

Der „verlorenen“ Energie auf der Spur – Einsatzmöglichkeiten von Wärmebildkameras im Physikunterricht

Lisa Stinken-Rösner

Leuphana Universität Lüneburg

Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Anfänger
Vorbereitungsaufwand	gering
Fächer	alle Fächer (Fokus Physik)
Durchführungsdauer/Zeitaufwand	1 Unterrichtsstunde, 1 Doppelstunde, Projektarbeit, Projektwoche, unterrichtsbegleitend
Zielgruppe	alle Klassenstufen
Themengebiet	Wärmestrahlung, Energieumwandlung
Ziele	<ul style="list-style-type: none">◆ Schülerinnen und Schüler können Wärmebilder aufnehmen, analysieren und interpretieren.◆ Schülerinnen und Schüler nutzen Wärmebilder zur Untersuchung von Energieumwandlungsprozessen.◆ Lehrkräfte nutzen Wärmebilder zur Visualisierung von thermischen Phänomenen.
Kompetenzbereiche	Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren: 1.2.1 Problemlösen und Handeln: 5.4.1

- **Worum geht es?** Der Einsatz von Wärmebildkameras beim Experimentieren ermöglicht es Lehrkräften und Lernenden, die Temperaturtopografie von Objekten mit einem geringen technischen Aufwand zu visualisieren und auf diese Weise thermische Phänomene zu beobachten. Mithilfe von Wärmebildkameras können die Temperatur von Objekten bestimmt, Prozesse, bei denen Wärme freigesetzt wird, und die Eigenschaften der Wärmestrahlung selbst untersucht werden. Damit bietet sich der Einsatz der Wärmebildkamera unter anderem zur Untersuchung von Energieumwandlungsprozessen im Physikunterricht an, die für viele Lernende nur schwer intuitiv verständlich sind. Insbesondere die Energieentwertung, welche häufig mit einer Wärmeabgabe an die Umgebung einhergeht, kann anschaulich visualisiert werden. Wärmebilder von Stromkreisen, Bewegungen (z. B. Rollen, Gleiten oder Aufprall) und chemischen Reaktionen (siehe dazu auch Beitrag von Schrader und Schanze) können zu einem tieferen Verständnis über Energieumwandlungsprozesse beitragen, da Temperaturänderungen der beteiligten Objekte zeitlich und räumlich aufgenommen werden können (Abb. 1). Beispielsweise ist beim Bremsen eines Fahrrads deutlich zu erkennen, wie sich der Untergrund, die Reifen und die Bremsklötze erwärmen. Der Blick durch die Wärmebildkamera zeigt also, dass die Bewegungsenergie des Fahrradfahrers nicht „verbraucht“ wird oder „verloren“ geht, sondern beim Bremsen in Wärme umgewandelt wird.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Grundlegende Kenntnisse in der Bedienung von Smartphone und/oder Tablet und typischer App-Bedienelemente; intuitive Bedienung der Wärmebildkamera
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Grundlagenwissen zur Wärmestrahlung und der Interpretation von Wärmebildern

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien

Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
<ul style="list-style-type: none"> ✓ nur Lehrkraft ✓ 1 Gerät pro Gruppe ⊘ 1:1-Ausstattung 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ iOS ✓ Android ⊘ Windows ⊘ macOS ⊘ Linux 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Smartphone ✓ Tablet ⊘ Notebook ⊘ Desktop-PC

Zur Aufnahme von Wärmebildern wird eine Wärmebildkamera (hier: FLIR ONE Gen 3) zur Demonstration durch die Lehrkraft oder eine Kamera pro Lernenden-Gruppe benötigt. Vor der Anschaffung von Wärmebildkameras ist zu berücksichtigen, dass das gewählte Modell vom Betriebssystem der zur Verfügung stehenden Endgeräte unterstützt wird.

Zusätzlich werden, je nach geplantem Experiment, verschiedene Geräte und Materialien benötigt. Für die in diesem Beitrag präsentierten Experimente wurden folgende Materialien verwendet: Steckplatte, verschiedene Widerstände, Kabel, Netzgerät, Gummistab (z. B. Griff eines Eiskratzers) und Holzbrett.

Hinweis: Je nach Anzahl der zur Verfügung stehenden Materialien und der technischen Ausstattung können die Experimente entweder von der Lehrkraft als Demonstration oder von den Schülerinnen und Schülern in Gruppen durchgeführt werden. Bei einer Demonstration durch die Lehrkraft sollte das Wärmebild zusätzlich auf ein interaktives Whiteboard oder über einen Beamer projiziert werden, sodass es für alle Lernenden sichtbar ist. Insbesondere in diesem Fall ist es hilfreich für die Lehrkraft, die Wärmebildkamera auf einem Stativ zu befestigen, sodass sie sich auf die Durchführung des Experimentes und die Interaktion mit der Lerngruppe konzentrieren kann.

