

Zielorientierter Einsatz der Wärmebildkamera im Chemieunterricht

Frank Schrader und Sascha Schanze

Leibniz Universität Hannover

Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Fortgeschrittene
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	Naturwissenschaften (hier mit Fokus Chemie)
Durchführungsdauer/Zeitaufwand	unterrichtsbegleitend
Zielgruppe	ab Sekundarstufe I, Schule und außerschulische Lernorte
Themengebiet	Visualisierung von Temperaturverläufen
Ziele	<ul style="list-style-type: none">◆ Sukzessive Einführung einer alternativen Methode der Datenaufnahme◆ Flächenweise Temperaturverläufe können sichtbar gemacht werden
Kompetenzbereiche	Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren: 1.2.1, 1.2.2 Kommunizieren und Kooperieren: 2.3.1 Produzieren und Präsentieren 3.2.1 Problemlösen und Handeln: 5.1.2, 5.1.3, 5.2.3, 5.4.1, 5.4.2 Analysieren und Reflektieren: 6.1.1

- **Worum geht es?** Die Messung von Temperaturen ist essenzieller Bestandteil von Experimenten aller naturwissenschaftlichen Disziplinen. Üblicherweise findet eine punktuelle Messung wie z. B. mit einem Alkoholthermometer in einer Flüssigkeit oder mit einem Infrarotthermometer kontaktlos auf einer Oberfläche statt. Beide Messmethoden erfassen jedoch immer nur einen Messwert pro Zeiteinheit. Hier liegt der große Vorteil von Infrarotbildern. Sie erfassen pixelgenau die Intensität der Infrarotstrahlung und bauen diese zu einem Bild zusammen. So kann die Temperaturverteilung eines Systems in der Fläche und über die Zeit veranschaulicht werden.

Der Einsatz von Infrarotvideographie ist in verschiedensten Szenarien denk- und einsetzbar. Es können dem Auge ohne Hilfsmittel verborgene Beobachtungen visualisiert werden. Wenn die fachlichen Hintergründe dazu im Physikunterricht eingeführt werden, lässt sich die Technologie gewinnbringend z. B. auch in den Naturwissenschaften Biologie und Chemie, in der physischen Geographie oder auch im Sportunterricht vielfältig heranziehen. In diesem Beitrag fokussieren wir uns auf das Fach Chemie; für Einsatzbeispiele aus der Physik sei auf den Beitrag von Stinken-Rösner verwiesen.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Intuitive Bedienung der interaktiven Web-Anwendung – kein spezifisches technisches Vorwissen notwendig
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Das Konzept Wärmestrahlung ist spätestens mit dem ersten Einsatz zu erarbeiten.

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien

Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
<input type="checkbox"/> nur Lehrkraft <input checked="" type="checkbox"/> 1 Gerät pro Gruppe <input type="checkbox"/> 1:1-Ausstattung	<input checked="" type="checkbox"/> iOS <input checked="" type="checkbox"/> Android <input type="checkbox"/> Windows <input type="checkbox"/> macOS <input type="checkbox"/> Linux	<input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Notebook <input type="checkbox"/> Desktop-PC

Zusätzliche Materialien werden gegebenenfalls beim Erstellen der Inhalte, etwa für Videos, benötigt.

Es gibt verschiedene Ausführungen von Wärmebildkameras. Für den Schuleinsatz bieten sich Ansteckkameras an, die an Tablets oder Mobiltelefone montiert werden können. Die Geräte von Seek Thermal oder FLIR ONE sind günstig und lassen sich leicht in die lokale digitale Infrastruktur integrieren.

Die folgende Beschreibung basiert auf der Kombination einer FLIR ONE Pro Kamera an einem iPad Air 2 (iOS 14.2). Die App FLIR ONE wird in der Version 3.2.8 betrachtet. Die Zusatzkamera wird angebracht, und die Messung kann nach dem Starten der App sofort durchgeführt werden. Genauer hierzu wird in dem Beitrag von Stinken-Rößner beschrieben.

