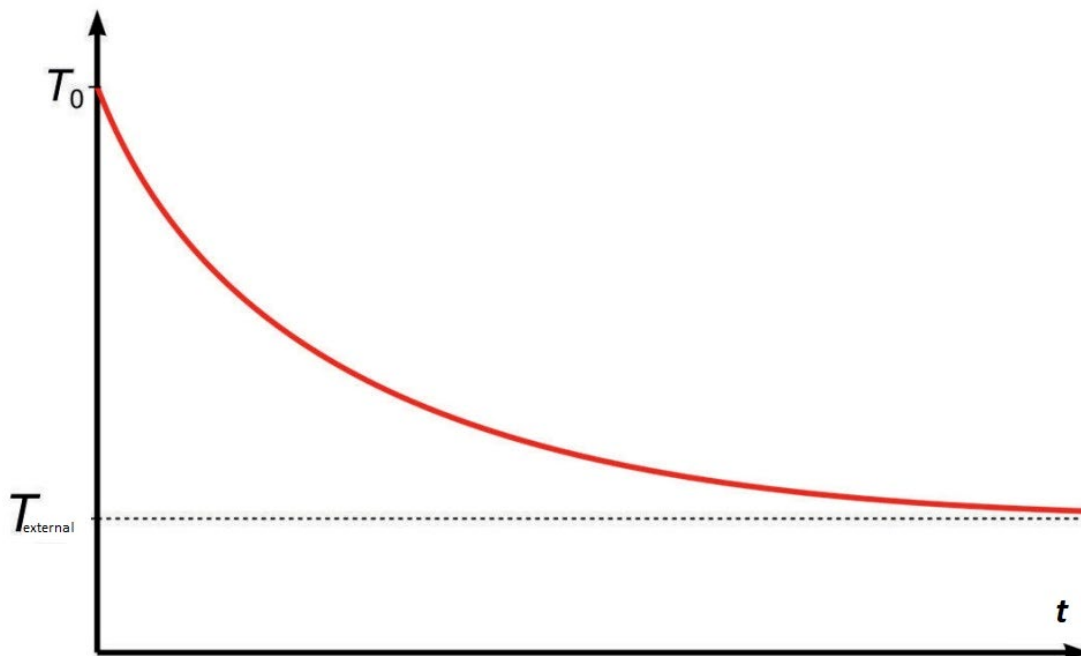


Abbildung 11. Wasserkühlungskurve als Modell für das Newtonsche Kühlungsgesetz

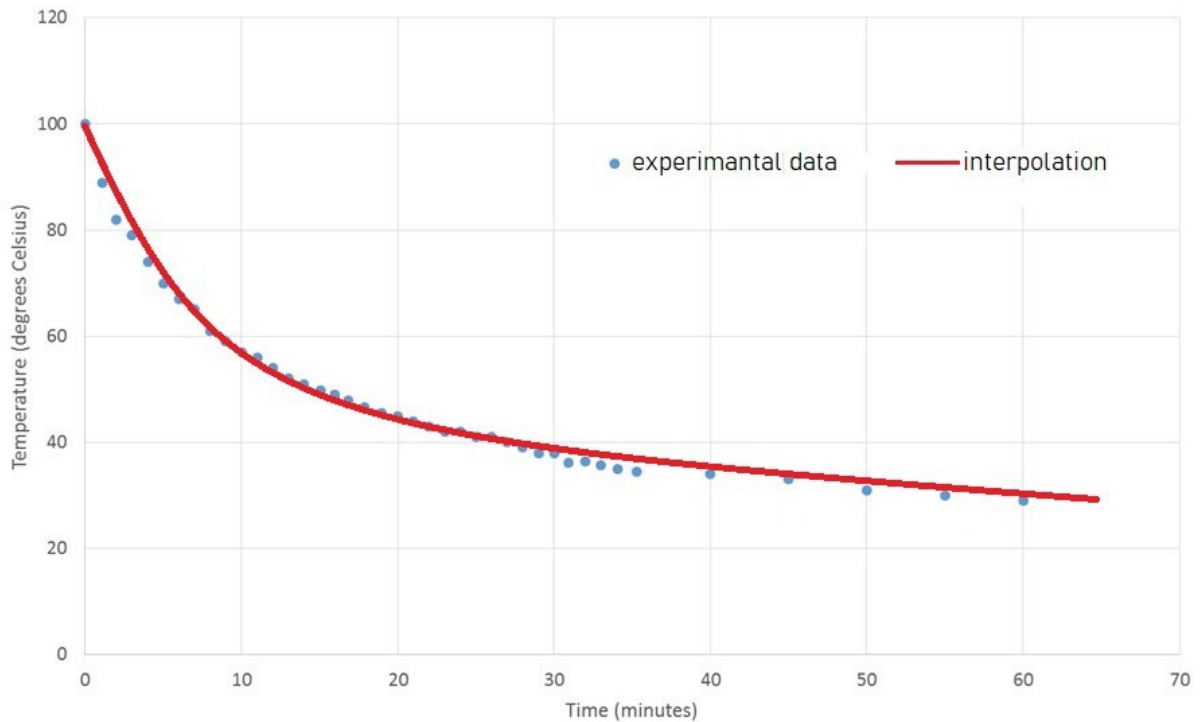


Abbildung 12. Experimentelle Daten und ihre Interpolation

Zusammenfassung:

Welche Schlussfolgerungen können aus der heutigen Stunde gezogen werden?

- Die Temperatur des Wassers in unserem Gefäß ändert sich kontinuierlich mit der Zeit - deshalb können wir sie als Linie (Kurve) im Koordinatensystem darstellen.
- Die Temperatur in jedem Gefäß nimmt zunächst ab und erreicht dann einen konstanten Wert.
- Die Geschwindigkeit, mit der das Wasser abkühlt, ist bei den verschiedenen Gefäßen nicht gleich, weshalb die Kurven, die wir erhalten haben, zwar unterschiedlich sind, aber eine ähnliche Form haben. Sie hängen von verschiedenen Faktoren ab, z. B.: Art des Gefäßes, Menge und Art der enthaltenen Flüssigkeit, Umgebungstemperatur, Anfangstemperatur.