Neben der Betrachtung des Wärmebildes in Echtzeit bietet es sich an, dieses in Form von Fotos oder einem (Zeitraffer-)Video festzuhalten, um bei der späteren Auswertung und Interpretation auf die Bilder zurückgreifen zu können.

▶ Software

App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
FLIR ONE	kostenlos	iOS, Android	Aufnahme von Wärmebildern und Videos	partiell (einmaliger Download)

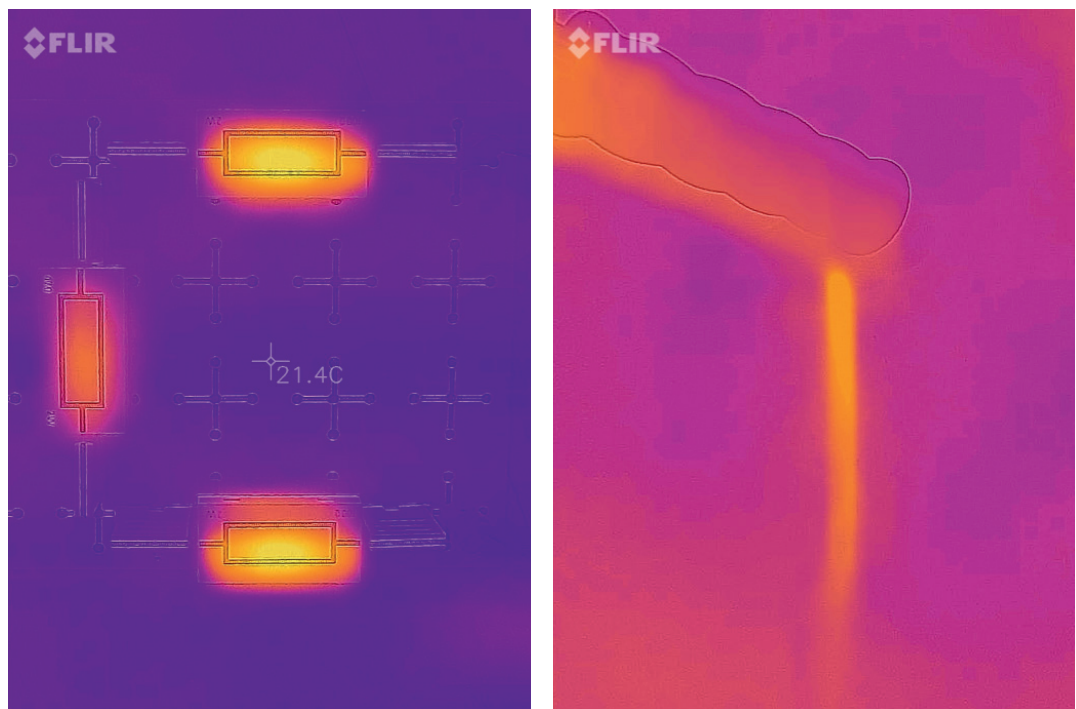
Einsatz im Unterricht

► Wie geht das?

Bedienung der Wärmebildkamera

Installieren und öffnen Sie die App FLIR ONE auf Ihrem Tablet oder Smartphone. Verbinden Sie die Wärmebildkamera und das Endgerät über den Lightning- (iOS) oder USB-C-Anschluss (Android). Starten Sie die Kamera, indem Sie den Knopf auf der Unterseite betätigen. Die Kamera ist betriebsbereit, wenn die LED von orange zu grün wechselt. Auf dem Bildschirm erscheint das Wärmebild. Die App bietet die folgenden (wichtigsten) Funktionen:

- ◆ Kameramodus: Streichen Sie in der Leiste unter dem Wärmebild nach links oder rechts, um zwischen dem Video-, Foto- und Zeitraffermodus zu wechseln.
- ◆ Auslöser: Nehmen Sie ein Foto auf oder starten/stoppen Sie die Videoaufnahme über die Auslösetaste unter dem Wärmebild.
- ◆ Spot-Messfunktion: Durch die Aktivierung des Fadenkreuzes (obere Menüleiste) wird die Temperatur des Objektes in der Mitte des Bildschirms eingeblendet.
- ◆ Emissionsgrad: Bei aktivierter Spot-Messfunktion können Sie im Menü den Emissionsgrad des Zielobjektes anpassen. Es stehen vier Werte zur Auswahl: $\epsilon = 0,95; 0,80; 0,60; 0,30$.
- ◆ Selbstauslöser: Legen Sie fest, nach wie vielen Sekunden ein Bild aufgenommen werden soll.
- ◆ Temperaturspanne festlegen: Die Farben des Wärmebildes passen sich dynamisch an den aktuellen Aufnahmebereich an. Um mehrere Bilder miteinander zu vergleichen, ist es empfehlenswert, vorab eine Temperaturspanne festzulegen.
- ◆ Farbpalette: Im Menü unten rechts können Sie zwischen unterschiedlichen Farbpaletten wählen, in denen das Wärmebild dargestellt wird (Beispiele dazu finden Sie im Beitrag von Schrader und Schanze).
- ◆ MSX (Multi-Spectral Dynamic Imaging): Das auf dem Bildschirm angezeigte Bild ist eine Überlagerung aus realem und IR-Bild, deren Lage zueinander manuell konfiguriert werden kann.