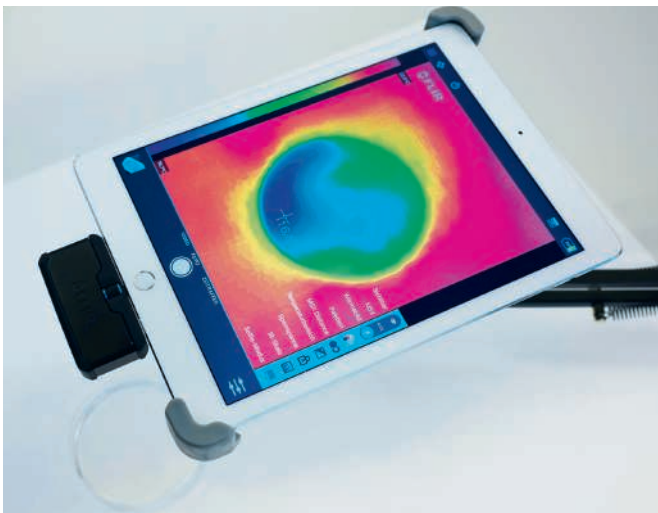
▶ Software

App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
Bildbetrachtungsoftware	kostenlos	iOS, Android	Darstellung der Messergebnisse	nein
Bildbearbeitungssoftware	kostenlos	OSx, Windows	Bearbeitung der Messergebnisse	nein

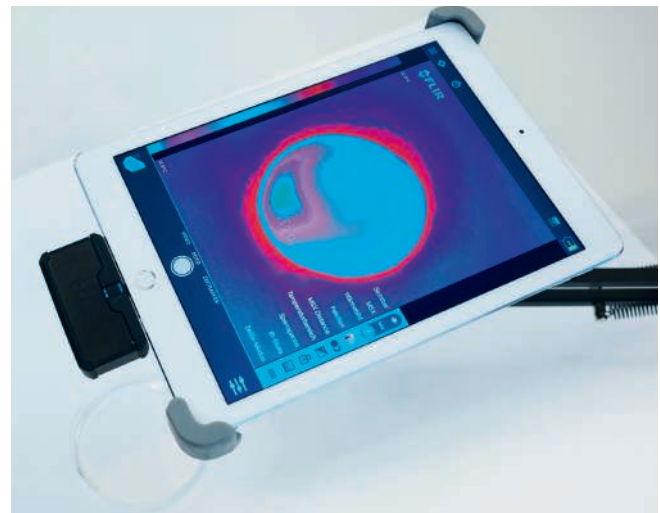
Einsatz im Unterricht

- **Wie geht das?** Eine besondere Herausforderung bei chemischen Experimenten ist die kontaktlose Messung von Temperaturen innerhalb von Flüssigkeiten. Als geeignet hat sich eine offene Petrischale von oben erwiesen. Dabei wird das Tablet mit einem Stativ etwa 30 cm oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche befestigt. Dieses Szenario ermöglicht die Betrachtung einer Vielzahl von Experimenten (z. B. Löseprozesse, Säure-Base-Reaktion, Redox-Reaktionen).

In Abb. 1 und 2 wurde eine Spatelspitze Ammoniumchlorid in die zur Hälfte mit Wasser gefüllte Petrischale gegeben. Es wird sofort eine Abkühlung in dem Bereich des Systems sichtbar, in dem das Salz in die Flüssigkeit gegeben wurde. Über die Zeit lässt sich auch die Dynamik des Prozesses beobachten, die sonst im Verborgenen bleiben würde. Hier lassen sich nun in demselben Setting weitere Löseprozesse oder auch Fällungen charakterisieren.



- ▲ **Abb. 1** Aufnahme (FLIR ONE) der Abkühlung des Systems (Ammoniumchlorid in Wasser) mit der Farbpalette „Regenbogen“. In dieser klassischen Einstellung (blau = kalt, rot = heiß) ist das Herausfließen des gelb-orangen Farbverlaufs außerhalb der Petrischale sehr auffällig, aber für den Versuch irrelevant.



- ▲ **Abb. 2** Aufnahme (FLIR ONE) des Systems aus Abb. 1 mit der Farbpalette „Farbkreis“. Hier wird der Bereich der Abkühlung durch kontrastreichere Farben akzentuiert.

- **Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?**

Da es sich um eine sehr sensible Form der Datenerfassung handelt, stehen eher halb-quantitative Anwendungen im Vordergrund. Wir plädieren dennoch für die Betrachtung einer Plausibilität der erhaltenen Messwerte, um auch die Genauigkeit dieser Methode und damit ihr Potenzial zu erörtern. Damit einher geht eine frühe Heranführung an diese Technologie, damit sie für die Lernenden in offenen Problemlöse-Situationen immer als eine Alternative präsent ist. So wurde z. B. in einer Lernsituation mit einer achten Klasse zur Erkundung einer Blackbox (Pappkarton mit unbekanntem Inhalt als Heranführung an ein Modellverständnis) eine erhitzte Metallkugel durch die einzige Öffnung der Box gegeben, um über die Laufwege der Kugel mehr Informationen über den Inhalt der Box zu erhalten.

► **Was muss ich beachten?**

Elementar für den Einsatz von Wärmebildkameras im Unterricht ist eine sorgfältige Planung insbesondere des zu betrachtenden Experiments. Nicht jede Temperaturmessung ist geeignet, um eine Temperaturverlaufsdynamik zu zeigen. Noch wichtiger ist ein auf die Messung abgestimmter Aufbau des Experiments.

Um die potenziellen Schwierigkeiten der Messung zu vermeiden, ist ein Wissen über die Darstellung der Messergebnisse in einem Wärmebild relevant. Es werden pixelgenau Intensitäten von Infrarotstrahlung erfasst und in Farbwerte umgewandelt. Hier ist zu beachten, dass die Auflösung der IR-Kamera nicht identisch ist mit der Auflösung des Displays. Die FLIR ONE Pro hat eine Messauflösung von 160×120 Messpunkten bei einer Genauigkeit von 0,1 K. Dieser Wert ist jedoch theoretisch. Die sichtbaren Unterschiede sind abhängig von der Skala. Das bedeutet, je größer die Temperaturspanne im ganzen Bild ist, desto ungenauer wird die Darstellung der Messung. Die meisten Systeme ermöglichen die Eingrenzung der dargestellten Temperaturen. Darauf muss bei der Planung geachtet werden.

Eine weitere Fehlerquelle ist die Reflexion der Wärmestrahlung an Hintergründen. In der Chemie eingesetzte Glasgeräte und viele andere glatte Oberflächen reflektieren kurzwellige Infrarotstrahlen, was auf dem Wärmebild dargestellt wird. Die Darstellung eines Temperaturverlaufs bei der Lösung eines Salzes in Wasser ist daher nicht durch die Wand eines Gefäßes videographierbar. Man würde nur die Oberflächentemperatur des Gefäßes erfassen. Es bedarf also eines Szenarios, bei dem die Temperatur der Flüssigkeit direkt erfasst werden kann. Gute Ergebnisse lassen sich wie in Abb. 1 und 2 dargestellt in einer offenen Petrischale erzielen. Die große, unverdeckte Oberfläche und die geringe Schichtdicke stellen eine ideale Möglichkeit dar, Dynamiken innerhalb eines Mediums zu messen. Der Aufnahmewinkel zum Objekt sollte idealerweise 90° betragen. Auch die Körperwärme der Experimentierenden stellt eine Störquelle dar. So sollten die Objekte und die Umgebung eine Zeit vor der Aufnahme möglichst nicht berührt werden.

Wichtig für die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse mit einem solch genauen Messsystem ist die saubere Dokumentation der Rahmenbedingungen. Aus oben genannten Gründen eignet sich der Einsatz von Wärmebildvideographie daher hervorragend, um Problemlösungsansätze zu erarbeiten. Hier liegt der Erkenntnisgewinn neben dem Inhalt des Experiments auch in einem zielgerechten Einsatz der Kamera.

Material für den Unterricht

- **Weiterführende Materialien** Weitere Ideen und Anleitungen um das Thema „Wärmebilderfassung“ http://go.lu-h.de/idn_waermebild



Weiterführende Literatur

Stinken-Rösner, L. (2021). Der „verlorenen“ Energie auf der Spur – Einsatzmöglichkeiten von Wärmebildkameras im Physikunterricht. In J. Meßinger-Koppelt & J. Maxton-Küchenmeister (Hrsg.). *Naturwissenschaften digital – Toolbox für den Unterricht, Band 2*, (S. 24–27). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Anmerkung: Teile der Arbeit basieren auf einer Kooperation mit Studierenden, die in einer nicht veröffentlichten Bachelorarbeit dokumentiert wurden. Hierfür danken wir Tina Gebert, Max Hoffmann und Marvin Isensee.

Weitere Informationen und Materialien finden Sie unter: www.mint-digital.de/unterrichtsidee