- ▲ **Abb. 1** MSX Aufnahmen mit der FLIR ONE von einer Reihenschaltung mit verschiedenen Widerständen (links) und beim Reiben eines Gummistabes über eine Holzplatte (rechts). In beiden Fällen findet eine Energieentwertung statt. Durch die Nutzung des MSX-Modus werden das reale und das IR-Bild kombiniert, sodass neben dem Wärmebild auch Konturen der Objekte erkennbar sind.

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

Neben den in Abb. 1 vorgestellten Beispielen existieren weitere vielfältige Anwendungsmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht, um Realexperimente durch den Einsatz von Wärmebildkameras zu bereichern. Beispielsweise kann im Physikunterricht die Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Materialien sowie die Eigenschaften der Wärmestrahlung selbst untersucht, im Biologieunterricht die Temperaturtoleranz von Arthropoden beobachtet (Stinken-Rösner & Rodenhauser, im Druck) oder im Chemieunterricht die Temperaturänderungen bei chemischen Reaktionen visualisiert werden. Die Nutzung der Wärmebildkamera ermöglicht den Lernenden zusätzliche zeitlich und räumlich aufgelöste Visualisierungen der Temperaturtopografie verschiedener Objekte, die zur Erklärung des beobachteten Phänomens oder Experimentes genutzt werden können. Aufgrund ihrer intuitiven Bedienung kann die Wärmebildkamera bereits in unteren Jahrgangsstufen eingesetzt werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Schülerinnen und Schüler zunächst lernen müssen, die aufgenommenen Wärmebilder richtig zu „lesen“ und mit ihren Beobachtungen zu verknüpfen. Dies sollte vorab explizit im Unterricht thematisiert werden.

► **Was muss ich beachten?**

Die meisten Wärmebildkameras verfügen über eine dynamische Anpassung der Farbskala. Das heißt, die dargestellten Farben repräsentieren nicht immer die gleiche Temperatur. Stattdessen werden Minimum und Maximum der Farbskala an die Extrema des aktuellen Aufnahmebereiches angepasst. Der WBK-Führerschein (Greinert & Weßnigk, 2020) kann Lernenden dabei helfen, den Umgang mit der dynamischen Farbanpassung zu erlernen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei der Temperaturmessung mit der Spot-Messfunktion die Temperatur des fixierten Objektes über die thermische Strahlung sowie den Emissionsgrad des Materials berechnet wird. Um eine möglichst verlässliche Temperaturmessung durchzuführen, ist es daher ratsam, den Emissionsgrad in den Einstellungen ggf. anzupassen. Auch sei bei Aufnahmen mit der Wärmebildkamera vor unerwünschten thermischen Reflexionen an Glas oder metallischen Oberflächen gewarnt. Dieser Effekt kann häufig bereits durch ein Abkleben der Flächen mit Kreppband verhindert werden. Für weitere Hinweise siehe auch Beitrag von Schrader und Schanze.

Material für den Unterricht

► **Weiterführende Materialien**

Kurzanleitung

Die Kurzanleitung erklärt die Nutzung der Wärmebildkamera für Lernende.

Beispielvideo

Das Beispielvideo zeigt verschiedene Aufnahmen mit der Wärmebildkamera.

Alle hier vorgestellten Materialien finden Sie auf www.mint-digital.de/unterrichtsidee unter „Wärmebildkamera“.



Weiterführende Literatur

Greinert, L. & Weßnigk, S. (2020). Unsichtbares sichtbar machen! Interpretation von Wärmebildern mit Hilfe eines WBK-Führerscheins. *Digital Unterrichten Biologie*, 4, 8–9.

Schrader, F. & Schanze, S. (2021). Zielorientierter Einsatz der Wärmebildkamera im Chemieunterricht. In J. Meßinger-Koppelt & J. Maxton-Küchenmeister (Hrsg.). *Naturwissenschaften digital – Toolbox für den Unterricht, Band 2*, (S. 28–31). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Stinken-Rösner, L. & Rodenhauser, A. (im Druck). Auf die richtige Temperatur kommt es an! Untersuchung der Temperaturtoleranz von Arthropoden mit der Wärmebildkamera. *Digital Unterrichten Biologie*.

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